



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio sobre beneficios de torres de celosía estándar reforzada de
telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Huaman Alvarado, Carlos Miguel (ORCID: 0000-0002-8149-203X)

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi padre, madre, hermanos, esposa, e hijos por haberme apoyado mucho en estos años para lograr ser un profesional de éxito y así me tengan de ejemplo mis hermanos que con esfuerzo, dedicación y voluntad todo se puede lograr.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a dios y a mis padres por el apoyo incondicional en todo momento.

A mi familia por darme la fuerza y no dejarme vencer a pesar de los obstáculos para cumplir con una de mis metas.

Agradezco a la universidad por la oportunidad que me dio de tener un futuro y al Mg. Ing. Carlos Minaya por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos	20
3.6. Método de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	27
IV.RESULTADOS	28
V.DISCUSIÓN.....	71
VI.CONCLUSIONES	89
VII. RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 01: Peso y gran cantidad de torre</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 02: Rango y confiabilidad para el instrumento.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 03: Rango y magnitud de validez</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 04: Composición química</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 05: Propiedades físicas</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 06: Propiedades mecánicas</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 07: Grados y materiales de acero</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 08: Coordenadas y altitudes de la estación del proyecto</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 09: Resultados de los cálculos de las cargas a compresión para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 10: Resultados de los cálculos de las cargas a tensión y pernería para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 11: Resultados de los cálculos de las cargas a compresión para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 12: Resultados de los cálculos de las cargas a tensión y pernería para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 13: Máximos desplazamientos para V=70 Km/hr (en metros) por el método ASD.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 14: Máximos desplazamientos para V=90 Km/hr (en metros) por el método ASD</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 15: Porcentajes de variación de diseño</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 16: Cuadro de resumen sobre la comparación de costos y presupuestos de los perfiles metálicos de la estructura de la torre de celosía estándar y reforzada con el método de análisis ASD (ANSI/TIA-222F)</i>	<i>70</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<i>Figura 01: Ubicación del área de estudio para la Torre de telecomunicación Estación Site Pagoneri B, Echarate, La Convención, Cusco</i>	<i>29</i>
<i>Figura 02: Ubicación del área de estudio para la Torre de telecomunicación de Estación Site Pampas, Pampas, Tayacaja, Huancavelica</i>	<i>29</i>
<i>Figura 03: Vista General de la Torre Autosoportada Triangular de la Estación Site Pagoreni B en 3D.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 04: Vista General de la Torre Ventada Triangular de la Estación Site Pampas en 3D.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 05: Ejecución de calicata.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 06: Toma de datos en el levantamiento topográfico.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 07: Geometría de la torre en el Ms Tower.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 08: Resultados del diseño de la torre en el Ms Tower.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 09: Panel de TAC del Ms Tower</i>	<i>40</i>
<i>Figura 10: Geometría y secciones del diseño de la torre en el Ms Tower.....</i>	<i>41</i>

RESUMEN

En este presente trabajo su objetivo principal fue determinar los beneficios que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020, sabiendo que hoy en día las torres existentes se están utilizando para múltiples propósitos, donde las tripulaciones que representan una amplia variedad de empresas podrían tener razones para escalar las torres para las instalaciones y el mantenimiento.

Esta investigación se desarrolló con el único fin de plantear una propuesta de una alternativa de torres de telecomunicación que reúnen los requisitos exigidos actualmente, como son las torres de celosía estándar sobre reforzadas y la empresa que lo fabrica e instala es “ENTELCON”, siendo evaluada mediante el método convencional de ASD (Diseño por Esfuerzos Permisibles) de la Norma TIA/EIA-222-F en la torre autosoportada triangular H=60m de telecomunicaciones de la Estación Site Pagoreni B (Cusco) y la Estación PAMPAS (Huancavelica) para luego establecer si realmente la torre de telecomunicaciones requiere un reforzamiento, puesto que las compañías de comunicaciones y otros han estado luchando para mantenerse al día con el crecimiento exponencial de los teléfonos celulares y otros dispositivos inalámbricos.

En esta investigación, se utilizó una metodología de tipo básica y diseño cuasi-experimental, lo cual consistió en realizar visitas técnicas a las estaciones existentes (Pagoreni B de Cusco y Pampas de Huancavelica), donde la recopilación de datos de cada estación para su evaluación fue precisa y concreta determinando el estado actual de cada torre (materiales, estructura y suministro opcional) y haciendo sus análisis de comparación sobre los beneficios de dichas torres (resistencia, soporte y costo) mediante la aplicación de los métodos convencionales de análisis, diseño y evaluación, tal como el método ASD de la Norma EIA/TIA-222F “Diseño por Esfuerzos Permisibles” y el programa especializado en estructuras de torres Ms Tower desde el segundo semestre de este año.

Finalmente, se concluyó que con el método ASD nos resultó menos paneles metálicos que fallaron por resistencia en toda la estructura (RATIO<90%) y nos

resultó más económico con respecto a los costos de los materiales para el reforzamiento de la torre, además en el método ASD resultaron los mismos desplazamientos, deflexiones y torsiones muchos menores y no comprometen a la falla estructural ($\Delta < 1.5\%H$, $\delta < 0.75^\circ$ y $\theta < 0.35^\circ$ respectivamente) debido a que se aplicaron en ambos modelamientos con una misma velocidad de operación de 90 Km/h, determinando así una variación de monto de S/. 41,948.95 para ambos estudios de torres de telecomunicaciones propiamente dichos; por ello, se recomienda enfocar el uso de perfiles metálicos en las estructuras de la torres de telecomunicaciones propiamente dichas, sosteniendo que no se considerará las cargas de sismo ya que las cargas del viento predominan más en la torre y, por ende, se verificará los elementos por carga sísmica y parámetros de zona geológica (topografía, clase de estructura, entre otros) con el fin de beneficiar a los usuarios de las redes sociales y las empresas de la telefonía móvil.

Palabras clave: Evaluación estructural, diseño, torres de telecomunicaciones, método ASD (Diseño por Esfuerzos Permisibles).

ABSTRACT

In this present work, its main objective was to determine the benefits presented by the standard reinforced telecommunication lattice towers in Pagoreni B, Cuzco – 2020, knowing that today the existing towers are being used for multiple purposes, where the crews that represent a wide variety of companies might have reasons to scale the towers for installations and maintenance.

This research was developed with the sole purpose of proposing a proposal for an alternative of telecommunication towers that meet the current requirements, such as standard over-reinforced lattice towers and the company that manufactures and installs it is “ENTELCON”, being evaluated using the conventional method of ASD (Design by Allowable Efforts) of the TIA / EIA-222-F standard in the triangular self-supporting tower $H = 60\text{m}$ of telecommunications of the Site Pagoreni B Station (Cusco) and the PAMPAS Station (Huancavelica) for later establish whether the telecommunications tower really requires a hardening, since communications companies and others have been struggling to keep up with the exponential growth of cell phones and other wireless devices.

In this research, a basic type methodology and quasi-experimental design was used, which consisted of carrying out technical visits to the existing stations (Pagoreni B in Cusco and Pampas de Huancavelica), where the data collection of each station for evaluation was precise and concrete determining the current state of each tower (materials, structure and optional supply) and making its comparison analysis on the benefits of said towers (resistance, support and cost) by applying the conventional methods of analysis, design and evaluation, such as the ASD method of Standard EIA / TIA-222F "Design by Allowable Efforts" and the specialized program in tower structures Ms Tower from the second semester of this year.

Finally, it was concluded that with the ASD method we found fewer metal panels that failed due to resistance in the entire structure ($\text{RATIO} < 90\%$) and it was more economical with respect to the costs of materials for the reinforcement of the tower, also in The ASD method resulted in the same displacements, deflections and much smaller torsions and they do not compromise structural failure

($\Delta < 1.5\%H$, $\delta < 0.75^\circ$ and $\theta < 0.35^\circ$ respectively) because they were applied in both models with the same speed of 90 km/h, thus determining a variation in the amount of S/. 41,948.95 for both studies of telecommunications towers themselves; Therefore, it is recommended to focus the use of metal profiles in the structures of the telecommunications towers themselves, maintaining that the earthquake loads will not be considered since the wind loads predominate more in the tower and, therefore, the elements by seismic load and geological zone parameters (topography, class of structure, among others) in order to benefit users of social networks and mobile phone companies.

Keywords: Structural evaluation, desing, telecommunications towers, ASD method (Allowable Stress Design).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las torres existentes se están utilizando para múltiples propósitos. No es inusual ver antenas para múltiples operadores de teléfonos inalámbricos, transmisores wi-fi, cámaras y platos de microondas en una sola torre. Otro alcance es el problema de sobre costo en el mantenimiento de torres tanto preventivo y correctivo. Al implementar un proyecto no se sustenta un flujo de mantenimiento de planta instalada, que según diseño resultan condicionando un mayor gasto al momento de dar los mantenimientos necesarios a la infraestructura instalada.

A nivel internacional, se han diseñado estructuralmente varias torres autosoportadas de telecomunicaciones de diferentes alturas chequeando en el rango inelástico del comportamiento mediante el procedimiento estático no lineal y verificando el análisis dinámico en función a la acción de las cargas de viento y sismo. Por esa razón, los países como Ecuador, Colombia, y Cuba han visto de dichas torres con fines de investigación ejecutar el diseño estructural en función a las fuerzas laterales del sismo y viento junto con su evaluación en el rango inelástico de respuesta, y comparar la respuesta en términos de desplazamientos y reacciones de soporte bajo la acción de cargas dinámicas de viento y sismo utilizando la superposición modal y la integración directa, concluyendo así la obtención de un análisis iterativo mediante el análisis estático no lineal (Pushover) y los métodos de resolución de la ecuación del movimiento (superposición modal e integración directa) en el diseño y evaluación estructural de las cimentaciones, los cables y las barras de soporte de las torres autosoportadas de telecomunicaciones de una manera más eficiente para resistir ante los efectos dinámicos de viento y sismo y no generar deformaciones importantes en dichas torres con posibles variaciones de respuesta más comunes entre 0.1% y 2% para un incremento de 20 a 100 modos según sea el caso, así como una alternativa de solución para determinar el costo de dichas torres en función a la acción del sismo y la velocidad del viento que dependerá del criterio del diseñador.

Ante ese hecho a nivel nacional, nuestro país se ha vuelto vulnerable. Por esa circunstancia, nuestro país para no quedarse atrás, los investigadores de Arequipa,

Lima y Trujillo han realizado diversos diseños estructurales en torres autosoportadas de telecomunicaciones para mejorar su capacidad estructural y resistencia de soporte, para realizar todo eso se han hechos numerosos estudios de manera convencional aplicando la norma ANSI/TIA-222-G y los métodos convencionales de elementos finitos para dar opciones de soporte a las antenas de radiofrecuencia y microondas existente, donde se realizó un gran aporte científico para que pueda resistir las cargas existentes y futuras en esa estructuras. Por ende, como una manera de resultar científicamente se determinaron de manera concluyente las estructuras con la geometría proyectada y con los perfiles angulares considerados cumple con las condiciones de resistencia evaluados a velocidad de viento de 100km/h, donde el diseño de la torre es netamente a fuerzas axiales y se realizó una revisión de la esbeltez, las deflexiones, las torsiones, los desplazamientos máximos y la capacidad de los elementos forzados para un comportamiento adecuado frente a las cargas proyectadas sobre la estructura con el uso adecuado de los programas del Ms Tower, Risa Tower y SAP 2000 v17, para así poder realizar un metrado de la torre con el nuevo rediseño y estimar costo de estos proyectos.

A nivel local, en el proyecto en mención se ha tenido una problemática que muchas veces es muy frecuente a nivel de la Ingeniería de Proyecto, la pérdida de tiempo de la definición del diseño y el tipo de Torre que se acomode a la necesidad que se tiene. Muchas veces se prioriza el gasto inicial (se busca el menor costo) y no se evalúa el alcance o beneficio de la estructura en cuanto a su funcionalidad y Costo de mantenimiento futuro.

El proyecto Pagoreni B, a la fecha ha tenido una pérdida de 30% de su presupuesto; ya que, el no hacer decidido el diseño apropiado a la necesidad, ha postergado el inicio de obra, hasta épocas de lluvia. Ejecutar dicho proyecto en temporada de lluvia se ha determinado que generará un aumento en el presupuesto de 30% aproximadamente. En ese sentido, la presente investigación plantea una propuesta de una alternativa de torres de telecomunicación que reúnen los requisitos exigidos actualmente, como son las torres de celosía estándar sobre reforzadas y la empresa que lo fabrica e instala

es “ENTELCON”.

Problema General:

¿Cuál es el beneficio que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020?

Los problemas específicos de esta investigación fueron:

- ✓ ¿Cuál es el beneficio en materiales, estructura y suministro opcional que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020?
- ✓ ¿Cuál es el beneficio de resistencia y soporte que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020?
- ✓ ¿Cuál es el costo de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020?

La vigente investigación se argumentó en los siguientes aspectos, tales como teórico, técnica-práctica, social y económico. Primero, en lo teórico, la correcta determinación y la valoración de las torres de telecomunicaciones, cuenta con teorías obtenidas por la empresa ENTELCON fabricantes actuales de estas, los cuales servirán como la literatura de los diseños aplicables a la geografía y necesidades de nuestra realidad para ampliar las teorías de clasificación de torres de telecomunicaciones. Luego, en lo técnico-práctico, la propuesta ayudará a una correcta determinación y valoración de las torres de telecomunicaciones, donde se busca lograr optimizar tanto tiempo en la determinación del diseño del proyecto, con el fin de anticiparse al desarrollo de una infraestructura deficiente y sus sobrecostos en la ejecución e implementación. Después, en lo social, los directos beneficiados son los usuarios porque recibirán mejor la señal de telecomunicación, igualmente las empresas que la ofrecen, ya que es importante generar un ambiente de empatía entre los operadores que instalan una planta de telecomunicaciones y la población que a la vez es un usuario del servicio que se brinda. Finalmente, en lo económico, el ahorro que supondría en la correcta

determinación y valoración de las torres de telecomunicaciones será principalmente para las empresas proveedoras; las investigaciones con que se cuenta en nuestro medio no abordan alcances integrales en cuanto a diseño de proyectos y flujo de mantenimiento a posterior, luego de ser instalada y puesta en funcionamiento la planta de telecomunicaciones.

Hipótesis general:

Existen beneficios que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.

Las hipótesis específicas de esta investigación fueron:

- ✓ Existe beneficio en materiales, estructura y suministro opcional de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.
- ✓ Existe beneficio en resistencia y soporte de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.
- ✓ Existe beneficio en costos de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.

Objetivo general:

Determinar los beneficios que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.

Los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- ✓ Determinar los beneficios en materiales, estructura y suministro opcional que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.
- ✓ Determinar los beneficios en resistencia y soporte que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.
- ✓ Determinar los beneficios en costos que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Después de la revisión bibliográfica, tanto de forma escrita como virtual, algunos de los trabajos se pueden tomar en consideración para formular una Línea Base, enfocadas a la presente investigación, tomando en consideración un vínculo problemático de algunos casos que suceden en el Perú y el mundo. En mi caso, la presente investigación se hablará el estudio sobre beneficios de torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación, con la finalidad de reunir información sobre la variable de investigación, se ha revisado trabajos realizados por otros investigadores, dentro de los cuales se destacan junto con el apoyo de los antecedentes, nacionales, así como internacionales, que nos sirven como pauta para la investigación científica.

A continuación, mencionaremos los tres antecedentes nacionales que se relacionan con mi proyecto de investigación:

Málaga (2017), en su investigación titulada *Diseño Estructural de una Torre Soporte de Transmisión Eléctrica en 138KV aplicando Métodos Convencionales y Elementos Finitos* de la Universidad Nacional de San Agustín (Arequipa - Perú) tuvo como objetivo de investigación dar a conocer los datos obtenidos como resultado del cálculo estructural de un Pórtico de 52.4 pies (16m) de altura y ancho de 47.9 pies (14.6m) de ancho. Fue un estudio de tipo aplicado y cuantitativo. Los principales resultados fueron que en su trabajo de tesis se ha realizado el diseño, cálculo y optimización de la estructura metálica de un pórtico mediante métodos convencionales de elementos finitos (SAP 2000 v17, Método LRFD 93 y Método AISC 93) de acuerdo a la norma vigente de legislaciones aplicables para pernos, y también se desarrolló la documentación necesaria para la correcta ejecución de la estructura metálica, memoria de presupuestos y mediciones, y planos. Se concluyó que el Pórtico de la línea 138 Kv cumple con los requerimientos, ha sido diseñado y todos sus componentes estructurales se encuentran dentro de los esfuerzos límites indicados según el diseño, análisis y cálculo estructural desarrollado para los antecedentes y bases de diseño expuestos, por lo cual se calculó el número de pernos de acuerdo a

los datos obtenidos con el programa SAP 2000 v17 y se verificó cada nodo para observar las diferencias que hay entre trabajar con nodos y con elementos.

Rivera (2015), en su investigación titulada *Diseño de una Torre Autosoportada de Telecomunicaciones de 120 Metros de Altura mediante la Norma ANSI/TIA -222-G* de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima – Perú), tuvo como objetivo de investigación obtener un diseño convencional para una torre autosoportada de telecomunicación de 120 metros de altura mediante la norma ANSI/TIA-222-G. Fue un estudio de tipo aplicado, cuantitativo y tecnológico. Los principales resultados fueron que se ha obtenido un diseño convencional para una torre autosoportada de celosía de 120 metros de altura en que servirá de soporte para antenas de telecomunicaciones lo cual el diseño de la torre se realizará mediante la norma ANSI/TIA-222G, usando el método de diseño de elementos de acero del AISC-LRFD-99, y la norma ASCE 7-02 para las cargas sobre la estructura como referencia, donde el diseño estructural de la torre está predominado a soportar cargas de presión dinámica del viento; también se realizó un análisis sísmico estático, considerando los parámetros sísmicos de la zona para ver el comportamiento de la estructura frente a un sismo, lo cual es insignificante; después se realizó un resumen del modelamiento de la torre autosoportada de celosía de 120m de altura en el programa Ms Tower V6.02.002, donde se muestran la geometría, las cargas, los resultados de diseño, las reacciones en la base y los desplazamientos en la parte superior de la torre; finalmente se presentó un plano de fabricación de una torre de 48m modelado o detallado en el programa TEKLA. Se concluyó que la estructura con la geometría proyectada y con los perfiles angulares considerados cumple con las condiciones de resistencia evaluados a velocidad de viento de 100km/h, donde el diseño de la torre es netamente a fuerzas axiales y se realizó una revisión de la esbeltez, las rotaciones, los desplazamientos máximos y la capacidad de los elementos forzados para un comportamiento adecuado frente a las cargas proyectadas sobre la estructura con el uso de programas del Ms Tower, Risa Tower y SAP 2000 como un software que facilita enormemente al diseño, ahorrando tiempo en los cálculos tediosos y repetitivos para poder acelerar un prediseño;

además, debido a su altura del diseño de la torre se consideró un factor de desplazamiento de 0.61° en la cual está permitido dentro del rango que es 0.75° y también presenta una rotación de 0.14° en la cual también está considerado dentro del rango o escala permitida a 0.75° .

Silva (2016), en su investigación titulada *Rediseño de la estructura de la torre auto soportada de H=71m para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existente, 06 antenas de microondas futuras ubicada en la estación 0101711_Pi_EL_ALTO, PIURA* de la Universidad Nacional de Trujillo (Trujillo – Perú) tuvo como objetivo de investigación aumentar la resistencia estructural de la torre cuadrada auto soportada de H=71m ubicada en la estación EL_ALTO, para que pueda resistir las cargas existentes y futuras en sus estructuras. Fue un estudio de tipo aplicada y tecnológica. Los principales resultados fueron que, de acuerdo a los resultados en el análisis de la torre auto soportada para las cargas existentes, la relación entre el esfuerzo actuante y esfuerzo admisible de los perfiles no cumple con el criterio de resistencia máxima ($1.631 > 0.85$: NO CUMPLE) tomado en cuenta las cargas reales para una velocidad del viento de 90 km/h, el ángulo máximo de deflexión para una velocidad de viento de 90 km/h se encuentra por debajo del rango establecido ($0.544^\circ < 0.75^\circ$: CUMPLE), y el ángulo máximo de torsión para una velocidad de 90 km/h está dentro del rango establecido ($0.115^\circ < 0.35^\circ$: CUMPLE); de acuerdo a los resultados en el análisis de la torre auto soportada para las cargas existentes y más cargas futuras, la relación máxima entre el esfuerzo actuante y esfuerzo admisible de los perfiles no cumple con el criterio de resistencia máxima ($2.251 > 0.85$: NO CUMPLE) tomado en cuenta las cargas reales más las cargas futuras para una velocidad del viento de noventa km/h, el ángulo máximo de deflexión para una velocidad de viento de 90 km/h se encuentra por arriba del rango establecido ($0.677^\circ > 0.50^\circ$: NO CUMPLE), y el ángulo máximo de torsión para una velocidad de 90 km/h se encuentra por encima del rango establecido ($0.447^\circ > 0.35^\circ$: NO CUMPLE); con respecto a los resultados en el análisis estructural para el rediseño de la torre auto soportada, la relación entre el esfuerzo actuante y admisible de los perfiles no cumple con el criterio

de resistencia máxima ($0.831 < 0.85$: CUMPLE) tomado en cuenta el rediseño estructural para una velocidad del viento de 90 km/h, el ángulo máximo de deflexión para una velocidad de viento de 90 km/h se encuentra por debajo del rango establecido ($0.465^\circ < 0.50^\circ$: CUMPLE), y el ángulo máximo de torsión para una velocidad de 90 km/h se encuentra por debajo del límite establecido ($0.223^\circ > 0.35^\circ$: CUMPLE). Se concluyó que la estructura de la torre auto soportada de $H=71.00\text{m}$ en su estado normal no cumple con los parámetros de resistencia para una velocidad de viento 90 km/h, pero los ángulos de desplazamientos en deflexión y torsión está dentro rango establecido; en el caso del nuevo rediseño estructural tendrá la capacidad suficiente para soportar cargas existentes y cargas futuras, para eso la estructura de la torre deberá reforzar los elementos que presentan fallas y reemplazarlas a situaciones complejas si el proyecto lo requiere, por lo que también se realizó un metrado de la torre con el nuevo rediseño y así estimar costo del presente proyecto.

Además, mencionaremos los tres antecedentes internacionales que se relacionan con mi proyecto de investigación:

Díaz (2015), en su investigación titulada *Diseño de una Torre de Telecomunicaciones Autosoportada de 42m de Altura y su Chequeo en el Rango Inelástico del Comportamiento (Procedimiento Estático No Lineal)* de la Universidad Técnica de Abanto (Abanto – Ecuador), tuvo como objetivo de investigación ejecutar el diseño estructural de una torre autosoportada de telecomunicaciones de 42m de altura sometida a fuerzas laterales correspondientes a sismo y viento, y su evaluación en el rango inelástico de respuesta. Fue un estudio de tipo exploratorio, descriptivo y explicativo. Los principales resultados fueron que la construcción de las torres de telecomunicaciones es un procedimiento efectuado con regularidad, donde la población encuestada conoce el tipo de torre más común; la mayoría de los métodos de cálculo manual se utilizan únicamente durante la formación profesional, para tener criterios o evidencias acerca de los resultados; el uso del software es una herramienta especializada que facilita los procesos de cálculo donde en la actualidad muchos profesionales utilizan programas computacionales; se pudo conocer que el

comportamiento de una estructura de una torre en el rango inelástico se basó a temas relativamente nuevos del análisis estático no lineal donde se aplica e introduce en nuestra realidad nacional. Se concluyó que los métodos de diseño plantean las normativas actuales y tienen la tendencia al diseño por desempeño para una estructura esencial con relación a las estructuras básicas; la sistemática del análisis estático no lineal (Pushover) es un procedimiento de análisis relativamente nueva que involucra el conocimiento claro de criterios ingenieriles; el uso de software especializado de análisis y diseño es una herramienta muy utilizada por los ingenieros para determinar las cargas de viento en el diseño estructural.

Gutiérrez (2015), en su investigación titulada *Análisis de una torre de telecomunicaciones atirantada ante los efectos del viento: Relación del costo de la torre en función de la velocidad del viento* de la Universidad Católica de Colombia (Bogotá – Colombia) tuvo como objetivo de investigación analizar una torre de telecomunicaciones atirantada ante los efectos del viento y relacionar el costo de la estructura con la velocidad del viento. Fue un estudio de tipo aplicado, descriptivo y explicativo. Los principales resultados fueron que, primero se realizó el análisis de una torre de transmisión atirantada ante los efectos del viento mediante el programa SAP 2000, después se empleó el Manual de Obras Civiles de Diseño por Viento (MOCDV, 2008) de la Comisión Federal de Electricidad para la caracterización del viento; y finalmente se propuso una expresión que relaciona el costo de la estructura y la velocidad de viento con base en los análisis. Se concluyó que el efecto de los cables en la respuesta estructural de la torre con el efecto de sufrir grandes desplazamientos es necesario realizar un análisis no lineal para su estudio; el efecto de las tensiones en los cables incrementaba de manera significativa el esfuerzo en los elementos barra que estos podían fallar antes de la aplicación de la carga de viento, y junto con un análisis iterativo se buscó que los cables y las barras trabajaran de la manera más eficiente para resistir los efectos del viento; para determinar las fuerzas de viento sobre la estructura, es necesaria determinar un factor de amplificación dinámica donde las propiedades dinámicas de la estructura requieren de un análisis más especializado de

la misma; las expresiones desarrolladas con relación al costo y la velocidad del viento ofrecen una alternativa para determinar el costo de la torre de telecomunicaciones en función de la velocidad del viento, donde dependerá del criterio del diseñador.

Fernández, Elena, Martín, Corona, & Hernández (2018), en su investigación titulada *Análisis dinámico de una torre auto soportada sujeta a carga de viento y sismo* de la Universidad Tecnológica de La Habana (La Habana – Cuba), tuvo como objetivo de investigación comparar la respuesta en términos de desplazamientos y reacciones de soporte, de una torre auto soportada bajo la acción de cargas dinámicas de viento y sismo, utilizando la superposición modal y la integración directa. Fue un estudio de tipo aplicado, descriptivo y tecnológico. Los principales resultados fueron que las diferencias entre las técnicas de solución de la ecuación del movimiento fueron evaluadas a través del procesamiento de las reacciones de apoyo y de los desplazamientos resultantes de la aplicación sobre la estructura de las cargas dinámicas de viento y sismo; los efectos de ambas técnicas mostraron diferencias inferiores al 2% en los valores de las reacciones de apoyo máximas de tracción T y compresión C, así como los desplazamientos de la torre experimentados en función de la altura ante las cargas actuantes (peso propio, carga de viento y carga de sismo) y los distintos análisis desarrollados (integración directa y superposición modal); el procedimiento basado en la superposición modal sido más eficiente que consume menos tiempo y memoria computacional. Se concluyó que las torres autosoportadas presentan un modo fundamental de vibración que con mayor incidencia tiene en la respuesta dinámica de la estructura y este comportamiento está corroborado con el proceso iterativo de aumento del número de modos desarrollado para el análisis por superposición modal, donde un incremento de 20 a 100 modos no significó una variación en la respuesta en más de un 0.1%; de acuerdo con los resultados del estudio realizado sobre la torre autosoportada, la realización de estudios dinámicos ante series temporales de cargas de viento o sismo puede llevarse mediante los métodos de resolución de la ecuación de movimiento: superposición modal o integración directa, con variaciones en los resultados inferiores al 2%; el procedimiento computacional

basado en la superposición modal es más eficiente que consumen menos tiempo y memoria, validando de acuerdo con los resultados de todos los modelos.

De esta forma, se puede mencionar todas las teorías que se relacionan con nuestro proyecto de investigación:

Variable Dependiente: Torres de telecomunicación.

Según Betancourth (2013), sostiene que la torre de telecomunicaciones es la descripción genérica de mástiles de radio y torres construidas principalmente para albergar antenas de telecomunicaciones. Como tales antenas a menudo tienen una gran área y deben ser señaladas precozmente, dichas torres tienen que ser construidas de modo que no se muevan demasiado con el viento. Entonces, en la mayoría de los casos se usan tipos de estructuras muy estables, como torres de celosía baja y torres construidas de hormigón armado, aunque también se utilizan mástiles con guiado.

Diferentes tipos de torres de telecomunicaciones.

Al elegir qué torre de telecomunicaciones se adaptará mejor a su proyecto, es importante tener en cuenta una serie de factores, incluidos el diseño, la altura de la torre, la ubicación (entorno) y el peso. Identificar el diseño de torre de telecomunicaciones más eficiente puede ser un desafío, pero KMB se compromete a ayudarlo a seleccionar el estilo adecuado para su proyecto y satisfacer las crecientes demandas de conectividad. Somos un proveedor líder de servicios de refuerzo y modificación de torres de diseño y construcción, y miembro de NATE. (Braja 2006, p.259)

Las torres, comúnmente usadas para telecomunicaciones inalámbricas, vienen en una variedad de tipos:

- Torres de celosía
- Torres Guyed

- Torres de camuflaje
- Torres de autosuficiencia
- Torres Móviles Celulares

Variable Independiente: Torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

Según Betancourth (2013), sostiene que las torres de celosía Estándar y Reforzada se caracterizan por ser apoyos autosoportados de disposición prismática recta con cimentación monobloque o aislada para cada base. Ambos modelos tienen la misma composición. Están constituidas por perfiles angulares de acero laminado, galvanizados en caliente y atornillados entre sí.

Su utilización habitual es como soporte de antenas de radiofrecuencia y pequeñas parábolas de radioenlace.

Tabla N° 01: Pesos y gran capacidad de torre

PESOS Y GRAN CAPACIDAD DE TORRE					
Altura (m)	50	45	40	35	30
Peso (Kg)	15.140	13.335	11.585	9.755	7.955

Fuente: Betancourth (2013)

Torre Tubular.

Características generales.

El portador de antena de torre tubular consiste en secciones tubulares de secciones circulares de acero galvanizado en caliente unidas por bridas de perno. La estructura se fija al lecho base por medio de pernos.

Las alturas estándar son 14 m, 19 m y 24 m de alto en el suelo. Para ellos, la parte superior de la torre es tubular recta de 6 m de largo, que es donde se encuentran las antenas. El resto de las partes de la torre son troncocónicas.

Esta torre se utiliza para soportar antenas, así como otras aplicaciones para soporte de lámparas o tótem publicitario.

Características constructivas particulares.

Ancho de la escalera exterior de 500 mm y paso de 300 mm. Las plataformas de descanso que se pueden plegar en una escalera tramex gallet eran de al menos 9 m. Plataformas de trabajo perimetrales en redes de tranvías en áreas donde hay soporte disponible. Fuera de la guía de onda fija a la escalera. Las antenas de anillo admiten 3 antenas por altura.

Accesorios adicionales ha pedido:

Suministro de sistemas de seguridad de tipo de carril o vida útil. Entrega de Flash Rods Franklin. Posibilidad de montar soportes y plataformas de trabajo en zonas troncocónicas, indicando la altura.

Dimensiones de estudios sobre torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

A continuación, en este proyecto de investigación cuenta con las siguientes dimensiones:

- **Dimensión 1:** Materiales
- **Dimensión 2:** Estructura
- **Dimensión 3:** Suministro Opcional
- **Dimensión 4:** Resistencia
- **Dimensión 5:** Soporte
- **Dimensión 6:** Costos

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Método: Científico. - Según (Arial, 2006, pág. 19), sostiene que el método científico es un grupo de métodos y procedimientos utilizados para enunciar y solucionar problemas de investigación mediante la prueba o confirmación de hipótesis.

Mediante estas consideraciones, el método que se utilizará en esta investigación es el método científico, ya que se indicará con la observación directa en cada método, es decir nos permitirá identificar y comprobar hipótesis y proporcionar solución al problema planteado basándose en fenómenos observables.

Enfoque: Cuantitativo. - Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pág. 4), plantean que se emplea la recolección de información con el fin de evidenciar la hipótesis en base a la comprobación numérica y de constituir modelos de comportamiento.

Tiene un enfoque cuantitativo, porque se usó la recaudación y estudio de datos, por medio del cual se realiza la construcción de las hipótesis plantadas.

Tipo: Básica. - Según (Borja, 2012, pág. 10), afirma que la investigación básica prioriza las en solucionar problemas de carácter cognoscitivo, dichos en otras palabras busca crear nuevo conocimiento científico que sea válido hasta que no se demuestre lo contrario.

Según los fines planteados es una investigación básica, ya que no tiene una aplicación inmediata en el momento que se termina.

Nivel: Descriptivo - Explicativo. - Según (Hernández, 2014, pág. 92-95), los estudios **descriptivos** se basan en recoger información ya sea autónoma o vinculada, sobre los conceptos o fenómenos referidos; mientras que el estudio **explicativo** intenta constituir las causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, donde básicamente su interés se concentra en expresar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta.

Descrito por los autores, el estudio realizado es descriptivo-explicativo, puesto que se tomará en cuenta la recopilación de la información del estado actual de las torres de telecomunicaciones (materiales, estructura y suministro opcional) y se definirá en el estudio sobre los beneficios de estas torres, una autosoportada triangular y otra ventada triangular, aplicando los beneficios convencionales de análisis, diseño y evaluación (resistencia, soporte y costo).

Diseño: Cuasi Experimental de Corte Transversal. - Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pág. 55), sostiene que las variables independientes de la investigación cuasi experimental no privan de manipulación intencional y tienen grupo de inspección, pero no es muy experimental, donde se estudian y experimentan los hechos y fenómenos reales después de un evento ocurrido. Además, (Carrasco, 2006, pág. 72), formula que la investigación no experimental de corte transversal se emplea para efectuar estudios o análisis de investigación de hechos y fenómenos reales en un tiempo fijo.

El presente estudio es considerado con un diseño cuasi experimental – transversal, porque se evitará de manipular las variables estudiadas, los cuales deben ser analizados en su estado normal y estar establecidos según normas, manuales y marcos teóricos. Además, recolectan antecedentes en un solo tiempo.

3.2. Variables y operacionalización.

Identificación de variables. - Existen dos variables de estudio para formular nuestro proyecto de investigación:

X: Variable Independiente: Torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación

Según Betancourth (2013, pág. 36), sostiene que las torres de celosía Estándar y Reforzada se caracterizan por ser apoyos autosoportados de disposición prismática recta con cimentación monobloque o aislada para cada base. Ambos modelos tienen la misma composición. Están constituidas por perfiles angulares de acero laminado, galvanizados en caliente y atornillados entre sí.

Y: Variable Dependiente: Estudio sobre beneficios de torres de telecomunicación

Según Betancourth (2013, pág. 38), sostiene que la torre de telecomunicaciones es la descripción genérica de mástiles de radio y torres construidas principalmente para albergar antenas de telecomunicaciones. Como tales antenas a menudo tienen una gran área y deben ser señaladas precozmente, dichas torres tienen que ser construidas de modo que no se muevan demasiado con el viento. Entonces, en la mayoría de los casos se usan tipos de estructuras muy estables, como torres de celosía baja y torres construidas de hormigón armado, aunque también se utilizan mástiles con guiado.

Operacionalización de variables. - Cada una de las variables se dividió en dimensiones, a su vez cada dimensión se subdividió ciertos indicadores.

X: Variable Independiente: Torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación

La variable *Torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación* se analizará en función de sus dimensiones: *Materiales*, *Estructura* y *Suministro Opcional*, que a su vez cada uno de estos se dividirán de tres a cinco indicadores.

Y: Variable Dependiente: Estudio sobre beneficios de torres de telecomunicación

La variable *Estudio sobre beneficios de torres de telecomunicación* se analizará en función de sus dimensiones: *Resistencia*, *Soporte* y *Costo*, que a su vez cada uno de estos se dividirán de dos a cinco indicadores.

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo 03.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población. - Según (Arias, 2012, pág. 81), sostiene que la población viene a ser el conjunto finito o infinito de elementos como características comunes donde serán extensivas a las conclusiones de la investigación.

Para este estudio, la población es un conjunto finito y se considera población a todas

las torres de telecomunicaciones que están construidos en el distrito de Cusco y Huancavelica, donde se ha determinado que la población vendría a ser todas torres de telecomunicación, junto con sus características físicas, componentes estructurales y dimensiones de los elementos estructurales, las cuales se encuentran en malas condiciones, debido al tiempo en que estuvieron expuestos a cambios climáticos.

Muestra. - Según (Bernal, 2010, pág. 161), afirma que la muestra viene a ser un segmento poblacional seleccionado que se consigue la información real para el desarrollo del estudio y que se efectúan la medición y la observación de las variables como objetos de estudio.

Para este proyecto, la muestra viene a ser dos torres de telecomunicaciones, una autosoportada triangular de celosía estándar reforzada, que queda ubicado en la Estación Pagoreni B, distrito Echarate, provincia La Convención, departamento Cuzco, y otra ventada triangular, que queda localizado en la Estación Site Pampas, distrito Pampas, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica.

Muestreo (no probabilístico).- Según (Niño, 2011, pág. 57): El muestreo no probabilístico tiene la habilidad de elegir muestras con un claro propósito o por un juicio preestablecido. Las muestras que se adoptan inquieran de una representatividad poblacional, pues así suele poseer equivocaciones según el contexto.

En esta presente investigación, se hará el muestreo no probabilístico o muestreo por interés, porque el nombramiento de los estudios sobre los beneficios dependerá de la probabilidad y las causas o estudios congruentes con las características de la investigación.

Muestreo intencional. - Se consideró varias torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B (Cuzco) y en Site Pampas (Huancavelica), ya que cumple ciertas condiciones para su estudio y beneficios como:

- Obras civiles de altura o torres autosoportada y ventadas triangulares que trabaje las 24 horas.
- Estructuras de acero A36 según la norma ANSI/TIA -222F.

- Estructuras que debe seguir su funcionamiento antes, durante y después de un sismo y/o viento.
- Ubicaciones en Pagoreni B, Cuzco y Pampas, Huancavelica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos. - Según (Carrasco, 2006, pág. 282), sostiene que los métodos y herramientas para la recolección de datos informativos son numerosas, pero sólo hay que tomar en cuenta las más conocidas, tales como la observación, las escalas, la encuesta, la entrevista y el cuestionario.

Las técnicas para la recolección de datos son las siguientes:

La técnica 01: Análisis documental. - Según (Bernal, 2010, pág. 194), sostiene que la técnica de análisis de documentos es una de las formas más efectivas de poner en marcha la fase de obtención de requisitos. Es el arte de estudiar documentación relevante de negocios, sistemas y proyectos con el objetivo de comprender el negocio, los antecedentes del proyecto e identificar requisitos u oportunidades de mejora.

La técnica 02: Observación. - Según (Arias, 2012, pág. 69), sostiene que es el análisis de un fenómeno que se origina en la naturaleza o el entorno, observados o captados de manera sistemática y controlada mediante el sentido de la vista, en función de los objetivos proyectados en la investigación.

Las técnicas a adoptar en esta investigación serán el análisis documental y la observación, ya que se deberá sustentar de estas técnicas para estudiar las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación, una autosoportada triangular y otra ventada triangular, teniendo en cuenta los beneficios de esta aplicación (materiales, estructura, suministro opcional, resistencia, soporte y costo).

Los instrumentos: Ficha de observación. - Según (Hernández, Fernández & Baptista, 2015, pág. 1), comenta que se llaman fichas de observación a los instrumentos en los cuales plasmamos lo que se está estudiando, fenómenos u

hechos.

La ficha de observación para la investigación propuesta está elaborada en función de las **dimensiones e indicadores** de cada variable en estudio.

El contenido de la ficha de observación se precisa en el anexo 05.

Confiabilidad. - Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2015, pág. 339), añade que la confiabilidad de un instrumento es el grado de consistencia que cuenta el cuestionario, o sea los resultados que otorga debe ser repetitivo e igual, no puede ser diferente, si un día se mide el estrés laboral y resulta un nivel medio, en la nueva toma también debe salir igual.

Tabla 02. *Rango y Confiabilidad para el instrumento*

RANGOS	CONFIABILIDAD (DIMENSIÓN)
(0.81 - 1.00)	Validez Perfecta
(0.61 - 0.80)	Excelente Validez
(0.41 - 0.60)	Valida
(0.21 - 0.40)	Validez Baja
(0.01 - 0.20)	Validez Nula

Fuente: Mejía, 2005, pág. 27

El presente trabajo de investigación no se considerará el valor de confiabilidad, debido a que la investigación va a ser aplicada.

Validez. - Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pág. 200-201), formula que la validez es el grado de medición que otorga un instrumento frente a un problema que se estudia, el cual debe ser exacto, si se pide que mida el clima laboral debe medir el clima laboral no debe medir el empoderamiento.

Tabla 03. Rangos y magnitud de validez

RANGOS	MAGNITUD
(0.81 - 1.00)	Validez Perfecta
(0.61 - 0.80)	Excelente Validez
(0.41 - 0.60)	Valida
(0.21 - 0.40)	Validez Baja
(0.01 - 0.20)	Validez Nula

Fuente: Ruiz Bolívar, 2005, pág. 12.

3.5. Procedimientos.

Existen las consideraciones para el procedimiento de la evaluación torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020, tales como:

Formato 1. PR-001-CH-PI VERIFICACION DE MATERIALES A UTILIZAR

1. Calidad del Acero Norma ASTM – A36

ASTM A36 es un acero suave y laminado en caliente más comúnmente utilizado. Tiene excelentes propiedades de soldadura y es adecuado para procesos de rectificado, punzonado, roscado, taladrado y mecanizado. La resistencia a la fluencia de ASTM A36 es menor que la del rodillo en frío C1018, lo que permite que ASTM A36 se doble más fácilmente que C1018. Normalmente, no se producen diámetros mayores en ASTM A36 ya que se utilizan las rondas de rodillos calientes C1018.

Tabla N° 04: *Composición química*

Elemento	Contenido
Carbono, C	0.25 - 0.290%
Cobre, Cu	0.20%
Hierro, Fe	98.00%
Manganeso, Mn	1.03%
Fósforo, P	0.04%
Silicio, Si	0.28%
Azufre, S	0.05%

Fuente: Norma ASTM – A36

Tabla N° 05: *Propiedades físicas*

Propiedades físicas	Métrico	Imperial
Densidad	7.85 g / cm ³	0.284 lb / in ³

Fuente: Norma ASTM – A36

Tabla N° 06: *Propiedades mecánicas*

Propiedades mecánicas	Métrico	Imperial
Resistencia a la tracción, definitiva	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi
Resistencia a la tracción, rendimiento	250 MPa	36300 psi
Elongación en ruptura (en 200 mm)	20.00%	20.00%
Elongación en la rotura (en 50 mm)	23.00%	23.00%
Módulo de elasticidad	200 GPa	29000 ksi
Módulo a granel (típico para acero)	140 GPa	20300 ksi
El coeficiente de Poisson	0.26	0.26
Módulo de corte	79.3 GPa	11500 ksi

Fuente: Norma ASTM – A36

Mecanizado.

Se estima que la tasa de maquinabilidad de ASTM A36 es de 72%, y la alimentación de corte de superficie promedio de ASTM A36 es de 120 pies / min. El mecanizado de acero ASTM A36 no es tan fácil como el acero AISI 1018.

Soldadura.

El acero ASTM A36 es fácil de soldar utilizando cualquier tipo de métodos de soldadura, y las soldaduras y juntas así formadas son de excelente calidad.

Tratamiento térmico.

Cualquier método estándar de cementación y endurecimiento del acero AISI 1018 es adecuado para ASTM A36.

2. Calidad Pernos, Arandelas y Tuercas

Los pernos, arandelas y tuercas de acero deben cumplir una de las siguientes especificaciones estándar:

Estos pernos y tuercas están diseñados, fabricados y probados para cumplir con los estándares establecidos por ASTM A193 y A194 para la composición química, las propiedades de tracción y dureza y las características de alta temperatura.

Tabla N° 07: Grados y Materiales de Acero

Grado	Material
B7	Acero aleado, AISI 4140/4142 templado y templado
B16	Acero aleado, tratamiento térmico de cromo-molibdeno-vanadio
B8	Acero inoxidable clase 1, AISI 304, solución de carburo tratada
B8M	Acero inoxidable clase 1, AISI 316, solución de carburo tratada
B8	Acero inoxidable de clase 2, AISI 304, solución de carburo tratada, cementada
B8M	Acero inoxidable de clase 2, AISI 316, solución de carburo tratada, cementada

Fuente: Normas ASTM A193 y A194

B7, B8 y B8M son los grados más comúnmente utilizados. Las tablas de propiedades a continuación brindan más información sobre las diferencias entre los grados.

El funcionamiento a alta temperatura y alta presión de estos pernos y tuercas los hace adecuados para aplicaciones en industrias de procesos, como petróleo y productos químicos, donde se usan ampliamente en recipientes a presión, válvulas, bridas y accesorios.

3. Calidad de Galvanizado en caliente según norma UNE-EN ISO 1461.

La galvanización en caliente es una forma de galvanización. Es el proceso de recubrimiento de hierro y acero con zinc, que se alea con la superficie del metal base cuando se sumerge el metal en un baño de zinc fundido a una temperatura de alrededor de 840 °F (449 °C). Cuando se expone a la atmósfera, el zinc puro (Zn) reacciona con el oxígeno (O₂) para formar óxido de zinc (ZnO), que además reacciona con dióxido de carbono (CO₂) para formar carbonato de zinc (ZnCO₃), generalmente gris opaco, material bastante resistente que protege el acero que está debajo de una mayor corrosión en muchas circunstancias.

Para las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación se debe tener presente que la Galvanizado en caliente según norma UNE-EN ISO 1461. El alcance

de la verificación del Galvanizado será entre 3mills a 5mills de espesor de Galvanizado en caliente.

Formato 2. PR-002-CH-PI: VERIFICACION DE ESTRUCTURA

1. Escalera interior en una torre de telecomunicación

Por la importancia de que la escalera debe estar en la parte interior y cuya medida de su anchura debe ser 500 mm, se debe verificar que las torres lo tienen.

2. Distancia peldaños

Se debe comprobar que la distancia de los peldaños de la escalera debe ser de 30 centímetros, los cuales deben estar hechos con tubos galvanizado de diámetro no inferior a 19 mm x 4 mm de espesor y no superior a 25 mm x 4 mm de espesor.

3. Plataformas de descanso

Las Plataformas de descanso debe ser de ancho de 1.5 m², cada 10 metros de distancia. Con una variación de +/- 3 metros de la altura indicada.

Las plataformas no deberán obstruir el libre paso de la escalerilla ascenso/descenso y/o la escalerilla porta cables.

Formato 3. PR-003-CH-PI: VERIFICACION DE SUMINISTRO OPCIONAL

1. Sistema de Pararrayo Flancklin.

Tan pronto como este indicador se mantenga en la norma española UNE 21186 - Protección de estructuras y cistrucciones y espacios abiertos con pararrayos con dispositivos primarios, referidos a la protección de pararrayos con dispositivo de cebado, contra rayos directos en estructuras actuales y áreas abiertas (instalaciones de almacenamiento, áreas recreativas etc.). De forma similar, se considera la protección contra los efectos del corriente flash que pasa a través del sistema de protección. Esto, con el objetivo de proteger a las personas y los bienes materiales

de la manera más efectiva posible. Se identificará la unidad de medida sobre la posibilidad de "Favoritos" o "No se beneficia" la instalación del sistema de protección contra los rayos.

2. Posibilidad de montaje de plataforma omnidireccional en cúspide.

El indicador en mención mide la posibilidad de la estructura que ofrece para poder instalar una plataforma de trabajo y equipos en la parte más alta de la torre. La unidad de medición se identificará sobre la posibilidad de "Favorece" o "No Favorece" la instalación de una plataforma omnidireccional en cúspide, la cual permitiría dar mayor seguridad al personal que realiza operaciones de trabajo en torre. Asimismo, la estructura instalada permite instalar equipamiento en el perímetro de la misma, según las necesidades del proyecto.

3. Posibilidad de situar plataformas de trabajo en diferentes alturas.

El indicador en mención mide la posibilidad de la estructura que ofrece para poder instalar una plataforma de descanso. La unidad de medición se identificará sobre la posibilidad de "Favorece" o "No Favorece" la instalación de una plataforma descanso que brinda un nivel de seguridad a personal que opera en la estructura.

Formato 4. PR-004-CH-PI: VERIFICACION DE RESISTIVIDAD

1. Velocidad de viento

Para medir la velocidad del viento se utilizará un Anemómetro que tiene cuatro vasos que atrapan el viento y hacen que el anemómetro gire. La curva interna de los vasos recibe la mayor parte de la fuerza del viento. El cual debe ser probado en el parte más alto de la torre; La cual debe soportar una fuerza no menor de 120Km/h.

2. Carga máxima en punta de torre.

El indicador en mención mide la cantidad en Kg que la estructura soporta en la parte más alta de la estructura, siendo de vital importancia, ya que a esta altura suele

ubicarse la mayor parte de equipamiento en torre. La unidad de medición se identificará en Kilogramos “Kg”. Asimismo, a esta altura se suele instalar una plataforma de trabajo y equipos que brinda un nivel de seguridad a personal que opera en la estructura y permite la mayor cantidad de aprovisionamiento de equipos.

3. Coeficiente de seguridad.

El indicador en relación con el nivel de seguridad que ofrece el edificio con respecto a los requisitos de los estándares de calidad del Manual EIA / TIA 222F (96). Para la evaluación de la estructura, se utilizó el programa "MS-Tower": Programa para utilizar el método de elementos, que se utiliza para el análisis y la verificación de la comunicación de acero de la red y la torre de transmisión de potencia y el monopolio maestro y del hilo con propósito, habiendo considerado la torre como en la estructura espacial.

La torre definida como conjunto de nudos y grapas y los resultados obtenidos para cada cálculo son los desplazamientos de cada nodo y los voltajes en cada una de las barras.

3.6. Método de análisis de datos.

Según (Centty, 2006, pág. 55) sostiene que, con el fin de examinar los datos en los métodos mixtos, el investigador confiesa en los métodos normalizados cualitativos (estadística descriptiva e inferencial) y cuantitativos (codificación y evaluación temática) aparte de análisis compuestos. Además, la fiabilidad es la capacidad de reproducir un resultado coherente en tiempo y espacio, o de diferentes observadores, presentando aspectos de coherencia, estabilidad, equivalencia y homogeneidad. Es uno de los principales criterios de calidad de un instrumento.

Para desarrollar el proyecto de investigación, se aplicó la fiabilidad que es la capacidad de reproducir un resultado coherente en tiempo y espacio, o de diferentes observadores, presentando aspectos de coherencia, estabilidad, equivalencia y homogeneidad. Es uno de los principales criterios de calidad de un instrumento.

Además, se manejará la estadística descriptiva para el análisis de frecuencias, parámetros de tendencia central y parámetros de tendencia variacional, donde éstos serán procesados con IBM SPSS Statistics.v24.

3.7. Aspectos éticos.

Este proyecto de investigación se está efectuando en base al sistema ISO, acompañándolo con los datos generales sustentados, mediante tablas y gráficos representativos para los resultados.

Además, esta investigación se basó en los reglamentos de grados y títulos de la UCV, así mismo se ha cumplido en referencias todos los autores utilizados, igualmente se mantiene en el anonimato a los que colaboraron con esta investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS.

4.1. Descripción de la zona de estudio.

4.1.1. Ubicación.

El área de investigación tiene como finalidad comparar las dos torres de telecomunicación tanto en el parte estructural como en la parte económica, tales como la Estación Site “Pagoreni B”, que tiene como referencia la dirección frente del Helipuerto Privado “Pagoreni B” del Distrito Echarate, Provincia La Convención, Departamento Cusco – Perú, localizado con coordenadas geográficas de 72°57'02.20" de Longitud Oeste y 11°41'30.70" de Latitud Sur; mientras que la Estación Site “Pampas”, que tiene como referencia la dirección frente a la Calle 4 del Distrito Pampas, Provincia Tayacaja, Departamento Huancavelica – Perú, localizado con coordenadas geográficas de 74°51'56.46" de Longitud Oeste y 12°24'18.23" de Latitud Sur.

4.1.2. Características.

El área de estudio donde se encuentra la Estación Site “Pagoreni B” se caracteriza por ser una zona rural, donde presenta un clima cálido lluvioso en los meses de Diciembre a Marzo, y cálido seco de Abril a Noviembre, sin embargo este clima característico del valle convenciano, por situarse en ceja de selva, presenta asimismo una serie de variaciones según la topografía, altitud, periodo de lluvias, estíos, estaciones del año, etc., formándose micro climáticos, en distinto sectores del distrito. Además, el clima de este zonal es lluvioso semicálido con invierno seco el cual comprende una superficie de 2,531.97 km², el cual representa el 11.9 % del total del distrito, este clima presenta una precipitación anual de 1,600 a 2,900 mm y una temperatura media anual de 20 a 22 °C este clima presenta dos periodos bien marcados, un periodo seco que se presenta entre los meses de mayo a setiembre y un periodo con precipitaciones abundantes entre los meses de noviembre a abril, este tipo climático se halla ubicado desde los 1000 a 1200 metros de altitud.

Además, otra área de estudio donde se encuentra la Estación Site “Pampas” se caracteriza por tener un clima templado moderado lluvioso (CW). El invierno es

caracterizado por ser seco templado en el día y frígido en la noche, con una temperatura promedio que varía entre los 12 y 14 °C y que puede bajar hasta -2 °C en la noche. Los meses de julio son los más fríos. Las precipitaciones anuales son de 500 a 1500 mm, la relación entre la cantidad de agua que cae en el mes más lluvioso y el mes menos lluvioso es de 10 a 1 convirtiéndose este en el aspecto más beneficioso para la agricultura de esta localidad.



Figura N° 01: Ubicación del área de estudio para la Torre de telecomunicación Estación Site Pagoneri B, Echarate, La Convención, Cusco.
Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 02: Ubicación del área de estudio para la Torre de telecomunicación de Estación Site Pampas, Pampas, Tayacaja, Huancavelica.
Fuente: Elaboración propia

4.2. Trabajos previos.

El procedimiento del desarrollo de tesis está compuesto por 4 fases de las cuales se detallan a continuación.

4.2.1. Fase pre-campo.

Se conversó con la empresa móvil del Perú “ENTELCON” uno del frente del Helipuerto Privado “Pagoreni B” del Distrito Echarate y el otro frente de la Calle 4 del Distrito Pampas, con nombre Carlos Miguel Huamán Alvarado identificado con DNI N° 40802523, solicitando el apoyo y el permiso para poder ingresar a dicha estación base y así poder realizar el trabajo de Relevamiento o Inspección de Torres de Celosía Estándar Reforzada en la Estación Site Pagoreni B y en la Estación Site Pampas, con el fin de recopilar datos para realizar trabajos de estudio sobre beneficios de torres (materiales, estructura, suministro opcional, resistencia, soporte y costo). Ver anexo 05: Informe de solicitud de Laboratorio de Suelos.

4.2.2. Fase campo.

4.2.2.1. Relevamiento de Torre

4.2.2.1.1. Objetivo

La finalidad de la visita de campo fue realizar el relevamiento de las estructuras existentes, tales como la Torre Autosoportada Triangular de H= 60.00m de la Estación Site Pagoreni B y la Torre Ventada Triangular de H= 30.00m de la Estación Site Pampas, para verificar el estado de conservación e identificar posibles daños en las estructuras.

4.2.2.1.2. Descripción del Trabajo

La Torre como estructura será inspeccionada y relevada de manera geométrica y en el estado actual existente, también se tomarán en cuenta la verificación visual de los accesorios, soportes de antenas existentes, sujeción de plataformas, escalera de acceso, para poder obtener los datos para su evaluación estructural y mantenimiento correctivo si este fuese necesario.

En la inspección de soportes se tendrá un énfasis mayor en las uniones emperradas

y soldadas ya que estas conexiones tendrán una prioridad para su evaluación ya que son estas las que soportan el peso de las estructuras instaladas.

4.2.2.1.3. Datos Característicos de la Torre:

- Altura Total de la Torre de celosía triangular de 60.00 m, así como la Torre ventada triangular de 30.00 m.
- Nivel de la torre autosoportada y ventada (N+0.00m), instalada nivel de terreno.
- Longitud entre montante en la base de la torre de 6.80m.
- Longitud entre montante en la parte superior de la torre de 1.26m.
- Compuesta por 4 tramos: Un primer tramo recto de altura 21.40m. y 1.26m. de ancho con cara tipo DR – DL conformado por 21 panales, un segundo tramo troncocónico de altura 2.00 m. de cara tipo X conformado por 01 panel, un tercer tramo recto de 23.45m. de altura y ancho 2.66 m., conformado 12, y cuatro tramos troncocónicos de altura 24.75 m conformado 05 paneles.
- Las estructuras están conformadas por perfiles angulares de acero ASTM A36 y ASTM325.

Finalizado la toma de medidas se procede a realizar un informe detallando la característica y la toma de fotos respectivas de la torre. (Ver anexo 04: Informe de Relevamiento de Torre).

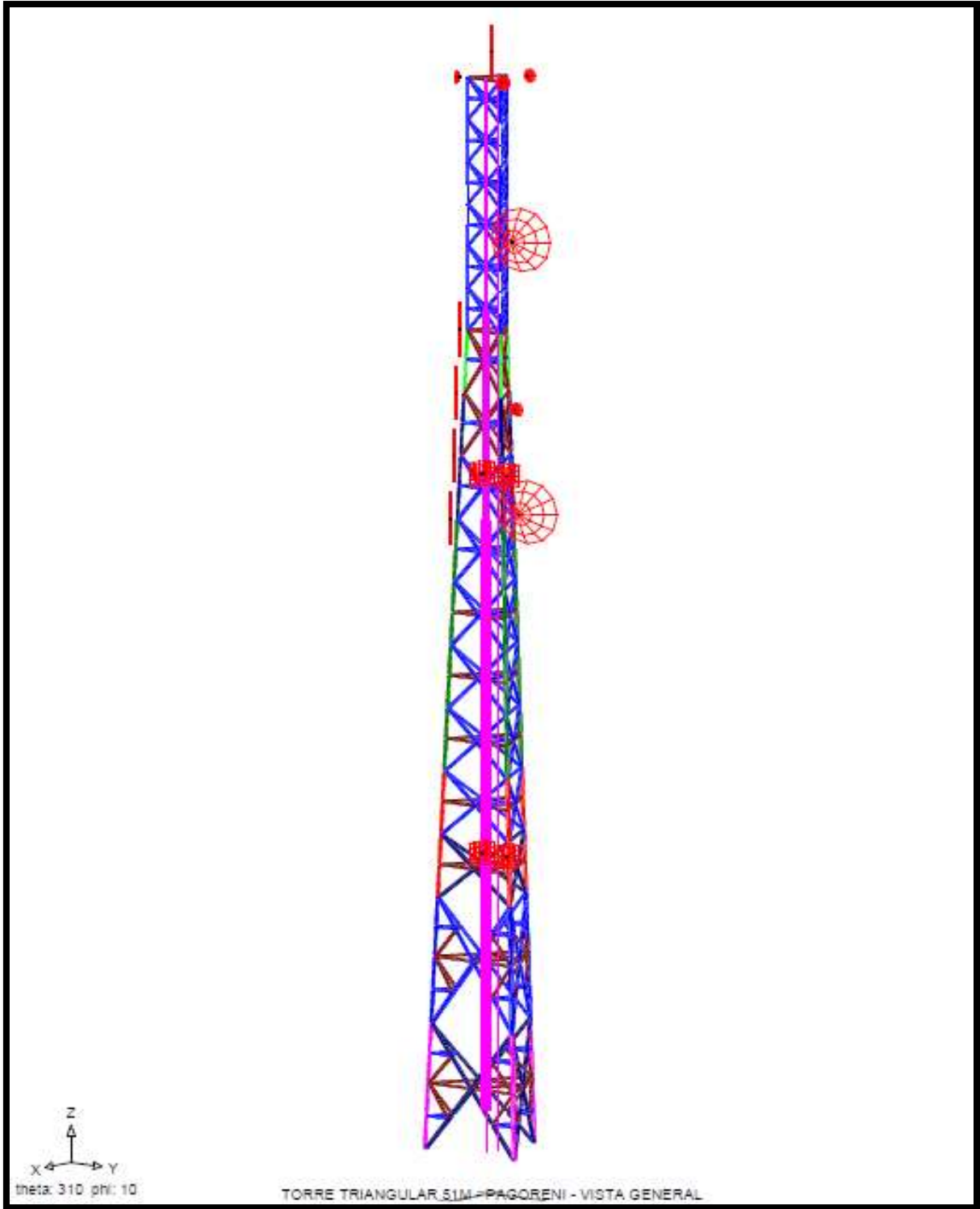


Figura N° 03: Vista General de Torre Autosoportada Triangular de la Estación Site Pagoreni B en 3D
Fuente: Elaboración propia.

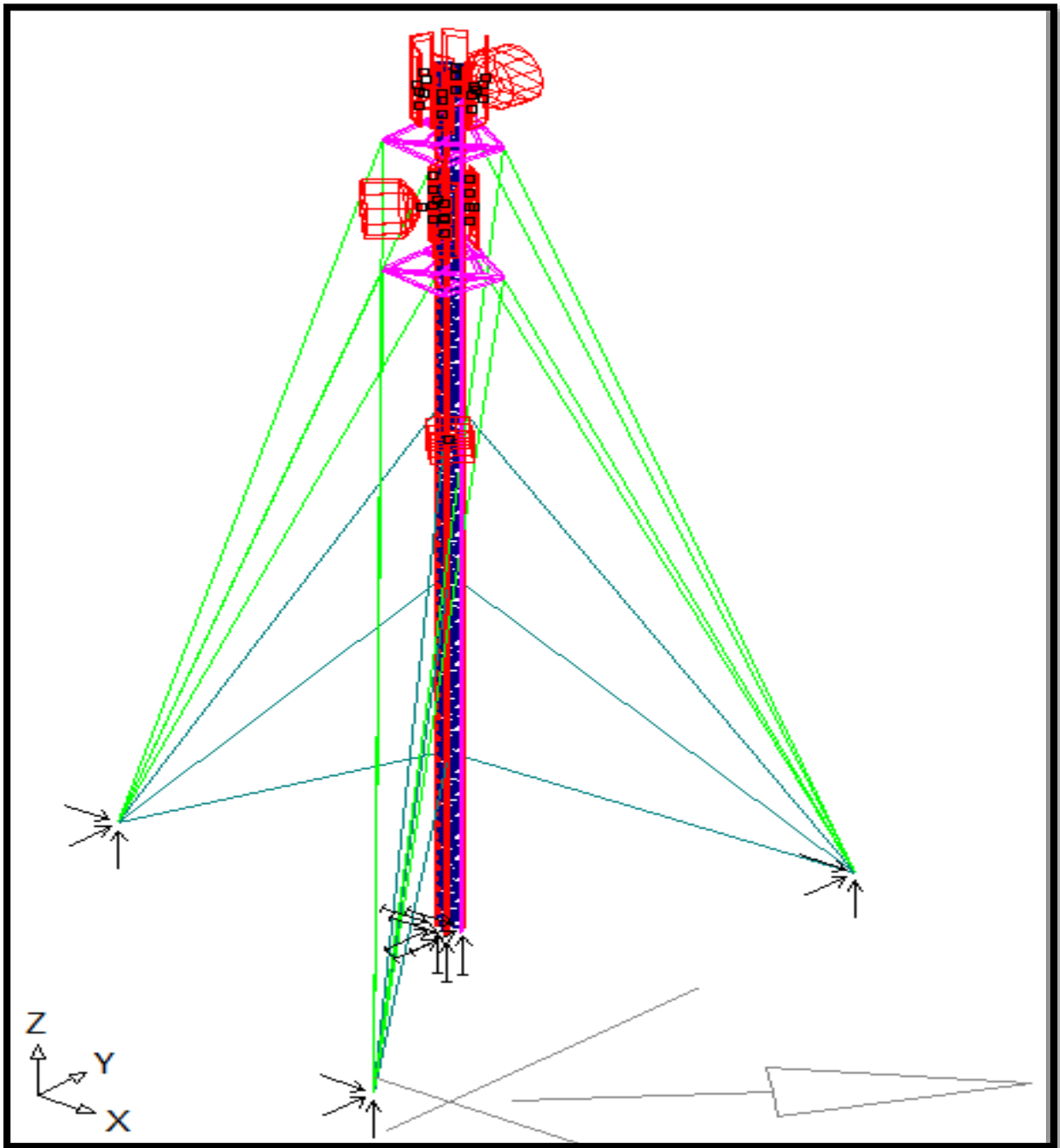


Figura N° 04: Vista General de la Torre Ventada Triangular de la Estación Site Pampas en 3D
Fuente: Elaboración propia

Para observar con detalle los ensayos especiales por corte directo revisar el informe presentado en los anexos.

4.3. Ensayos de laboratorio.

4.3.1. Estudio de suelos y geotecnia.

En la reciente sesión se detallan las indagaciones geotécnicas de campo verificadas llevada a cabo bajo los requisitos de la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, con la finalidad de comprobar las características geotécnicas del espacio de estudio. Estos trabajos fundamentaron en la revisión de la investigación geotécnica adecuada y la realización de excavación de una calicata y toma de muestras para ensayos de laboratorio. Para calcular los cuantificaciones geotécnicas de los materiales de fundación en la cimentación de la torre, se realizó una investigación del subsuelo del terreno determinado uno al Proyecto “Pagoreni B” ubicado en el Helipuerto Privado “Pagoreni B”, Distrito de Echarate, Provincia La Convención, Departamento Cusco y otro al Proyecto “Pampas” ubicado en la calle 4, Distrito de Pampas, Provincia Tayacaja, Departamento Huancavelica, ya que con trabajos de campo, realizando excavaciones IN SITU, mediante calicatas a cielo abierto, se definirán los perfiles estratégicos del subsuelo, sus importantes características físicas y mecánicas y las propiedades de resistencia y deformación, que nos conducen a determinar el tipo y profundidad de cimentación, Capacidad Portante Admisible, los Asentamientos y las recomendaciones generales.

Para determinar los materiales superficiales del espacio de estudio donde se ubica el proyecto y se encuentra el suelo de fundación constituido por arena pobremente gradada con presencia de limo y grava aislada, se efectuaron los suelos encontrados en el área de estudio que están constituidos por estratos bien definidos, los mismos que se observaron en la calicata efectuada, deduciéndose que son suelos homogéneos. Además, los estratos encontrados se describen como la calicata C -1, donde se observa una cobertura superficial contaminada, seguido por relleno controlado en un espesor de 70 cm; y finalmente por suelo de fundación constituido por arena pobremente gradada con presencia de limo y grava aislada (TM 6”, TP 4”) hasta la profundidad explorada de 3.00 m. Además, se encontró la napa freática a 2.00 m. de profundidad.

Las características de los perfiles del suelo de las excavaciones se localizan en los

perfiles estratigráficos anexados al reciente EMS (Estudio de Mecánica de Suelos), donde este sistema de exploración nos accede examinar concisamente los distintos estratos hallados, tanto como sus importantes características físicas y mecánicas, muestras para efectuar análisis de Laboratorio, tales como: Granulometría, color, humedad, Plasticidad, clasificación SUCS, AASHTO, Corte directo, Análisis Químico SST y Sulfatos SO₄.

Las excavaciones alcanzaron las siguientes profundidades: Calicata C-1 en tajo abierto con una profundidad 3.00 m, las cual la muestra fue llevada al laboratorio de Mecánica de suelo de empresa Kinsa Geolabs S.A.C. en la ciudad de Trujillo, el cual se llevará a cabo un ensayo importante que son los siguientes:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D422)
- Contenido de Humedad (ASTM-D2216)
- Clasificación SUCS (ASTM-D2487)
- Clasificación AASHTO

Para observar con detalle los ensayos mencionados anteriormente revisar el informe presentado en el anexo 05: Estudio de Suelos y Cimentaciones.



Figura N° 05: Ejecución de calicata
Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Estudio eólico.

Para efectuar el Estudio Eólico se colocó de investigación el mapa eólico del Perú que recurre como pauta, para constituir las velocidades esenciales del viento en el sitio donde se sitúa la estructura, debiendo asumir la variabilidad por las condiciones locales (topográficas, climáticas). Si tuviera medidas confidenciales en el sitio en materia, conseguirá adoptarse la velocidad procedente del estudio.

En nuestro proyecto de investigación, la torre autosoportada triangular de telecomunicaciones está ubicado en el Distrito Echarate, Provincia La Convención, Departamento Cusco, tomando como referencia según el mapa establecida, la velocidad del viento de diseño por resistencia corresponde ser equivalente a 100 Km/h y la velocidad de operación para el cálculo de los desplazamientos angulares de 90 Km/h. (Ver anexo 07: Mapa eólico del Perú).

4.3.3. Estudio topográfico.

Es el proceso que permite representar y visualizar la forma real de un terreno; la topografía es primordial en todo proyecto de construcción civil porque nos permite reconocer el relieve, orografía, áreas superficiales, distancias horizontales, direcciones, ángulos, elevaciones.

Para la obtención de puntos topográficos hizo el uso de la herramienta virtual Google Earth.

**Ubicación: Departamento: Cusco, Provincia: La Convención, Distrito: Echarate
Estación: Pagoreni B**



Figura N° 06: Toma de datos en el levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

Una vez hecho el levantamiento topográfico, se obtuvo la siguiente información:

Coordenadas de sitio.

Tabla N° 08: Coordenadas y altitudes de la estación del proyecto

PUNTOS DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
	ESTE	NORTE	
1	618020	9244600	8.163
2	618040	9244600	8.000
3	618020	9244620	8.175
4	618040	9244620	8.220
5	618000	9244620	8.445
6	618020	9244640	8.558
7	618040	9244640	8.585
8	618060	9244620	8.615

Fuente: Elaboración propia

4.4. Categoría topográfica.

De acuerdo al levantamiento topográfico la estructura de la torre se encuentra en un terreno llano u ondulado, la cual se considera categoría 1 como dato a investigación y no se considera efecto de viento.

4.5. Categoría de exposición.

Se realizó la visita a campo con la finalidad determinar la categoría de exposición que refleja la característica del terreno como la superficie, vegetación y topografía natural existentes; por lo consiguiente se considera el terreno una categoría de exposición B.

Para observar con más detalle el informe topográfico, revisar el anexo 06: Informe de Levantamiento Topográfico.

4.6. Informe de Evaluación Estructural de la Torre.

El objetivo es realizar una evaluación estructural de la torre de propiedad de ENTELCON, en la cual determinaremos si realmente la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones requiere un reforzamiento su estado norma, aplicando el método de diseño de ASD. Para analizar los resultados nos apoyaremos Software Ms Tower y también la Norma americana ANSI/TIA EIA 222-F.

A continuación, consideraciones para el análisis:

- Para la evaluación de la torre se tendrá como referencia el proceso constructivo de acuerdo al RNE 2006. E- 09 Estructura Metálica.
- Consideración carga vivas, muerta y del viento sobre la estructura, se tendrá como referencia el RNE del Perú 2006: E.020.
- Conforme a las especificaciones dada por RNE, todas las estructuras metálicas en el Perú comprometen a concurrir el diseño y evaluación para una velocidad de viento 70 km/hr, donde velocidad de operación será 60 km/hr. A solicitud del cliente la torre autosoportada cuadrada será evaluada para una velocidad de supervivencia 80 km/hr y la velocidad de operación para calcular los desplazamientos angulares de 70 Km/h.

4.7. Descripción del Programa.

El programa Ms Tower es un Software experto en realizar control de análisis y diseño de acero como torre de trasmisión y comunicación.

El Ms Tower contiene una librería de opciones para definir la geometría, cargas permanentes, visualización de grafica como resultados y demostración de sus elementos. Las torres, que puede ser de triangular, cuadrada, arriostrada y monopolos, se ensamblan combinados de acuerdo a la solicitud del cliente.

4.8. Inicio del Programa.

Posteriormente, daremos a conocer el manejo del Software Ms Tower, mediante unas capturas de pantallas para su excelente presión.

Acción 01: Abrir el programa y determinar qué tipo de torre quiere plantear dando le clic comando file (Elemento de menú), después hacer clic Open File Indicar Medidas del elemento.

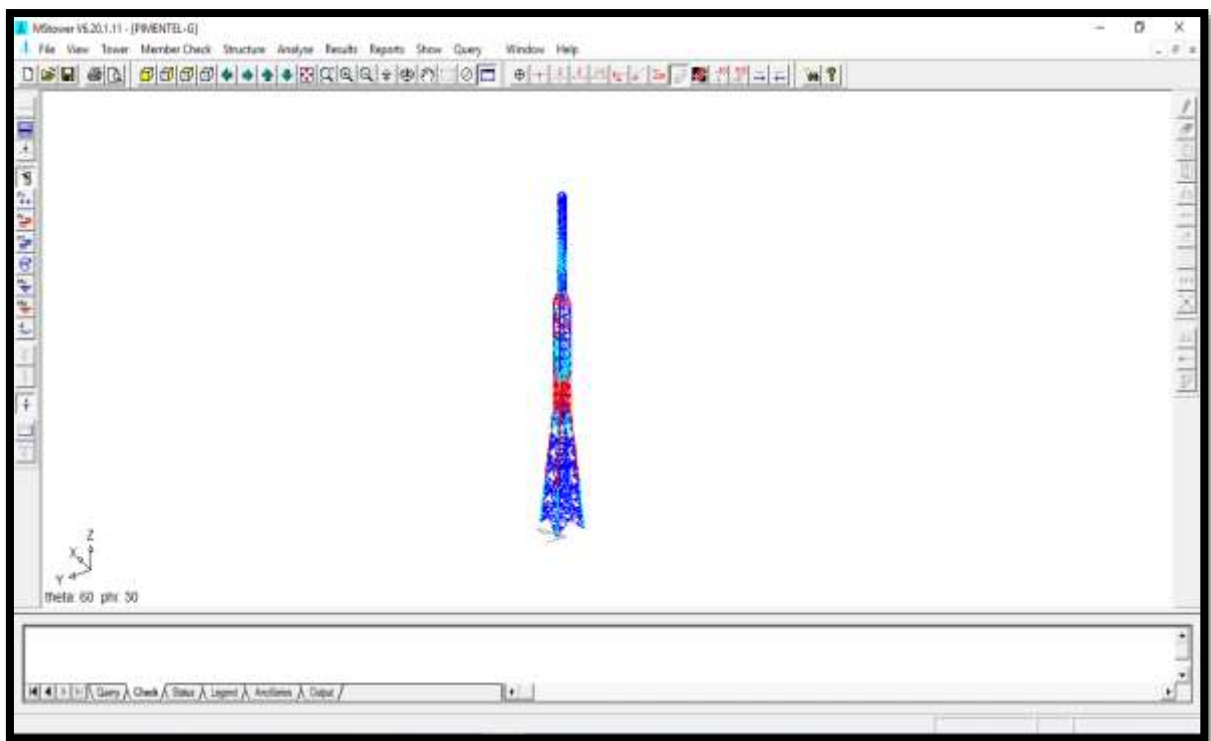


Figura N° 07: Geometría de la torre en el Ms Tower
Fuente: Elaboración propia

Acción 02: Después del doble Clic comando Secundario en “Tower.... (Determinas Los Numero de Perfiles)” y el clic Make tower data File en “Ok (botón)”, en Clic Tower /mast/Data “editar la geometría de la torre).

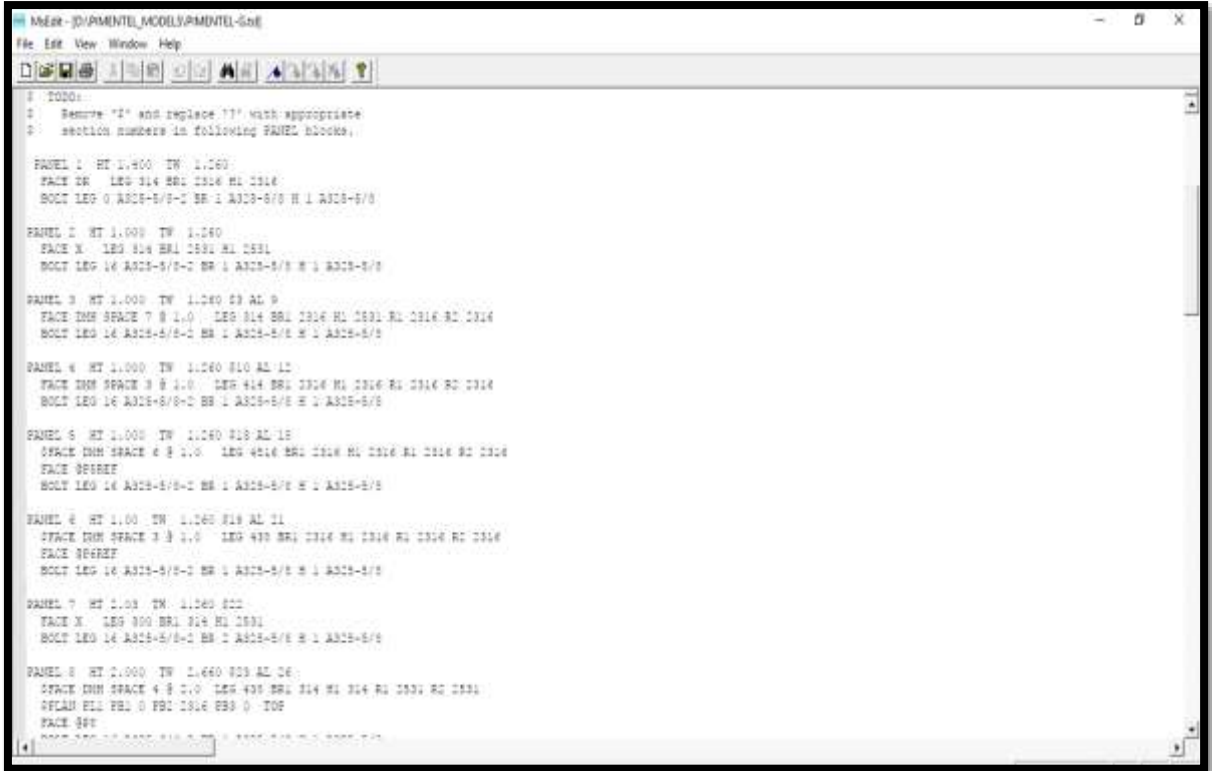


Figura N° 08: Resultados del diseño de la torre en el Ms Tower

Fuente: Elaboración propia

4.9. Ingreso de Datos.

4.9.1. Elemento de un Panel.

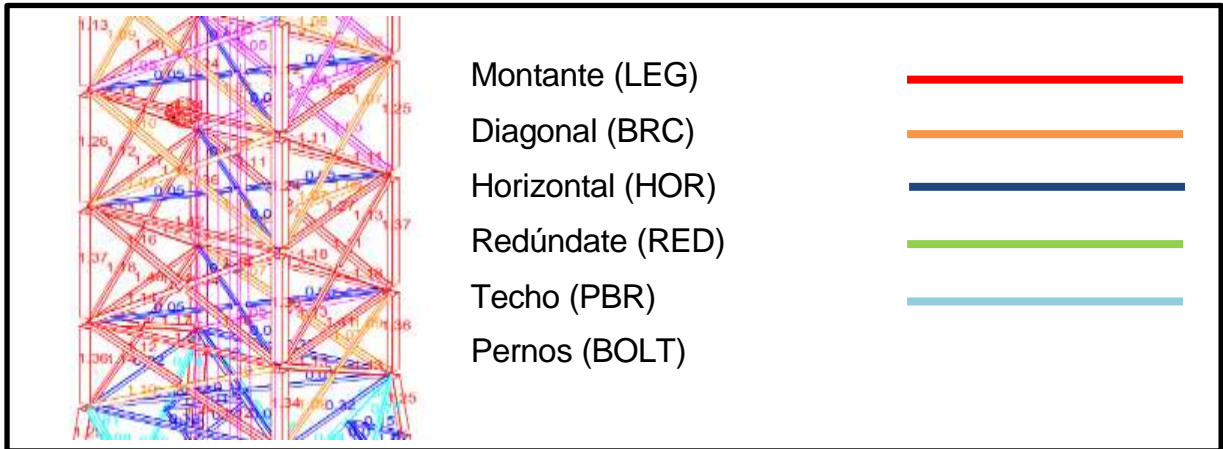


Figura N° 09: Panel de TAC del Ms Tower

Fuente: Elaboración propia

4.9.2. Geometría y predicionamiento de la Torre

Acción 01: Después del clic del beneficiario con botón principal en “List/Edith File (Elemento de menú), hacer clic del beneficiario con botón principal en “TD (botón)” en “Select file” y listo.

```
TAT 51M - 80KMH - TIA EIA 222-F - PAGORENI.td Page 1/2
00001 TITL1 TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR 51M MODULAR
00002 TITL2 VELOCIDAD DE VIENTO 80KMH - PAGORENI
00003
00004 UNITS 1 2 l=metric, 4=US
00005 COMPONENT
00006 $ TODO - udp list goes here.
00007 END
00008
00009 PROFILE
00010 FACES 3
00011 WBASE 5.050
00012 RLSAS 0.000
00013
00014 PANEL 1 HT 2.000 TW 1.800
00015 CFACE X LEG 46 BR1 55 H1 50
00016 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00017 CBOLT LEG 4 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00018 CBOLT PB1 1 A325-1/2 PB2 1 A325-1/2
00019
00020 PANEL 2 HT 2.000
00021 CFACE XH1 LEG 46 BR1 55 H1 55
00022 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00023 CBOLT LEG 4 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00024 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00025
00026 PANEL 3 HT 2.000
00027 CFACE XH1 LEG 46 BR1 55 H1 55
00028 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00029 CBOLT LEG 4 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00030 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00031
00032 PANEL 4 HT 2.000
00033 CFACE XH1 LEG 46 BR1 55 H1 55
00034 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00035 CBOLT LEG 4 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00036 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00037
00038 PANEL 5 HT 2.000
00039 CFACE XH1 LEG 46 BR1 55 H1 55
00040 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00041 CBOLT LEG 4 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00042 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00043
00044 PANEL 6 HT 2.000
00045 CFACE XH1 LEG 46 BR1 55 H1 55
00046 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00047 CBOLT LEG 4 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00048 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00049
00050 $ TRAMO RECTO,-----
00051 PANEL 7 HT 3.000 TW 1.800
00052 CFACE X LEG 45 BR1 50 H1 50
00053 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00054 CBOLT LEG 6 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00055 CBOLT PB1 1 A325-1/2 PB2 1 A325-1/2
00056
00057 PANEL 8 HT 3.000
00058 CFACE XH1 LEG 40 BR1 50 H1 55
00059 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00060 CBOLT LEG 6 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00061 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00062
00063 PANEL 9 HT 3.000
00064 CFACE XH1 LEG 40 BR1 46 H1 55
00065 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00066 CBOLT LEG 6 A325-1/2-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00067 CBOLT PB1 1 A325-1/2 PB2 1 A325-1/2
00068
00069 PANEL 10 HT 3.000
00070 CFACE XH1 LEG 30 BR1 46 H1 55
00071 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00072 CBOLT LEG 6 A325-3/8-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00073 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00074
00075 PANEL 11 HT 3.000
00076 CFACE XH1 LEG 30 BR1 46 H1 50
00077 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00078 CBOLT LEG 6 A325-3/8-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00079 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00080
00081 PANEL 12 HT 3.000
00082 CFACE XH1 LEG 30 BR1 46 H1 50
00083 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00084 CBOLT LEG 6 A325-3/8-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00085 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00086
00087 PANEL 13 HT 3.000
00088 CFACE XH1 LEG 20 BR1 46 H1 50
00089 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00090 CBOLT LEG 6 A325-3/8-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00091 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00092
00093 PANEL 14 HT 3.000
00094 CFACE XH1 LEG 29 BR1 46 H1 50
00095 CPLAN PTC PB1 0 PB2 55 XIP
00096 CBOLT LEG 6 A325-3/8-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00097 CBOLT PB2 1 A325-1/2
```

```

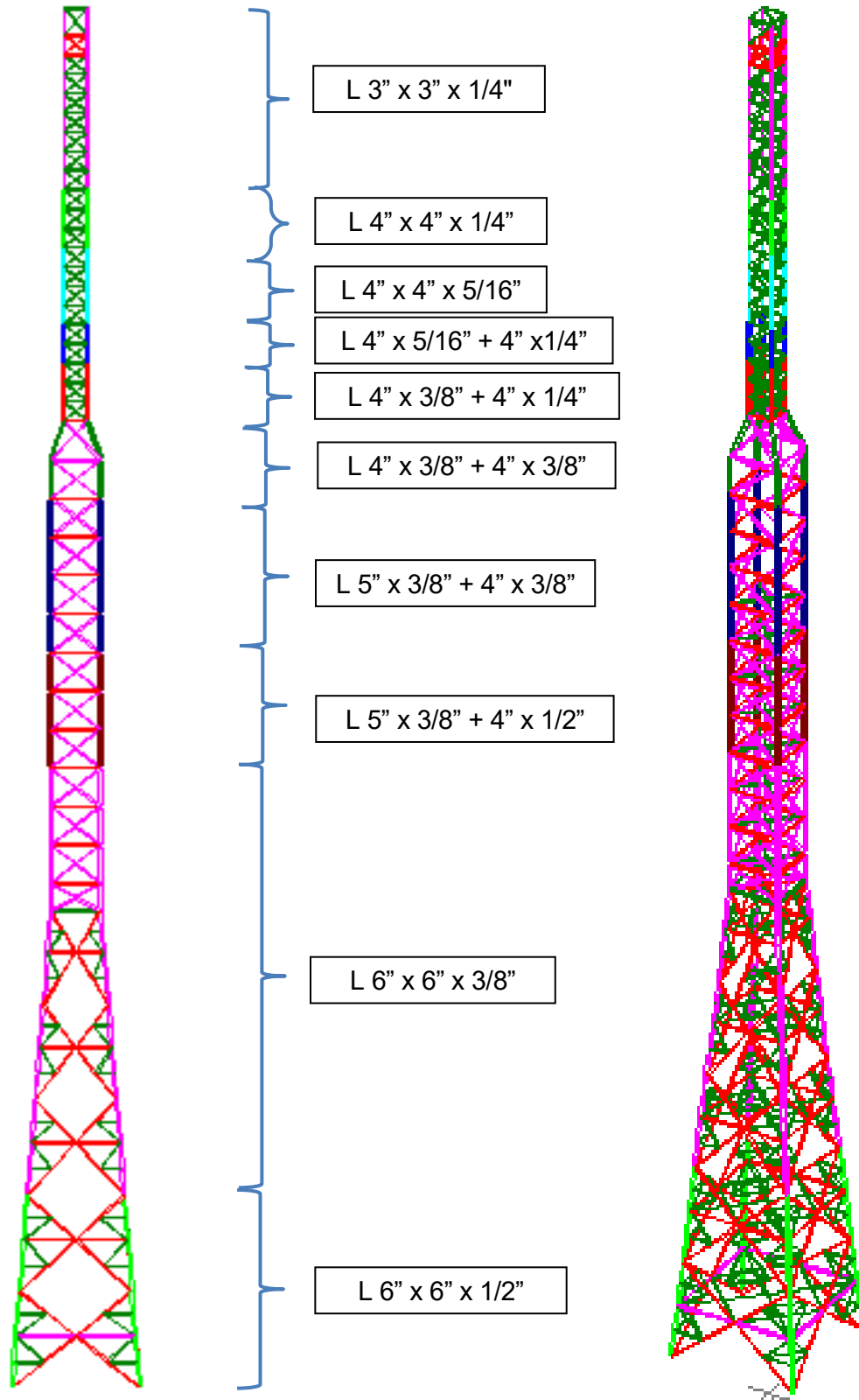
00098
00099 PANEL 15 HT 3.000
00100 CFACE XH1A LEG 29 BR1 40 H1 50
00101 CPLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
00102 CBOLT LEG 6 A325-3/4-2 BR1 1 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00103 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00104
00105 PANEL 16 HT 6.000
00106 CFACE XH3A LEG 28 BR1 46 H1 50 R1 55 R2 50 R3 50 R4 55
00107 CPLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
00108 CHIP HS HP1 55 HP2 0 HP3 55
00109 CBOLT LEG 6 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00110 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00111 CBOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2 R3 1 A325-1/2 R4 1 A325-1/2
00112 CBOLT HP1 1 A325-1/2 HP3 1 A325-1/2
00113
00114 PANEL 17 HT 6.000
00115 CFACE XH3A LEG 26 BR1 40 H1 50 R1 55 R2 50 R3 50 R4 55
00116 CPLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
00117 CHIP HS HP1 55 HP2 0 HP3 55
00118 CBOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 1 A325-1/2
00119 CBOLT PB2 1 A325-1/2
00120 CBOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2 R3 1 A325-1/2 R4 1 A325-1/2
00121 CBOLT HP1 1 A325-1/2 HP3 1 A325-1/2
00122 END
00123
00124 SUPPORTS
00125 C$ { COORD x y z | LEG abcd } ...
00126 C$ { FINMED | FIXED | BUT ( releases | springs ) }
00127 END
00128
00129 SECTIONS
00130 C$ TODO - section list goes here
00131 C$ LIBR libr IFACT 1.0
00132 CLLIBR P:US IFACT 1.0
00133 10 EA6x6x1/2 Y FY R BH 22
00134 13 EA6x6x1/2 Y FY N BH 22
00135 20 EA5x5x1/2 Y FY N BH 22
00136 26 EA4x4x1/2 Y FY N BH 22
00137 28 EA4x4x3/8 Y FY N BH 22
00138 29 EA4x4x5/16 Y FY N BH 18
00139 C30 EA4x4x1/4 Y FY N BH 18
00140 38 EA3x3x5/16 Y FY N BH 18
00141 40 EA3x3x1/4 Y FY N BH 18
00142 C45 EA2.5x2.5x1/4 Y FY N BH 18
00143 C46 EA2.5x2.5x3/16 Y FY N BH 18
00144 C50 EA2x2x3/16 Y FY N BH 18
00145 55 EA1.5x1.5x3/16 Y FY N BH 18
00146 END
00147
00148 BOLTDATA
00149 $bolt checking to EIA-222-F/AISC, ASTM A325
00150 CA325-11/4 A325 D 31.75 AS 791.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 $$ HOLE SIZE 32mm
00151 CA325-1 A325 D 25.4 AS 506.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 $$ HOLE SIZE 27
00152 CA325-3/4 A325 D 19.05 AS 385 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 $$ HOLE SIZE 21
00153 CA325-5/8 A325 D 15.875 AS 197.9 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 $$ HOLE SIZE 18
00154 CA325-1/2 A325 D 12.7 AS 126.6 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 $$ HOLE SIZE 14
00155 CA325-3/8 A325 D 9.525 AS 70.9 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 $$ HOLE SIZE 11
00156
00157 $$ BOLTS IN DOUBLE SHEAR
00158 CA325-11/4-2 A325 D 31.75 AS 791.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 $$ HOLE SIZE 32mm
00159 CA325-1-2 A325 D 25.4 AS 506.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 $$ HOLE SIZE 27
00160 CA325-3/4-2 A325 D 19.05 AS 385 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 $$ HOLE SIZE 21
00161 CA325-5/8-2 A325 D 15.875 AS 197.9 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 $$ HOLE SIZE 18
00162 CA325-1/2-2 A325 D 12.7 AS 126.6 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 $$ HOLE SIZE 14
00163 END
00164 END
00165
00166
00167
00168

```

Figura N° 10: Geometría y secciones del predimensionamiento de diseño de la torre en el Ms Tower

Fuente: Elaboración propia

El modelo estructural se realizó en el software Ms Tower V6.2, considerando las medidas geométricas que presentan la estructura real y los materiales del que están compuestos sus elementos estructurales.



5. Análisis de los cálculos manuales y resultados obtenidos según los objetivos.

O1: Determinación de los beneficios en materiales, estructura y suministro opcional que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

En nuestro proyecto de investigación, se ha utilizado los siguientes datos para realizar el estudio sobre los beneficios de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación:

Torre Autosoportada Triangular H=60m de la Estación Site Pagoreni B

Materiales

1. Concreto estructural

- Esfuerzo Mínimo de Compresión Considerado: $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del Concreto: $E_c = 217371 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso Unitario del Concreto Reforzado: $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$

2. Acero de refuerzo

- Esfuerzo Mínimo de Fluencia: $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

3. Recubrimiento libre mínimo

- Zapata: $r_{\min} = 7.50 \text{ cm}$
- Pedestal: $r_{\min} = 5.00 \text{ cm}$

Estructura

Para el desarrollo de la ingeniería se hará uso de los siguientes códigos y reglamentos:

- RNE 2010: Reglamento Nacional de Edificaciones
- IBC 2009: International Building Code
- ASCE 7-10: American Society of Civil Engineers

- ANSI/TIA EIA 222-F: Structural Standars for steel antena towers and antena supporting structures.

Además, se ha utilizado las siguientes condiciones del suelo de fundación:

- Tipo de Terreno: Terreno natural, XX (clasificación SUCS)
- Ángulo de fricción del terreno natural: $\delta = X^\circ$
- Cohesión del terreno natural: $C = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso específico del terreno natural: $\gamma_m = X \text{ Kg/m}^3$
- Peso volumétrico saturado: $\gamma_s = X \text{ Kg/m}^3$
- Peso unitario del relleno natural: $\gamma_m = 1600 \text{ Kg/m}^3$
- Peso unitario del ripio: $\gamma_{ri} = 1900 \text{ Kg/m}^3$
- Coeficiente de fricción suelo - concreto: $\mu = 0.45$

También, se ha tomado como datos las siguientes sobrecargas:

- Sobrecarga en la EBC: $S/C = 200 \text{ Kg/cm}^2$
- Tipo de cemento: Tipo I

Suministro opcional

En este ítem, cuenta con una serie de documentos referenciales:

- Planos y/o croquis: A-03 - Planta de Distribución - Propuesta SITE PAGOENI.
- Documentos:
 - ✓ Diseño Estructural Torre Triangular 51m - 80Km/h - TIA-EIA 222-F
 - ✓ Informe Técnico - Estudio de Suelos
- Fotos: Reportes fotográficos respectivos.

Torre Ventada Triangular H=30m de la Estación Site Pampas

Materiales

1. Concreto Armado – Zapata y Pedestales

- $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- $E_c = 217371 \text{ Kg/cm}^2$

- $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$

2. Acero ASTM A615 Gr 60

- $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- $F_u = 6350 \text{ Kg/cm}^2$
- $E_s = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$

Estructura

Para el desarrollo de la ingeniería se hará uso de los siguientes códigos y reglamentos:

- ACI 318-14 – Building Code Requirements for Structural Concrete
- NTP E0.60 Concreto Armado
- NTP E0.50 Suelos y Cimentaciones
- ASTM – American Society for Testing Materials

Además, se ha utilizado las siguientes condiciones del suelo de fundación:

- Clasificación SUCS: GP
- $\rho_s = 1.8 \text{ Ton/m}^3$
- $q_{adm} = 1.76 \text{ kg/cm}^2$

Suministro opcional

En este ítem, cuenta con una serie de documentos referenciales:

- Planos y/o croquis: A-03 - Planta de Distribución - Propuesta SITE PAMPAS.
- Documentos:
 - ✓ Diseño Estructural Torre Triangular 30m - 120Km/h - TIA-EIA 222-F
 - ✓ Informe Técnico - Estudio de Suelos
- Fotos: Reportes fotográficos respectivos.

O2: Determinación de los beneficios en resistencia y soporte que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

Resistencia

Analizando estructuralmente los miembros estructurales tipo barra de la Torre Autosoportada se efectuó suponiendo el Método de Tensiones Admisibles (ASD), bajo las supuestas pequeñas deformaciones de modo que la estructura actué bajo la teoría elástica lineal.

Para confirmar los miembros estructurales de la torre, se ha utilizado el Código Americano de Telecomunicaciones TIA/EIA-222-F, capítulo 3, numeral 3.1.14.1 reconoce el manejo de los esfuerzos admisibles, según lo normalizado por el American Institute of Steel Construction (AISC).

Las expresiones empíricas utilizadas del manual AISC, son éstas las que siguen:

Para elementos en compresión:

$C_{comp_{cap}}$ = Esfuerzo de diseño (F_a) x Área de la sección transversal

$$SF_1 = \frac{5}{3} + \left(\frac{3}{8}\right) \left[\frac{\left(\frac{KL}{r}\right)}{C_c}\right] - (1/8) \left[\left(\frac{KL}{r}\right)/C_c\right]^3$$

$$F_a = \left[\pi^2 E / \left(\frac{KL}{r}\right)^2\right] SI / SF_2$$

$$SF_2 = 23/12$$

$$F_a = \pi \sqrt{\left(\frac{2E}{F_y}\right)}$$

$$SI = 1.33$$

Dónde:

SI = Factor de incremento permisible, establecido en la altura de la Estructura (1 a 1.5)

F_y = Esfuerzo de fluencia mínimo

E = Modulo de elasticidad

L = Longitud no arriostrada del elemento desde ambos puntos de conexión

r = Radio de giro de la sección transversal

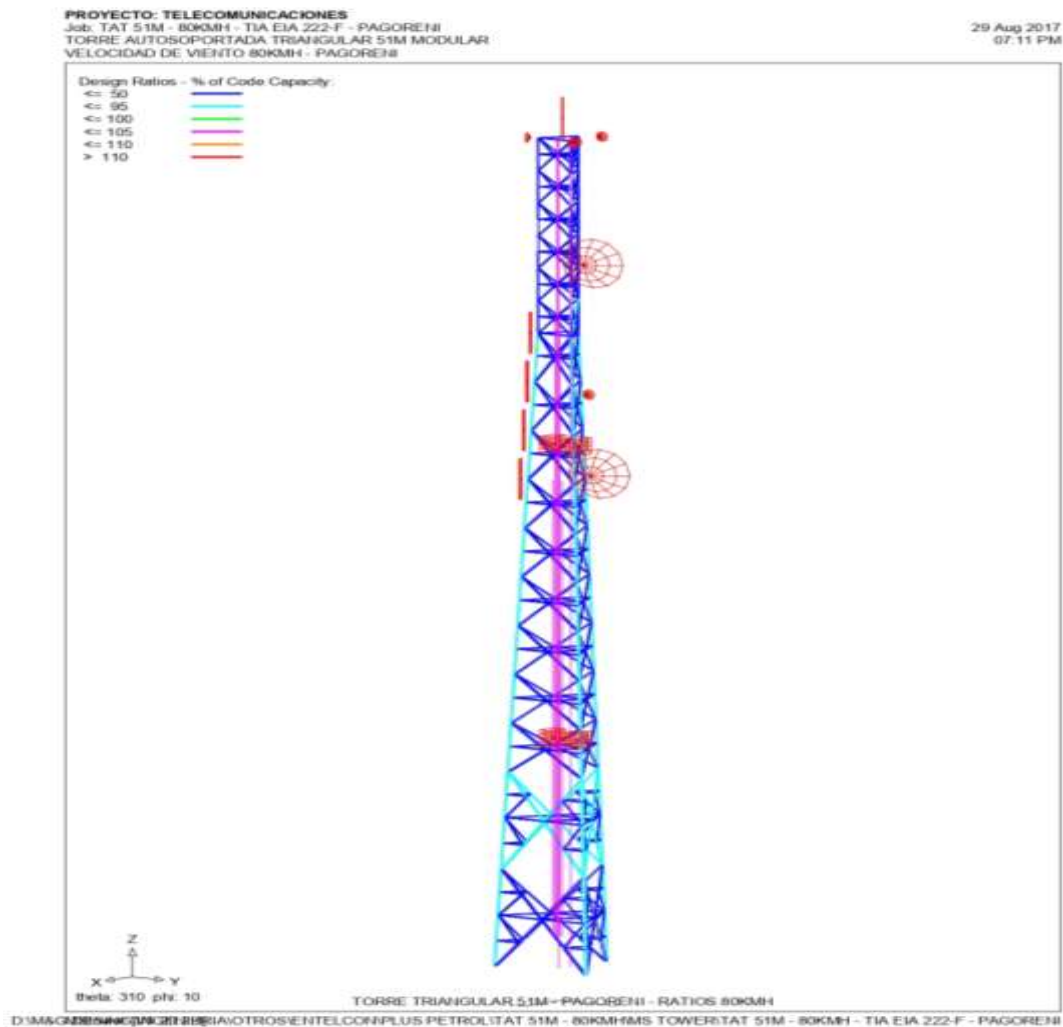
K = Coeficiente de longitud efectiva del elemento

Los resultados se muestran a continuación acordes con los estipulados teniendo en cuenta las cargas de diseño.

CÁLCULOS DE MIEMBROS DE LA TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR

H=60M DE LA ESTACIÓN SITE PAGOENI B

DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA



PANEL 04 - PERFIL DE L2.5"x2.5"x3/16" (PERFIL DE L64x64x4.7625 mm)

a. CÁLCULO DE MIEMBROS A TRACCIÓN

ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36:

$$F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_u = 6320 \text{ kgf/cm}^2$$

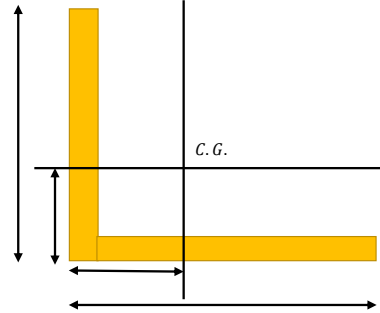
$$\text{Área} = 5.82 \text{ cm}^2$$

$$b = 6.40 \text{ cm}$$

$$d = 6.40 \text{ cm}$$

$$t = 0.48 \text{ cm}$$

$$\# \text{ Pernos} = 4 \Phi 1/2" \text{ (Sección A325)}$$



$P_u = \Phi_t P_n$: Verificar los estados límite de rotura en tensión, rotura en corte y fluencia para miembros soldados en miembros conectados por pernos. Además, comprobar la resistencia al aplastamiento en el agujero propuesto para los pernos.

1. Tensión permisible en el área gruesa

$$FCU = 1.33 \text{ (Sección A36)}$$

$$T_{\text{permisible}} = FCU * 0.6 * F_y * A_g$$

$$T_{\text{permisible}} = 1.33 * 0.60 * 4200 * 5.82 = 19511.54 \text{ Kgf}$$

2. Tensión permisible en el área neta

$$FCU = 1.33 \text{ (Sección A36)}$$

$$U = 0.75 \text{ (Sección B2)}$$

$$A_n = A_g - A_{\text{pernos}}$$

$$A_n = 5.82 - 4 * \frac{\pi * 1.27^2}{4} = 5.82 - 5.07 = 0.75 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U * A_n$$

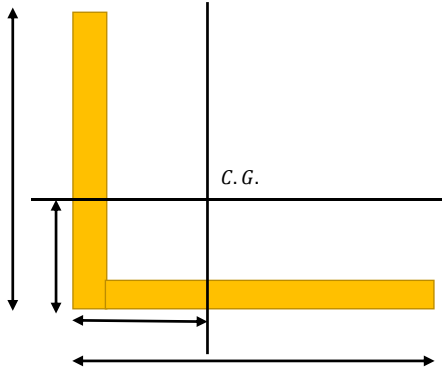
$$A_e = 0.75 * 0.75 = 0.57 \text{ cm}^2$$

$$T_{\text{permisible}} = FCU * 0.5 * F_u * A_e$$

$$T_{\text{permisible}} = 1.33 * 0.50 * 4850 * 7.43 = 2378.22 \text{ Kgf}$$

COMPROBACIÓN DEL CÁLCULO

DATOS PERFIL			
Perfil Métrico:	L 64 x	64 x	5 mm
Equivalente:	L 2.5 '' x	2.5 '' x	3/16 ''
Area =	5.82	cm ²	
x =	1.76	cm	
y =	1.76	cm	
Ix =	22.75	cm ⁴	
Iy =	22.75	cm ⁴	
rx =	1.98	cm	
ry =	1.98	cm	
b =	6.35	cm	
d =	6.35	cm	
t =	0.47625	cm	
Aperno =	1.27	cm ²	



DATOS MATERIAL		DATOS PERNO	
Material	A36	Material	A325 T1
E =	2040000.00 Kgf/cm ²	φ Perno =	12.70 mm
Fy =	4200.00 Kgf/cm ²	Ft =	6320.00 Kgf/cm ²
Fu =	6320.00 Kgf/cm ²	Nro. Pernos =	4

CALCULO CAPACIDAD			
Ap =	0.75	cm ²	
Ae =	0.52	cm ²	
FCU =	1.33		
U =	0.75		
Tpermisible =	19511.54	Kgf	Tensión permisible en el área gruesa
Tpermisible =	2378.22	Kgf	Tensión permisible en el área neta
φt Pn =	2378.22	Kgf	Resultado del diseño en Tracción
φt Pn =	23.33	KN	Resultado del diseño en Tracción

Fuente: Elaboración propia

b. CÁLCULO DE MIEMBROS A COMPRESIÓN

ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36:

$$E = 2040000.00 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_u = 6320 \text{ Kgf/cm}^2$$

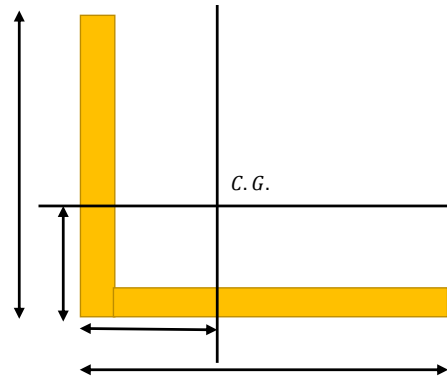
$$\text{Área} = 5.82 \text{ cm}^2$$

$$b = 6.40 \text{ cm}$$

$$d = 6.40 \text{ cm}$$

$$t = 0.48 \text{ cm}$$

$$r_z = 1.25 \text{ cm}$$



1. Revisión al pandeo local

Relación de esbeltez

$$r = \frac{b}{t}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{6.40}{0.48} = 13.33$$

$$\lambda_p = 0.31 * \frac{E}{F_y}$$

$$\lambda_p = 0.31 * \frac{2040000.00}{4200.00} = 150.57$$

$\frac{b}{t} < \lambda_p$: El perfil analizado es una sección compacta – Aplica sección E3 del AISC-05.

2. Límite de esbeltez y longitud efectiva

$$L_s/a = 1.00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$K = 1.00$$

$$l = \frac{K*L}{r_z} < 200$$

$$l = \frac{1.00*100}{1.25} = 80.00 < 200$$

$$\frac{K*L}{r_z} < 200 \dots \text{OK!}$$

3. Pandeo por flexión

$$\frac{K \cdot L}{r_z} = 80.00 > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 4.71 * \sqrt{\frac{2040000.00}{4200.00}} = 103.80$$

$$\frac{K \cdot L}{r_z} = 80.00 < \lambda_p = 103.80 \dots \text{OK!}$$

4. Tensión crítica de pandeo elástico según la ecuación de Euler

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K L}{r_z}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 2040000.00}{(80.00)^2} = 3145.94 \text{ Kgf/cm}^2$$

5. Tensión crítica de pandeo elástico según las condiciones

$$(a). \frac{K L}{r_z} < 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (o } F_e \geq 0.44 F_y \text{)}$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{F_y} \right] F_y$$

$$(b). \frac{K L}{r_z} > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (o } F_e \geq 0.44 F_y \text{)}$$

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

Por lo tanto:

$$\frac{K L}{r_z} = 80.00 < \lambda_p = 103.80$$

$$F_{cr} = 0.877 * 4200.00 = 1848.00 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{4200.00}{3145.94}\right)} \right] * 4200.00 = 2401.99 \text{ Kgf/cm}^2$$

6. Resistencia nominal a compresión

$$P_n = F_{cr} * A_g$$

$$P_n = 2401.99 * 5.82 = 27726.52 \text{ Kgf}$$

COMPROBACIÓN DEL CÁLCULO

DISEÑO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION			
DATOS PERFIL			
Perfil Métrico:	L 64 x	64 x	5 mm
Equivalente:	L 2.5 '' x	2.5 ''	3/16 ''
Area =	5.82	cm ²	
x =	1.76	cm	
y =	1.76	cm	
Ix =	22.75	cm ⁴	
Iy =	22.75	cm ⁴	
rx =	1.98	cm	
ry =	1.98	cm	
b =	6.35	cm	
d =	6.35	cm	
t =	0.47625	cm	
rz =	1.25	cm	
Longitud Perfil =	100.00	cm	
DATOS MATERIAL		DATOS PERNO	
Material	A36	Material	A394 T0
E =	2040000.00 Kgf/cm ²	φ Perno =	12.70 mm
Fy =	4200.00 Kgf/cm ²	φ Perforación =	14.20 mm
Fu =	6320.00 Kgf/cm ²	Fy =	4200.0 Kgf/cm ² 0
		Fu =	6320.0 Kgf/cm ² 0
CALCULO CAPACIDAD			
φc =	0.90		
K =	1.00		
b/t =	13.33		
KL/r =	80.00		
λp =	150.57		
Fe =	3145.94 Kgf/cm ²		Tensión crítica de pandeo elástico
Fcr =	2401.99 Kgf/cm ²		Tensión crítica de pandeo elástico
φc Pn =	13983.32 Kgf	Resultado del diseño en Compresión	
φc Pn =	137.18 KN	Resultado del diseño en Compresión	

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO CON EL SOFTWARE MS TOWER

Los resultados se muestran a continuación acordes con los estipulados teniendo en cuenta las cargas de diseño que se requieren, lo cual hemos tomado los paneles 4 y 15. Para mostrar más resultados de los paneles, tales los de compresión, tensión y pernería, están adjuntados con detalles en el anexo 08: Memoria de Cálculos.

Tabla N° 09: Resultados de los cálculos de las cargas a compresión para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower

RESULTADO CALCULO PROGRAMA MS TOWER NORMA EIA/TIA -222 F - COMPRESIÓN												
Pn1	Members	Typ	Size	fy	nb	Case	P	f	C	KL / r	F	f / F
4	301 - 302	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	4	600	13	22	4	80v	142	0.155
4	321 - 322	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	4	680	13	22	4	80v	142	0.155
4	341 - 342	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	4	520	14	24	4	80v	142	0.169
4	305 - 306	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	680	3	9	8	181v	42	0.214
4	307 - 308	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	600	3	9	8	181v	42	0.214
4	325 - 326	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	520	3	8	8	181v	42	0.190
4	327 - 328	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	680	2	7	8	181v	42	0.167
4	345 - 346	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	600	2	6	8	181v	42	0.143
15	1401-1402	LEG	EA4X4X5/16	248	6	600	198	128	4	77v	144	0.889
15	1421 - 1422	LEG	EA4X4X5/16	248	6	680	209	135	4	77v	144	0.938
15	1441 - 1442	LEG	EA4X4X5/16	248	6	520	207	134	4	77v	144	0.931
15	1405 - 1406	XBR	EA3X3X1/4	248	1	680	7	7	8	170v	48	0.146
15	1407 - 1408	XBR	EA3X3X1/4	248	1	600	7	7	8	170v	48	0.146
15	1425 - 1426	XBR	EA3X3X1/4	248	1	540	10	10	8	170v	48	0.208
15	1427 - 1428	XBR	EA3X3X1/4	248	1	680	10	11	8	170v	48	0.229
15	1445 - 1446	XBR	EA3X3X1/4	248	1	600	10	10	8	170v	48	0.208

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10: Resultados de los cálculos de las cargas a tensión y pernería para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower

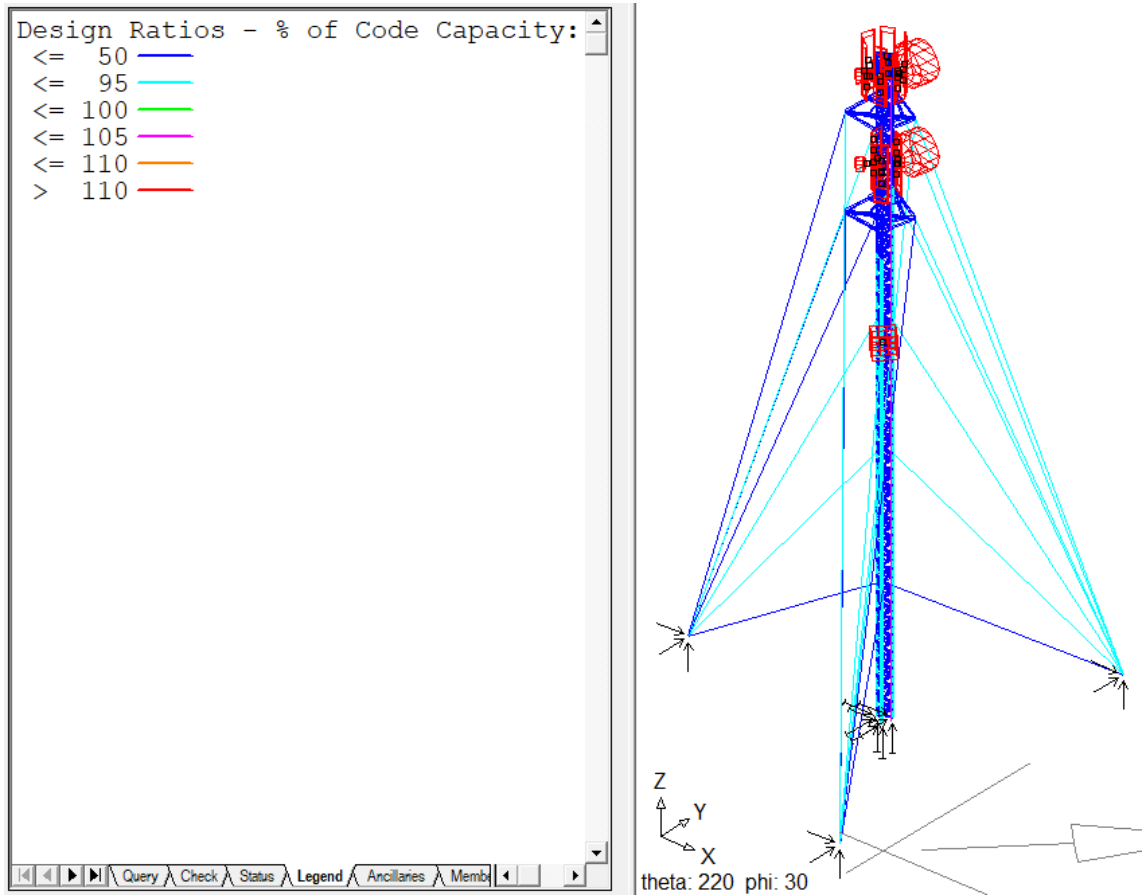
RESULTADO CALCULO PROGRAMA TOWER NORMA EIA/TIA -222 F - TENSION										
Pn1	Members	Typ	Size	fy	nb	Case	P	f	F	f / F
4	301 - 302	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	4	720	8	13	199	0.040
4	321 - 322	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	4	560	8	13	199	0.040
4	341 - 342	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	4	640	8	13	199	0.040
4	305 - 306	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	580	2	6	199	0.010
4	307 - 308	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	720	2	6	199	0.010
4	325 - 326	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	660	2	7	199	0.010
4	327 - 328	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	540	2	6	199	0.010
4	345 - 346	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	740	2	6	199	0.010
15	1401 - 1402	LEG	EA4X4X5/16	248	6	720	129	84	199	0.648
15	1421 - 1422	LEG	EA4X4X5/16	248	6	560	135	87	199	0.678
15	1441 - 1442	LEG	EA4X4X5/16	248	6	640	179	116	199	0.899
15	1405 - 1406	XBR	EA3X3X1/4	248	1	600	6	6	199	0.030
15	1407 - 1408	XBR	EA3X3X1/4	248	1	680	6	6	199	0.030
15	1425 - 1426	XBR	EA3X3X1/4	248	1	680	9	10	199	0.045
15	1427 - 1428	XBR	EA3X3X1/4	248	1	540	9	10	199	0.045
15	1445 - 1446	XBR	EA3X3X1/4	248	1	740	9	9	199	0.045

RESULTADO CALCULO PROGRAMA TOWER NORMA EIA/TIA -222 F - PERNOS										
Pn1	Members	Typ	Size	fy	Case	P	Grade	Type	Cap	P / Cap
4	301 - 302	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	600	13	A325	2S	159	0.082
4	321 - 322	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	680	13	A325	2S	159	0.082
4	341 - 342	LEG	EA2.5X2.5X3/16	248	520	14	A325	2S	159	0.088
4	305 - 306	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	680	3	A325	1S	21	0.143
4	307 - 308	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	600	3	A325	1S	21	0.143
4	325 - 326	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	520	3	A325	1S	21	0.143
4	327 - 328	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	680	2	A325	1S	21	0.095
4	345 - 346	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	600	2	A325	1S	21	0.095
15	1401 - 1402	LEG	EA4X4X5/16	248	600	198	A325	2S	570	0.347
15	1421 - 1422	LEG	EA4X4X5/16	248	680	209	A325	2S	570	0.367
15	1441 - 1442	LEG	EA4X4X5/16	248	520	207	A325	2S	570	0.363
15	1405 - 1406	XBR	EA3X3X1/4	248	680	7	A325	1S	21	0.333
15	1407 - 1408	XBR	EA3X3X1/4	248	600	7	A325	1S	21	0.333
15	1425 - 1426	XBR	EA3X3X1/4	248	540	10	A325	1S	21	0.476

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULOS DE MIEMBROS DE LA TORRE VENTADA TRIANGULAR H=30M DE LA ESTACIÓN SITE PAMPAS

DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA



PANEL 04 - PERFIL DE L3"x3"x1/4" (PERFIL DE L64x64x4.7625 mm)

a. CÁLCULO DE MIEMBROS A TRACCIÓN

ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36:

$$F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_u = 6320 \text{ kgf/cm}^2$$

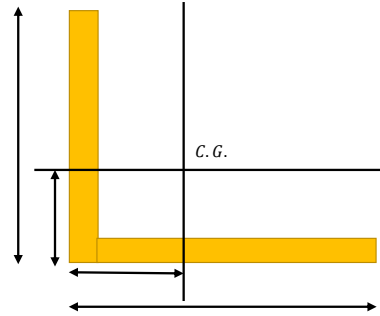
$$\text{Área} = 9.27 \text{ cm}^2$$

$$b = 7.60 \text{ cm}$$

$$d = 7.60 \text{ cm}$$

$$t = 0.64 \text{ cm}$$

$$\# \text{ Pernos} = 2 \Phi 1/2" \text{ (Sección A325)}$$



$P_u = \Phi_t P_n$: Verificar los estados límite de rotura en tensión, rotura en corte y fluencia para miembros soldados en miembros conectados por pernos. Además, comprobar la resistencia al aplastamiento en el agujero propuesto para los pernos.

1. Tensión permisible en el área gruesa

$$FCU = 1.33 \text{ (Sección A36)}$$

$$T_{\text{permisible}} = FCU * 0.6 * F_y * A_g$$

$$T_{\text{permisible}} = 1.33 * 0.60 * 4200 * 9.27 = 31083.32 \text{ Kgf}$$

2. Tensión permisible en el área neta

$$FCU = 1.33 \text{ (Sección A36)}$$

$$U = 0.75 \text{ (Sección B2)}$$

$$A_n = A_g - A_{\text{pernos}}$$

$$A_n = 9.27 - 2 * \frac{\pi * 1.27^2}{4} = 9.27 - 2.535 = 6.74 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U * A_n$$

$$A_e = 0.75 * 6.74 = 5.06 \text{ cm}^2$$

$$T_{\text{permisible}} = FCU * 0.5 * F_u * A_e$$

$$T_{\text{permisible}} = 1.33 * 0.50 * 6320 * 5.06 = 21247.16 \text{ Kgf}$$

COMPROBACIÓN DEL CÁLCULO

DISEÑO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			
DATOS PERFIL			
Perfil Métrico:	L 76 x 76 x 6 mm		
Equivalente:	L 3 x 3 x 1/4		
Area =	9.27 cm ²		
x =	2.14 cm		
y =	2.14 cm		
Ix =	51.79 cm ⁴		
Iy =	51.79 cm ⁴		
rx =	2.36 cm		
ry =	2.36 cm		
b =	7.62 cm		
a =	7.62 cm		
t =	0.635 cm		
Aperno =	1.27 cm ²		
DATOS MATERIAL		DATOS PERNO	
Material	A36	Material	A325 T1
E =	204000.00 Kgf/cm ²	φ Perno =	12.70 mm
Fy =	4200.00 Kgf/cm ²	Ft =	6320.0 Kgf/cm ²
Fu =	6320.00 Kgf/cm ²	Nro. Pernos =	2
CALCULO CAPACIDAD			
Ap =	6.74 cm ²		
Ae =	5.06 cm ²		
FCU =	1.33		
U =	0.75		
Tpermisible =	31083.32 Kgf	Tensión permisible en el área gruesa	
Tpermisible =	21247.16 Kgf	Tensión permisible en el área neta	
φt Pn =	21247.16 Kgf	Resultado del diseño en Tracción	
φt Pn =	208.43 KN	Resultado del diseño en Tracción	

Fuente: Elaboración propia

b. CÁLCULO DE MIEMBROS A COMPRESIÓN

ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36:

$$E = 2040000.00 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_u = 6320 \text{ Kgf/cm}^2$$

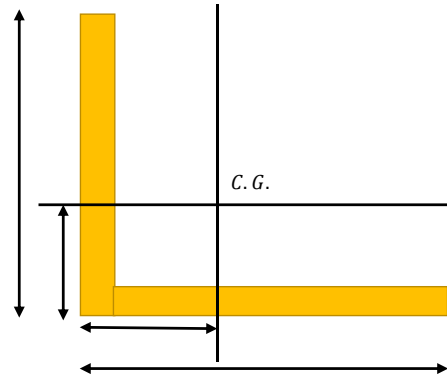
$$\text{Área} = 9.27 \text{ cm}^2$$

$$b = 7.60 \text{ cm}$$

$$d = 7.60 \text{ cm}$$

$$t = 0.64 \text{ cm}$$

$$r_z = 1.50 \text{ cm}$$



1. Revisión al pandeo local

Relación de esbeltez

$$r = \frac{b}{t}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{7.60}{0.64} = 12.00$$

$$\lambda_p = 0.31 * \frac{E}{F_y}$$

$$\lambda_p = 0.31 * \frac{2040000.00}{4200.00} = 150.57$$

$\frac{b}{t} < \lambda_p$: El perfil analizado es una sección compacta – Aplica sección E3 del AISC-05.

2. Límite de esbeltez y longitud efectiva

$$L_s/a = 1.00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$K = 1.00$$

$$l = \frac{K*L}{r_z} < 200$$

$$l = \frac{1.00*100}{1.50} = 66.67 < 200$$

$$\frac{K*L}{r_z} < 200 \dots \text{OK!}$$

3. Pandeo por flexión

$$\frac{K*L}{r_z} = 66.67 > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 4.71 * \sqrt{\frac{2040000.00}{4200.00}} = 103.80$$

$$\frac{K*L}{r_z} = 66.67 < \lambda_p = 103.80 \dots \text{OK!}$$

4. Tensión crítica de pandeo elástico según la ecuación de Euler

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_z}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 2040000.00}{(66.67)^2} = 4530.15 \text{ Kg/cm}^2$$

5. Tensión crítica de pandeo elástico según las condiciones

$$(a). \frac{KL}{r_z} < 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (o } F_e \geq 0.44 F_y \text{)}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$(b). \frac{KL}{r_z} > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (o } F_e \geq 0.44 F_y \text{)}$$

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

Por lo tanto:

$$\frac{KL}{r_z} = 66.67 < \lambda_p = 103.80$$

$$F_{cr} = 0.877 * 4200.00 = 1848.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \left(\frac{4200.00}{4530.15} \right) \right] * 4200.00 = 2401.99 \text{ Kg/cm}^2$$

6. Resistencia nominal a compresión

$$P_n = F_{cr} * A_g$$

$$P_n = 2849.20 * 9.27 = 26423.95 \text{ Kg}$$

COMPROBACIÓN DEL CÁLCULO

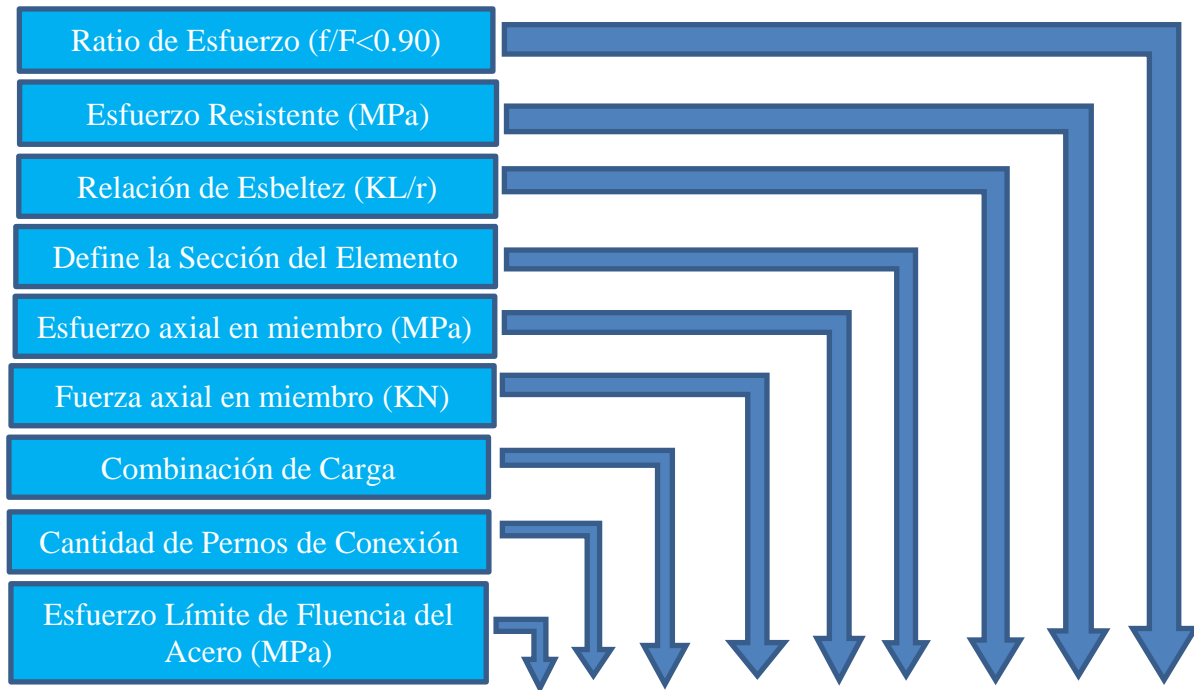
DISEÑO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
DATOS PERFIL				
Perfil Métrico:	L 76 x	76 x	6 mm	
Equivalente:	L 3" x	3" x	1/4"	
Area =	9.27	cm ²		
x =	2.14	cm		
y =	2.14	cm		
Ix =	51.79	cm ⁴		
Iy =	51.79	cm ⁴		
rx =	2.36	cm		
ry =	2.36	cm		
b =	7.62	cm		
d =	7.62	cm		
t =	0.635	cm		
rz =	1.50	cm		
Longitud Perfil =	100.00	cm		
DATOS MATERIAL		DATOS PERNO		
Material	A36		Material	A394 T0
E =	2040000.00	Kgf/cm ²	φ Perno =	12.70 mm
Fy =	4200.00	Kgf/cm ²	φ Perforación =	14.20 mm
Fu =	6320.00	Kgf/cm ²	Fy =	4200.00 Kgf/cm ²
			Fu =	6320.00 Kgf/cm ²
CÁLCULO CAPACIDAD				
φc =	0.90			
K =	1.00			
b/t =	12.00			
KL/r =	66.67			
λp =	150.57			
Fe =	4530.94	Kgf/cm ²	Tensión crítica de pandeo elástico	
Fcr =	2849.20	Kgf/cm ²	Tensión crítica de pandeo elástico	
φc Pn =	26423.95	Kgf	Resultado del diseño en Compresión	
φc Pn =	259.22	KN	Resultado del diseño en Compresión	

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO CON EL SOFTWARE MS TOWER

Los resultados se muestran a continuación acordes con los estipulados teniendo en cuenta las cargas de diseño que se requieren, lo cual hemos tomado los paneles 4 y 15. Para mostrar más resultados de los paneles, tales los de compresión, tensión y pernería, están adjuntados con detalles en el anexo 08: Memoria de Cálculos.

Tabla N° 11: Resultados de los cálculos de las cargas a compresión para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower



RESULTADO CALCULO PROGRAMA MS TOWER NORMA EIA/TIA -222 F - COMPRESIÓN												
Pn1	Members	Typ	Size	fy	nb	Case	P	f	C	KL / r	F	f / F
4	401 - 403	LEG	EA4X4X1/4	248	16	600	112	89	4	50V	165	0.539
4	421 - 423	LEG	EA4X4X1/4	248	16	660	113	90	4	50V	165	0.545
4	441 - 443	LEG	EA4X4X1/4	248	16	720	109	87	4	50V	165	0.527
4	461 - 463	LEG	EA4X4X1/4	248	16	540	102	81	4	50V	165	0.491
4	405	BRC	EA2X2X3/16	248	1	560	18	39	8	161V	53	0.736
4	406	BRC	EA2X2X3/16	248	1	680	19	42	8	161V	53	0.792
4	404	HOR	EA2X2X3/16	248	1	560	13	29	8	126V	86	0.337
4	424	HOR	EA2X2X3/16	248	1	680	10	22	8	126V	86	0.256
15	1601	LEG	EA6X6X3/8	248	0	600	589	209	4	66V	152	1.375
15	1621	LEG	EA6X6X3/8	248	0	640	582	207	4	66V	152	1.362
15	1641	LEG	EA6X6X3/8	248	0	720	587	209	4	66V	152	1.375
15	1661	LEG	EA6X6X3/8	248	0	520	582	207	4	66V	152	1.362
15	1602 - 1603	XBR	EA3X3X1/4	248	1	660	38	41	8	141y	69	0.594
15	1604 - 1605	XBR	EA3X3X1/4	248	1	580	37	40	8	141y	69	0.580
15	1606	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	500	25	43	8	212v	31	1.387
15	1626	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	560	23	39	8	212v	31	1.258

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12: Resultados de los cálculos de las cargas a tensión y pernería para los miembros del panel #04 con el programa Ms Tower

RESULTADO CALCULO PROGRAMA TOWER NORMA EIA/TIA -222 F - TENSION										
Pn1	Members	Typ	Size	fy	nb	Case	P	f	F	f / F
4	401 - 403	LEG	EA4X4X1/4	248	16	720	94	110	273	0.403
4	421 - 423	LEG	EA4X4X1/4	248	16	540	94	110	273	0.403
4	441 - 443	LEG	EA4X4X1/4	248	16	600	97	114	273	0.418
4	461 - 463	LEG	EA4X4X1/4	248	16	660	92	108	273	0.396
4	405	BRC	EA2X2X3/16	248	1	560	18	63	273	0.231
4	406	BRC	EA2X2X3/16	248	1	680	19	67	273	0.245
4	404	HOR	EA2X2X3/16	248	1	560	13	48	273	0.176
4	424	HOR	EA2X2X3/16	248	1	600	10	36	273	0.132
15	1601	LEG	EA6X6X3/8	248	0	720	523	186	198	0.939
15	1621	LEG	EA6X6X3/8	248	0	520	518	184	198	0.929
15	1641	LEG	EA6X6X3/8	248	0	600	525	187	198	0.944
15	1661	LEG	EA6X6X3/8	248	0	640	519	184	198	0.929
15	1602 - 1603	XBR	EA3X3X1/4	248	1	540	34	37	198	0.187
15	1604 - 1605	XBR	EA3X3X1/4	248	1	700	33	36	198	0.182
15	1606	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	620	29	78	273	0.286
15	1626	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	680	26	71	273	0.260

RESULTADO CALCULO PROGRAMA TOWER NORMA EIA/TIA -222 F - PERNOS										
Pn1	Members	Typ	Size	fy	Case	P	Grade	Type	Cap	P/Cap
4	401 - 403	LEG	EA4X4X1/4	248	600	112	A325	2S	1053	0.106
4	421 - 423	LEG	EA4X4X1/4	248	660	113	A325	2S	1053	0.107
4	441 - 443	LEG	EA4X4X1/4	248	720	109	A325	2S	1053	0.104
4	461 - 463	LEG	EA4X4X1/4	248	540	102	A325	2S	1053	0.097
4	405	BRC	EA2X2X3/16	248	560	18	A325	1S	33	0.545
4	406	BRC	EA2X2X3/16	248	660	19	A325	1S	33	0.576
4	404	HOR	EA2X2X3/16	248	560	13	A325	1S	33	0.394
4	424	HOR	EA2X2X3/16	248	600	10	A325	1S	33	0.303
13	1401	LEG	EA6X6X3/8	248	600	486	A325	2S	1895	0.256
13	1421	LEG	EA6X6X3/8	248	640	481	A325	2S	1895	0.254
13	1441	LEG	EA6X6X3/8	248	720	485	A325	2S	1895	0.256
13	1461	LEG	EA6X6X3/8	248	520	480	A325	2S	1895	0.253
13	1402 - 1403	XBR	EA3X3X1/4	248	660	35	A325	1S	33	1.061
13	1404 - 1405	XBR	EA3X3X1/4	248	580	34	A325	1S	33	1.030

Fuente: Elaboración propia.

R2: Análisis de los beneficios en resistencia que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

Resistencia

Torre Autosoportada Triangular H=60m – Estación Site Pagoreni B

De acuerdo a la evaluación estructural de la torre, se verificó lo siguiente:

La estructura efectuada en esta evaluación resiste las cargas de diseño (velocidad de viento de 80 kph) indicadas según las normas definidas y requeridas por los operadores.

Tabla N° 13: Cuadro de resumen de las ratios de los perfiles metálicos

RESULTADO CÁLCULO PROGRAMA TOWER NORMA EIA/TIA -222 F						
VELOCIDAD DE SUPERVIVENCIA 80 km/h - Ratio Esfuerzo < 90%						
PANELES	MONTANTE	RATIO	CONDICIÓN	DIAGONALES	RATIO	CONDICIÓN
1	L3 x 3 x 1/4"	0.40%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	70.20%	CUMPLE
2	L3 x 3 x 1/4"	6.20%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	79.00%	CUMPLE
3	L3 x 3 x 1/4"	53.00%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	70.20%	CUMPLE
4	L4 x 4 x 1/4"	54.70%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	79.00%	CUMPLE
5	L4 x 4 x 5/16"	65.70%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	89.50%	CUMPLE
6	L4 x 3/8"+ 4 x 1/4"	48.10%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	85.20%	CUMPLE
7	L4 x 3/8"+ 4 x 3/8"	37.70%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	102.10 %	NO CUMPLE
8	L4 x 3/8"+ 4 x 3/8"	30.80%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	140.70 %	NO CUMPLE
9	L5 x 3/8"+ 4 x 3/8"	44.30%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	48.30%	CUMPLE
12	L5 x 3/8"+ 4 x 1/2"	55.30%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	32.00%	CUMPLE
13	L6 x 6 x 3/8"	113.50 %	NO CUMPLE	Pernos 5/8"	111.50 %	NO CUMPLE

14	L6 x 6 x 3/8"	125.50 %	NO CUMPLE	Pernos 5/8"	114.50 %	NO CUMPLE
15	L6 x 6 x 3/8"	137.40 %	NO CUMPLE	Pernos 5/8"	121.10 %	NO CUMPLE
16	L6 x 6 x 3/8"	135.90 %	NO CUMPLE	Pernos 5/8"	114.50 %	NO CUMPLE
17	L6 x 6 x 3/8"	125.00 %	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	88.30%	CUMPLE
18	L6 x 6 x 3/8"	130.20 %	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	36.00%	CUMPLE
19	L6 x 6 x 3/8"	125.40 %	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	50.50%	CUMPLE
20	L6 x 6 x 1/2"	97.10%	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	19.90%	CUMPLE
21	L6 x 6 x 1/2"	96.80%	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	47.30%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del cuadro de resumen, nos dice que, al haber aplicado el método ASD, los paneles de la torre autoportada cuadrada de telecomunicaciones deberían presentar ratios de esfuerzos menores al 90% en toda la estructura, pero los montantes 13-21, y los diagonales 7-8 y 13-16 se encuentran fuera del rango y, por ende, falla la estructura por resistencia.

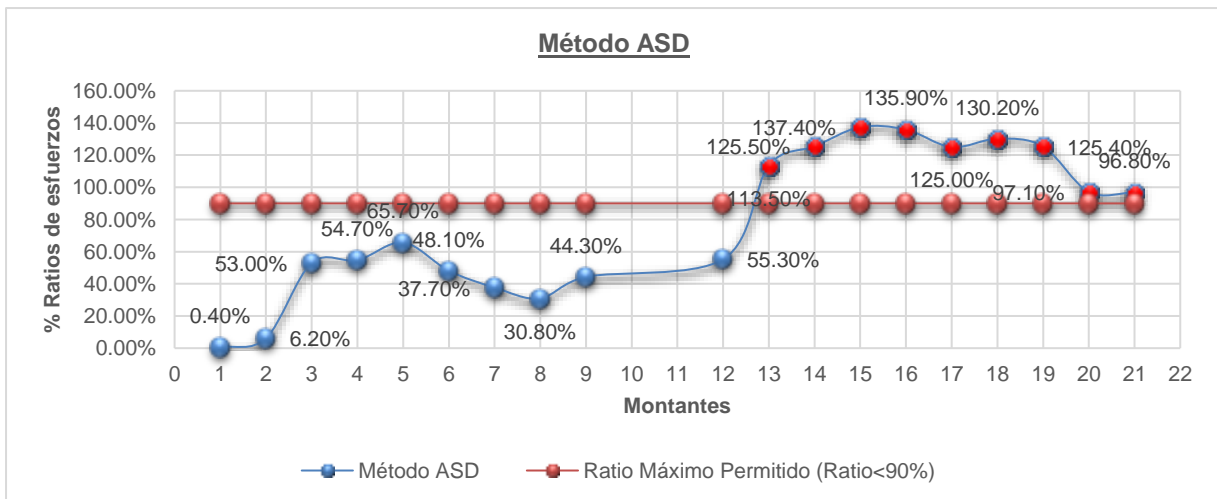


Figura 11: Comportamiento de los límites de ratios de esfuerzos de los montantes según el método ASD - Norma ANSI TIA 222F

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este gráfico, hace referencia al porcentaje de capacidad permisible que poseen los paneles montantes según el método ASD, los cuales éstos tienen una resistencia admisible menor al 90% que todos los elementos pueden soportar, a excepción de los montantes 13-21.

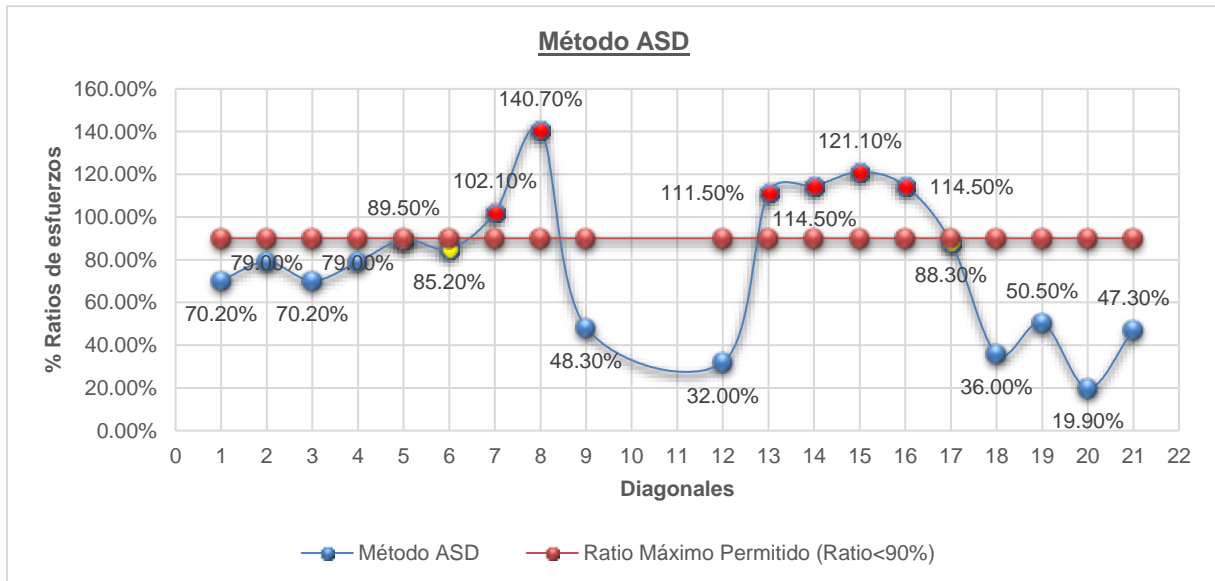


Figura 12: Comportamiento de los límites de ratios de esfuerzos de las diagonales según el método ASD - Norma ANSI TIA 222F

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del gráfico adjunto, infiere el porcentaje de capacidad permisible que tienen los paneles diagonales según el método ASD, los cuales éstos tienen una resistencia admisible menor al 90% que todos los elementos pueden soportar, excepto los montantes 7-8 y 13-16.

Torre Ventada Triangular H=30m de la Estación Site Pampas

De acuerdo a la evaluación estructural de la torre, se verificó lo siguiente:

La estructura efectuada en esta evaluación resiste las cargas de diseño (velocidad de viento de 120 kph) indicadas según las normas definidas y requeridas por los operadores.

Tabla N° 14: Cuadro de resumen de las ratios de los perfiles metálicos principales con una velocidad de supervivencia de 120 Km/hr según el método ASD - Norma ANSI/TIA 222F

RESULTADO CÁLCULO PROGRAMA TOWER NORMA EIA/TIA -222 F						
VELOCIDAD DE SUPERVIVENCIA 120 km/h - Ratio Esfuerzo < 90%						
PANELES	MONTANTE	RATIO	CONDICIÓN	DIAGONALES	RATIO	CONDICIÓN
1	L3 x 3 x 1/4"	0.40%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	2.60%	CUMPLE
2	L3 x 3 x 1/4"	5.60%	CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	7.70%	CUMPLE
3	L3 x 3 x 1/4"	51.70%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	66.40%	CUMPLE
4	L4 x 4 x 1/4"	52.30%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	75.00%	CUMPLE
5	L4 x 4 x 5/16"	61.60%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	97.50%	NO CUMPLE
6	L4 x 3/8"+ 4 x 1/4"	44.60%	CUMPLE	L2 x 2 x 3/16"	83.70%	CUMPLE
7	L4 x 3/8"+ 4 x 3/8"	35.10%	CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	83.40%	CUMPLE
8	L4 x 3/8"+ 4 x 3/8"	36.10%	CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	138.70%	NO CUMPLE
9	L5 x 3/8"+ 4 x 3/8"	40.70%	CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	33.70%	CUMPLE
10	L5 x 3/8"+ 4 x 1/2"	40.60%	CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	26.70%	CUMPLE
11	L5 x 3/8"+ 4 x 1/2"	45.40%	CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	28.20%	CUMPLE
12	L5 x 3/8"+ 4 x 1/2"	50.80%	CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	28.90%	CUMPLE
13	L6 x 6 x 3/8"	105.50%	NO CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	46.90%	CUMPLE
14	L6 x 6 x 3/8"	116.70%	NO CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	47.40%	CUMPLE
15	L6 x 6 x 3/8"	127.80%	NO CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	50.30%	CUMPLE
16	L6 x 6 x 3/8"	124.80%	NO CUMPLE	L3 x 3 x 1/4"	41.50%	CUMPLE
17	L6 x 6 x 3/8"	114.70%	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	81.50%	CUMPLE
18	L6 x 6 x 3/8"	119.50%	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	34.10%	CUMPLE
19	L6 x 6 x 3/8"	115.20%	NO CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	47.90%	CUMPLE
20	L6 x 6 x 1/2"	89.50%	CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	20.40%	CUMPLE
21	L6 x 6 x 1/2"	89.40%	CUMPLE	L2.5 x 2.5 x 3/16"	45.00%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del cuadro de resumen, nos dice que, al haber aplicado el método ASD, los paneles de la torre autoportada cuadrada de telecomunicaciones presentan ratios de trabajo menores al 90% en toda la estructura y está dentro del rango establecido, excepto en los montantes 13-19 y los diagonales 5 y 8 de los paneles que se encuentra fuera del rango y, por ende, falla la estructura por resistencia.

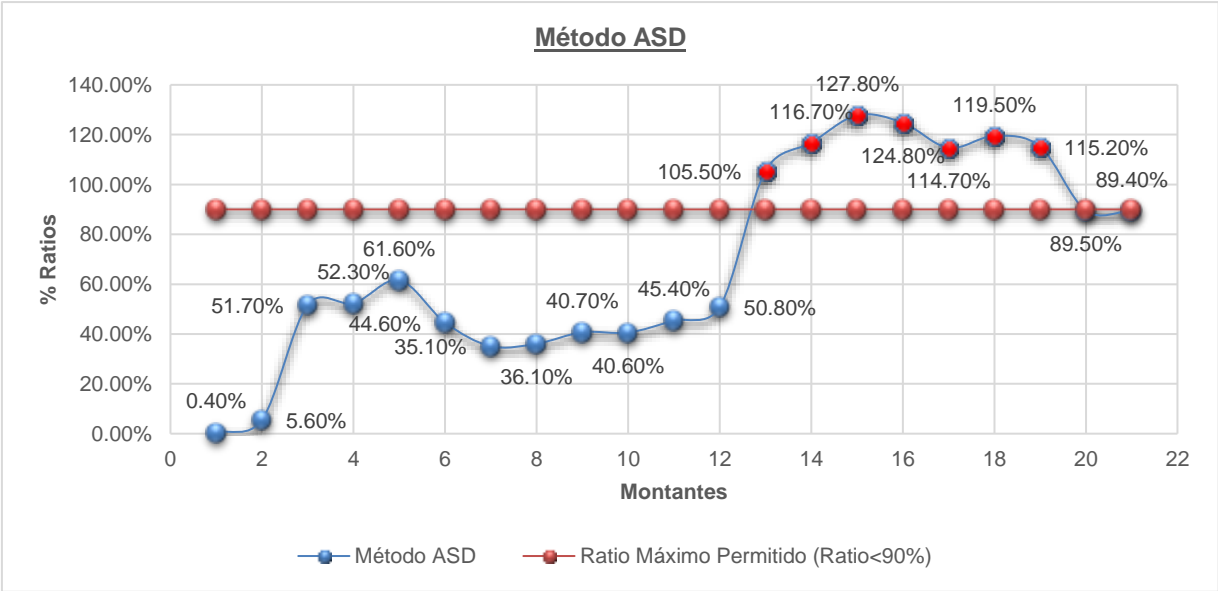


Figura 13: Comportamiento de los límites de ratios de esfuerzos de los montantes según el método ASD - Norma ANSI TIA 222F.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este gráfico, hace referencia al porcentaje de capacidad permisible que poseen los paneles montantes según el método ASD, los cuales éstos tienen una resistencia admisible de 90% de lo que pueden soportar, a excepción de los montantes 13-19.

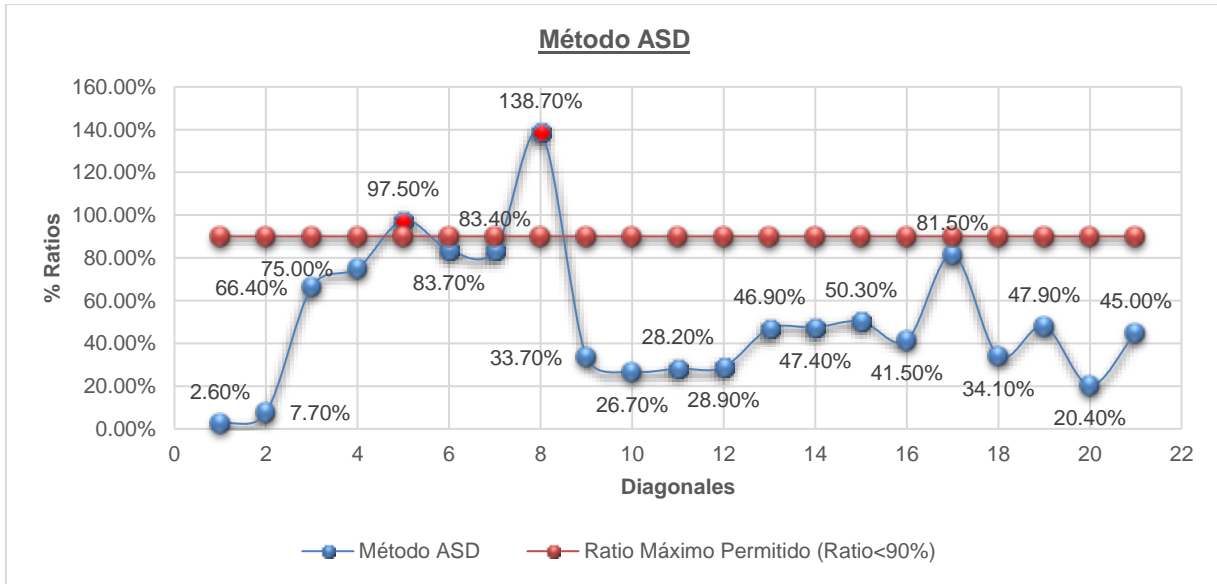


Figura 14: Comportamiento de los límites de ratios de esfuerzos de las diagonales según el método ASD - Norma ANSI TIA 222F

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del gráfico adjunto, infiere el porcentaje de capacidad permisible que tienen los paneles diagonales según el método ASD, los cuales éstos tienen una resistencia admisible menor al 90% de lo que pueden soportar, a excepción de las diagonales 5 y 8.

Soporte

Torre Autosoportada Triangular H=60m – Estación Site Pagoreni B

La verificación de los esfuerzos en la estructura se realiza de acuerdo a la norma TIA/EIA-222-F y bajo condiciones de velocidad de viento de 80 kph.

Para obtener el máximo desplazamiento en la torre, se utilizará la siguiente fórmula:

$$(\Delta \max)^2 = (trans - x)^2 + (trans - y)^2$$

Con el programa Ms, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 13: Máximos desplazamientos para V=70 Km/hr (en metros) por el método ASD

NODE DISPLACEMENTS - NODE 1							
CASE	trans-x (m)	trans-y (m)	trans-z (m)	rot-x (rad)	rot-y (rad)	rot-z (rad)	Δ max (m)
500	-0.6442	0.0023	0.0080	-0.0002	-0.0175	-0.0010	0.6442
520	-0.5708	-0.3288	0.0010	0.0088	-0.0153	-0.0025	0.6587
540	-0.3125	-0.5529	-0.0073	0.0150	-0.0083	-0.0033	0.6351
560	0.0015	-0.5867	-0.0134	0.0161	0.0003	-0.0032	0.5867
580	0.3166	-0.5472	-0.0180	0.0149	0.0089	-0.0021	0.6322
600	0.5804	-0.3313	-0.0188	0.0090	0.0160	-0.0006	0.6683
620	0.6498	-0.0027	-0.0144	0.0001	0.0180	0.0011	0.6498
640	0.5770	0.3287	-0.0074	-0.0089	0.0158	0.0025	0.6641
660	0.3192	0.5518	0.0008	-0.0151	0.0089	0.0034	0.6375
680	0.0041	0.5863	0.0069	0.0162	0.0003	0.0032	0.5863
700	-0.3110	0.5471	0.0116	-0.0150	-0.0083	0.0021	0.6293
720	-0.5749	0.3311	0.0124	-0.0091	-0.0155	0.0007	0.6634
							0.6683

Fuente: Elaboración propia

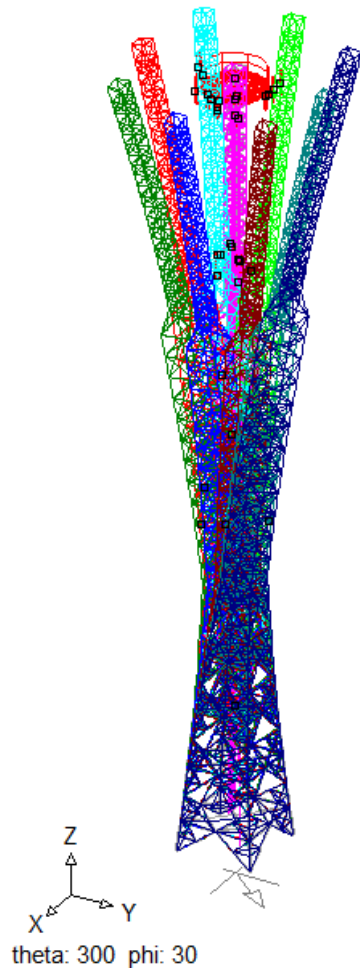
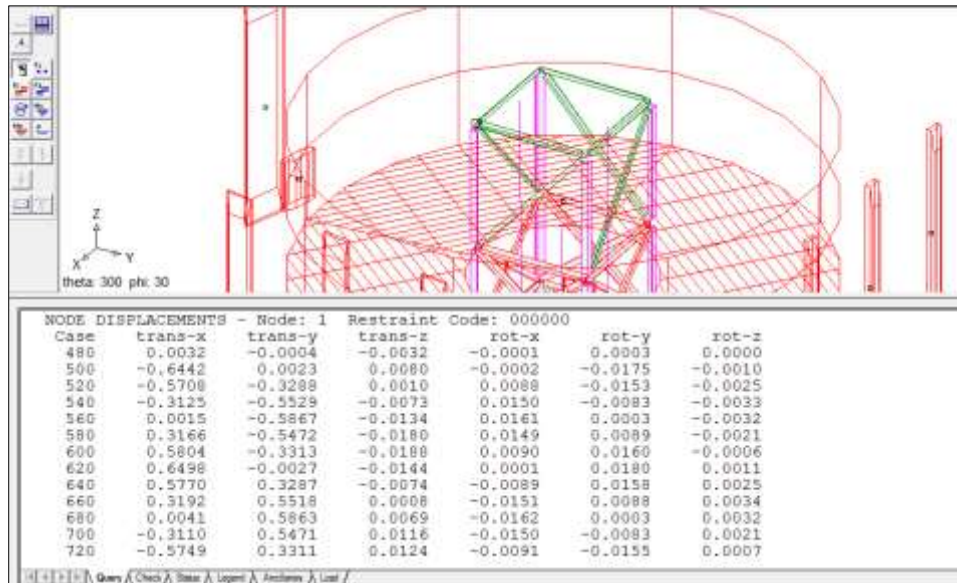
Por lo tanto, tomaremos el máximo valor de desplazamiento: Δ_{max} (des) = 668.300 mm.

Para calcular el máximo ángulo de deflexión, se utilizó la siguiente fórmula:

$$q_{max} = \frac{180}{\pi} \arctang\left(\frac{\Delta_{max}}{H}\right)$$

Dónde H (altura de la torre) = 60.00 m.

Reemplazando tenemos: $\Delta_{\max} (\text{def}) = 0.535^\circ$, $q_{\max} (\text{rot}) = 0.195^\circ$



Torre Ventada Triangular H=30m – Estación Site Pampas

La verificación de los esfuerzos en la estructura se realiza de acuerdo a la norma TIA/EIA-222-F y bajo condiciones de velocidad de viento de 120 kph.

Para obtener el máximo desplazamiento en la torre, se utilizará la siguiente fórmula:

$$(\Delta \max)^2 = (\text{trans} - x)^2 + (\text{trans} - y)^2$$

Con el programa Ms, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 14: Máximos desplazamientos para V=90 Km/hr (en metros) por el método ASD.

NODE DISPLACEMENTS - NODE 1							
CASE	trans-x (m)	trans-y (m)	trans-z (m)	rot-x (rad)	rot-y (rad)	rot-z (rad)	$\Delta \max$ (m)
500	0.0033	-0.0005	-0.0029	-0.0002	-0.0003	0.0000	0.0033
510	-0.3535	0.0029	-0.0092	-0.0008	-0.0019	-0.0006	0.3535
520	-0.3187	-0.1879	-0.0053	0.0007	-0.0012	-0.0015	0.3700
530	-0.1790	-0.3193	-0.0006	0.0020	-0.0002	-0.0020	0.3661
540	0.0039	-0.3338	0.0029	0.0027	0.0010	-0.0018	0.3338
550	0.1871	-0.3136	0.0056	0.0026	0.0020	-0.0013	0.3652
560	0.3332	-0.1913	0.0060	0.0018	0.0025	-0.0013	0.3842
570	0.3599	-0.0032	0.0033	0.0018	0.0025	0.0007	0.3599
580	0.3255	0.1865	-0.0006	0.0018	0.0025	0.0016	0.3751
590	0.1852	0.3188	-0.0006	0.0018	0.0025	0.0021	0.3687
600	0.0024	0.3335	-0.0006	0.0018	0.0025	0.0019	0.3335
610	-0.1809	0.3133	-0.0006	0.0018	0.0025	0.0014	0.3618
620	-0.3271	0.1909	-0.0006	0.0018	0.0025	0.0005	0.3787
							0.3842

Fuente: Elaboración propia.

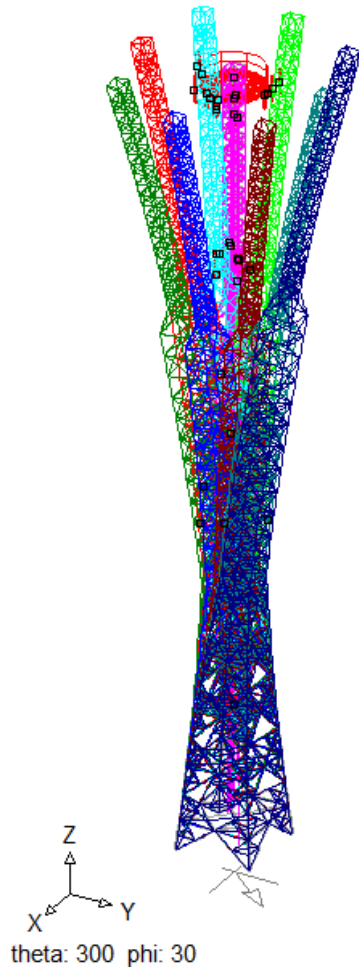
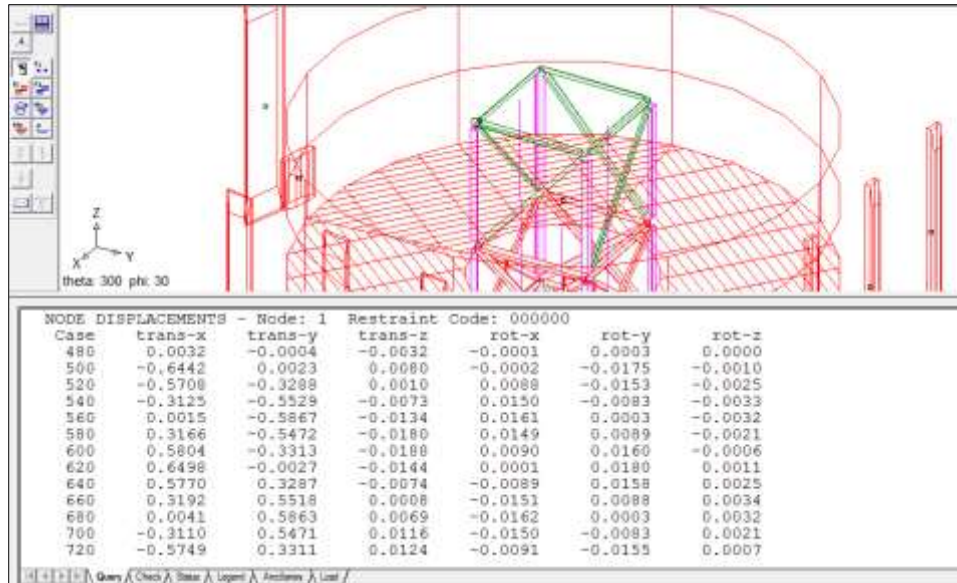
Por lo tanto, tomaremos el máximo valor de desplazamiento: Δ_{\max} (des) = 384.200 mm.

Para calcular el máximo ángulo de deflexión, se utilizó la siguiente fórmula:

$$q_{\max} = \frac{180}{\pi} \arctang\left(\frac{\Delta \max}{H}\right)$$

Donde H (altura de la torre) = 30.00 m.

Reemplazando tenemos: Δ_{\max} (def) = 0.315°, q_{\max} (rot) = 0.092°



R2: Análisis de los beneficios en soporte que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

Torre Autoportada Triangular H=60m – Estación Site Pagoreni B

De acuerdo a la evaluación estructural de la torre por el método ASD, se verificó lo siguiente:

La estructura muestra deflexiones máximas menores contrastadas con las deflexiones permisibles de 0.75° , con respecto al giro torsional máximo es menor que 0.35° proporcionadas por los operadores, tanteadas en la cima de la estructura para una velocidad de viento de 70 kph (Velocidad de operación). Además, teniendo una torre autoportada de H=60.00m, sus desplazamientos deben ser menores que $\Delta=1.5\%*H=0.900m$.

Tabla 15: *Determinación de desplazamiento, deflexión y torsión aplicando con el método ASD para una velocidad de operación de 70 Km/h*

VELOCIDAD DE OPERACIÓN 70 km/h				
VELOCIDAD	DESPLAZAMIENTO	DEFLEXIÓN	TORSIÓN	CONDICIÓN
70 Km/h	668.30 mm < 1.5% H	0.535° < 0.75°	0.195° < 0.35°	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con el método ASD, la torre autoportada triangular de telecomunicaciones con una velocidad de operación de 70 Km/h ha determinado un desplazamiento máximo de 668.30 mm, así como su deflexión de 0.535° y una torsión de 0.1948° , lo cuales están dentro del rango.

Torre Ventada Triangular H=30m – Estación Site Pampas

De acuerdo a la evaluación estructural de la torre por el método ASD, se verificó lo siguiente:

La estructura muestra deflexiones máximas menores contrastadas con las deflexiones permisibles de 0.75° , con respecto al giro torsional máximo es menor

que 0.35° proporcionadas por los operadores, tanteadas en la cima de la estructura para una velocidad de viento de 90 kph (Velocidad de operación). Además, teniendo una torre autosoportada de $H=30.00\text{m}$, sus desplazamientos deben ser menores que $\Delta=1.5\%*H=0.450\text{m}$.

Tabla 16: *Determinación de desplazamiento, deflexión y torsión aplicando con el método ASD para una velocidad de operación de 90 Km/h*

VELOCIDAD DE OPERACIÓN 70 km/h				
VELOCIDAD	DESPLAZAMIENTO	DEFLEXIÓN	TORSIÓN	CONDICIÓN
90 Km/h	384.20 mm < 1.5% H	0.315° < 0.75°	0.092° < 0.35°	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con el método ASD, la torre ventada triangular de telecomunicaciones con una velocidad de operación de 90 Km/h ha determinado un desplazamiento máximo de 384.20 mm, así como su deflexión de 0.315° y una torsión de 0.092° , lo cuales están dentro del rango.

O3: Determinación de los beneficios en costos que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

Costos

Tabla N° 15: Cuadro de resumen sobre la comparación de costos y presupuestos de los perfiles metálicos de la estructura de la torre de celosía estándar y reforzada con el método de análisis ASD (ANSI/TIA-222F)

CUADRO DE COMPARACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTOS – ESTUDIO DE TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H=60m – ESTACIÓN SITE PAGORENI B				
TORRE DE CELOSÍA REFORZADA - ANSI/TIA 222F				
DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
MATERIALES	Kg	4,736.26	8.23	38,979.42
INTALACIÓN	Kg	4,736.26	4.27	20,223.83
PINTADO	m2	123.77	42.59	5,271.36
MONTO TOTAL (S/.)				64,474.61
CUADRO DE COMPARACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTOS – ESTUDIO DE TORRE VENTADA TRIANGULAR H=30m – ESTACIÓN SITE PAMPAS				
TORRE DE CELOSÍA ESTÁNDAR - ANSI/TIA 222F				
DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
MATERIALES	Kg	1,618.78	8.23	13,322.56
INTALACIÓN	Kg	1,618.78	4.27	6,912.19
PINTADO	m2	53.79	42.59	2,290.92
MONTO TOTAL (S/.)				22,525.67
DIFERENCIA DE MONTO PARA TORRE DE CELOSÍA DE TELECOMUNICACIÓN (S/.)				41,948.95

Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo 06: Metrado, costos y presupuestos para torre de celosía de telecomunicación)

OG: Determinación de los beneficios que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

El análisis y revisión estructural de dichas torres se generarán con el apoyo del software de diseño Ms Tower, manejando los procedimientos de diseño ASD con el objetivo de contrastar las deducciones de diseño por límite de resistencias, deflexiones y torsiones.

A continuación, le mostraremos los resultados más concretos y concisos mediante cuadros de resumen que se obtuvieron por el método de análisis ASD para las dos torres de telecomunicaciones.

Resultados conseguidos con el procedimiento ASD.

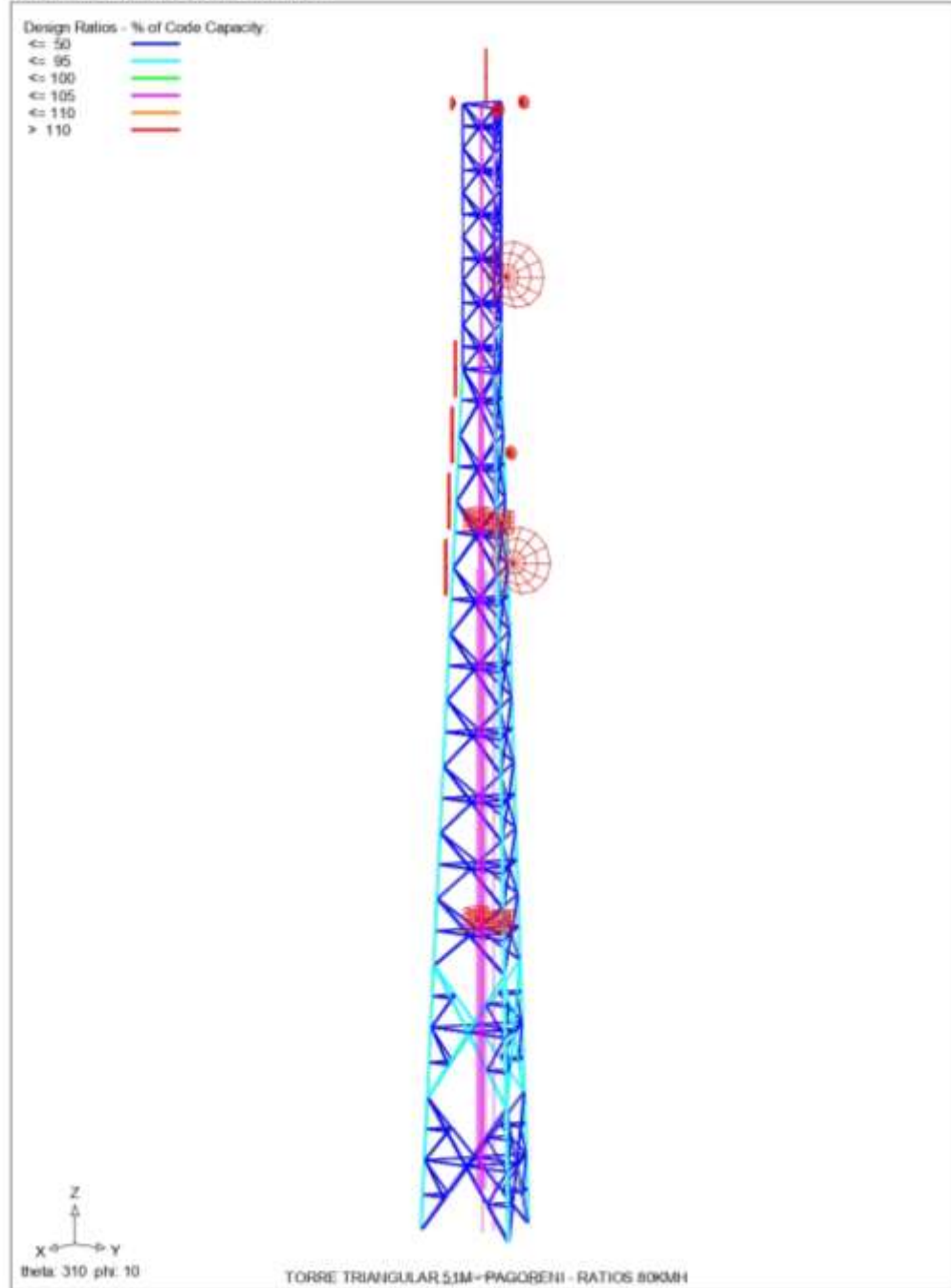
Se ejecutaron 2 modelamientos de diseño empleando los métodos ASD y LRFD con combinaciones de cargas y tomando como referencia las normas ANSI/TIA-222F y ANSI/TIA-222G de la siguiente manera:

1. MODELAMIENTO 01: Diseño con ASD y las cargas según la norma ANSI/TIA-222F para la Torre Autosoportada Triangular H=60m de la Estación Site Pagoreni B (Cusco).
2. MODELAMIENTO 02: Diseño con ASD y las cargas según la norma ANSI/TIA-222F para la Torre Ventada Triangular H=30m de la Estación Site Pampas (Huancavelica).

Percibiendo los dos diagramas de elementos fallados de diferentes torres, logramos distinguir la gran diferencia que consta entre los MODELAMIENTOS 1 y 2 correspondientes en sí de cada uno, es decir, para el método ASD toma como referencia la norma ANSI/TIA-222F y también la teoría elástica y plástica del acero. Esto nos revela que el método ASD presenta el valor del límite plástico y toma como máximo el 90% del esfuerzo de fluencia del acero antes de llegar al estado de la rótula en los elementos estructurales de la torre.

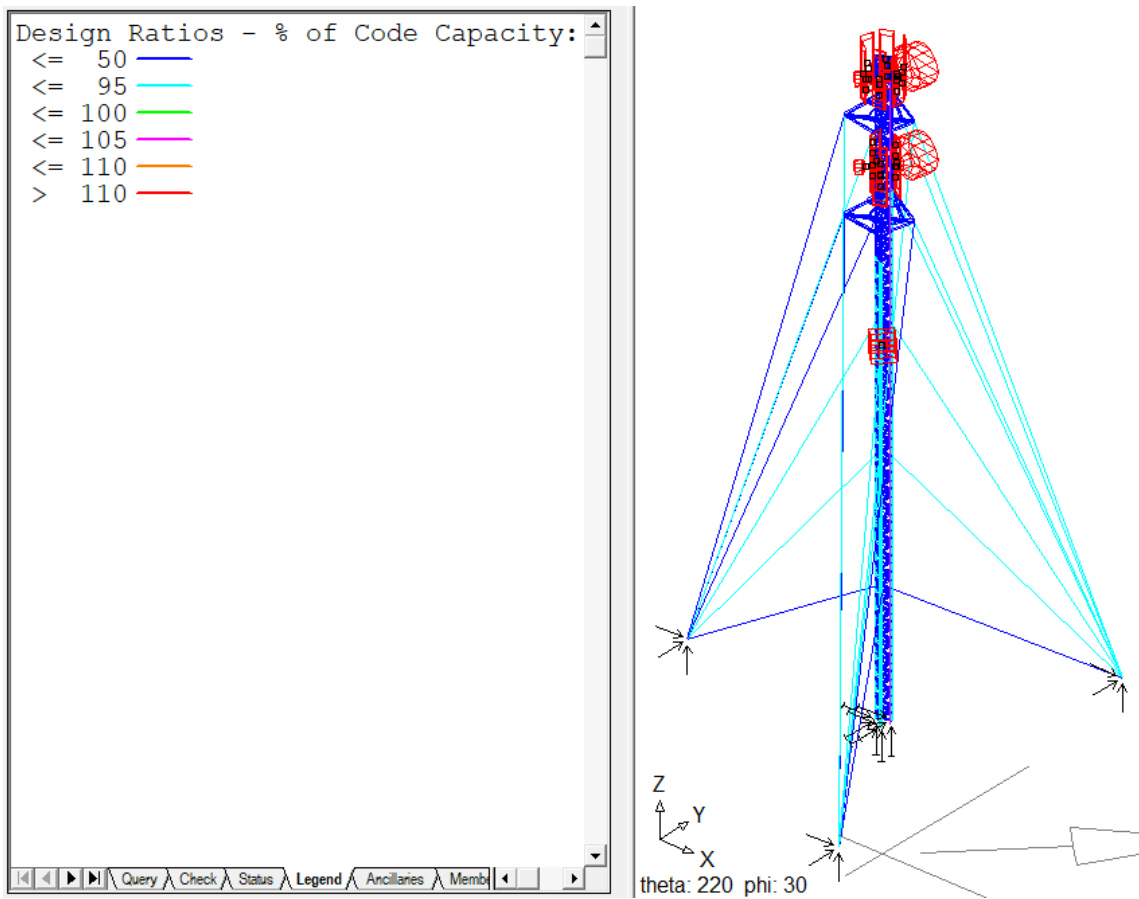
Para comprobar con más exactitud el porcentaje de variación entre los 2 modelamientos de diseño se muestra en la tabla #01 una estadística de la comparación estructural de la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones con los otros procedimientos de diseño ya mencionados anteriormente y el diagrama de elementos fallados.

Tabla N° 17: Diagrama de miembros fallados con los dos procedimientos de diseño.



D:\MS\G28\BANC\PROYECTOS\TELCO\PLUS PETROL\TAT 51M - 80KM\MS TOWER\TAT 51M - 80KM - TIA EIA 222-F - PAGORENI

MODELAMIENTO 01: Método ASD de la la norma ANSI/TIA-222F para la Torre Autosoportada Triangular H=60m de la Estación Site Pagoreni B - Cusco (Fuente: Elaboración propia.)



MODELAMIENTO 2: Método LRFD la Torre Ventada Triangular
H=30m de la Estación Site Pampas - Huancavelica (Fuente:
Elaboración propia.)

Tabla N° 16: Porcentajes de variación de diseño.

ESTADÍSTICAS DE DISEÑO PARA MODELAMIENTO 1: TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H=60m – ESTACIÓN SITE PAGORENI B		
A	Total de elementos estructurales =	870
B	Total de elementos fallados =	52
C	Elementos fallados por relación de esbeltez KL/r =	112
D	Elementos fallados por límite de fractura =	93
E	Porcentaje de falla estructural total =	5.98%
F	Porcentaje de falla estructural por esbeltez (C/A) =	12.87%
G	Porcentaje de falla estructural por fractura (D/A) =	10.69%

Fuente: Elaboración propia

ESTADÍSTICAS DE DISEÑO PARA MODELAMIENTO 2: TORRE VENTADA TRIANGULAR H=30m – ESTACIÓN SITE PAMPAS		
A	Total de elementos estructurales =	870
B	Total de elementos fallados =	32
C	Elementos fallados por relación de esbeltez KL/r =	112
D	Elementos fallados por límite de fractura =	107
E	Porcentaje de falla estructural total =	3.68%
F	Porcentaje de falla estructural por esbeltez (C/A) =	12.87%
G	Porcentaje de falla estructural por fractura (D/A) =	12.30%

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los estados límites de servicio, no existe una variación alguna debido a que ambos utilizan la misma velocidad de operación para determinar desplazamientos, deflexiones y giros torsionales que toman como referencia la zona en el cual se localiza la torre y según el requisito de la compañía ENTELCON, a no ser que el mapa eólico señale una mayor velocidad del viento de diseño por resistencia y la velocidad de operación.

RG: Análisis de los beneficios que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación.

Recordando que la evaluación estructural de la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones es el análisis convencional donde se determina las capacidades de resistencias por cada panel metálico estructural y el soporte límite de deformaciones y giros, para luego estimar el presupuesto de las torres tanto a nivel

correctivo como preventivo de toda la estructura; además, se ha realizado esta evaluación mediante el método convencional de diseño, tal como el método ASD (Método de Tensiones Admisibles), aplicado con el Ms Excel para realizar cálculos manuales y comprobado con el software de diseño Ms Tower para realizar todos los cálculos con ambos métodos según los parámetros normativos establecidos de ANSI/TIA-222F.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Discusión 1

De acuerdo al objetivo 01 (Materiales, estructura y suministro opcional), los resultados mostrados en la Torre Autosoportada Triangular H=60m de la Estación Site Pagoreni B se llevó a cabo los siguientes materiales, tales como el concreto estructural ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$, $E_c=217371\text{Kg/cm}^2$ y $\gamma_c=2400\text{Kg/m}^3$), el acero de refuerzo ($f_y=4200\text{Kg/cm}^2$) y el recubrimiento libre mínimo ($r_{\text{zap}}=7.50\text{cm}$ y $r_{\text{ped}}=5.00\text{cm}$), así como la siguiente estructura, tales como las condiciones del suelo de fundación ($\gamma_{rn}=1600\text{Kg/m}^3$, $\gamma_{ri}=1900\text{Kg/m}^3$ y $\mu = 0.45$) y las sobrecargas ($S/C=200\text{Kg/cm}^2$ y Cemento Tipo I). Mientras que los resultados mostrados en la Torre Ventada Triangular H=30m de la Estación Site Pampas se llevó a cabo los siguientes materiales, tales como el concreto armado en zapatas y pedestales ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$, $E_c=217371\text{Kg/cm}^2$ y $\gamma_c=2400\text{Kg/m}^3$), y el acero ASTM A615 Gr 60 ($f_y=4200\text{Kg/cm}^2$, $F_u=6350$ y $E_s=2040000\text{kg/cm}^2$), así como la siguiente estructura, tales como las condiciones del suelo de fundación (Suelo tipo GP, $p_s=1.8\text{Ton/m}^3$ y $q_{adm}=1.76\text{kg/cm}^2$).

Al respecto (Braja, 2006, p.259), citado como antecedente nacional de transcendencia internacional, sostiene que, al elegir qué torre de telecomunicaciones se adaptará mejor a su proyecto, es importante tener en cuenta una serie de factores, incluidos el diseño, la altura de la torre, la ubicación (entorno) y el peso; identificar el diseño de torre de telecomunicaciones más eficiente puede ser un desafío, pero KMB se compromete a ayudarlo a seleccionar el estilo adecuado para su proyecto y satisfacer las crecientes demandas de conectividad. Somos un proveedor líder de servicios de refuerzo y modificación de torres de diseño y construcción, y miembro de NATE.

Como se puede observar, los resultados son semejantes con los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye manifestando que el objetivo fue logrado, ya que se ha utilizado un solo métodos, tal como es el método ASD (Método

de Diseño por Tensiones Admisibles) para las dos torres de telecomunicaciones de acuerdo a sus ubicaciones, para determinar la variación de las cargas axiales por compresión y tensión con los cálculos manuales y comprobarlos con el uso del programa de diseño Ms Tower con el fin de facilitar enormemente el diseño.

Discusión 2

De acuerdo al objetivo 02 (Resistencia), los resultados mostrados según la tabla III-11 se analizó con el método ASD (Diseño por Tensiones Admisibles), lo cual la torre evaluada con una velocidad de supervivencia de 80 Km/h para el proyecto Pagoreni B falla debido a la baja resistencia estructural y no está dentro del rango establecido ($RATIO < 90\%$) en los elementos de los paneles 7-8 y 13-21 ubicados en el tramo recto inferior y el tramo troncocónico para soportar el peso de las antenas, accesorios y efectos del viento; mientras que en la tabla III-12 se determinó con el método ASD (Diseño por Tensiones Admisibles), donde los paneles metálicos de la estructura que fueron evaluadas con las mismas cargas de diseño y una velocidad de supervivencia de 120 Km/h para el proyecto Site Pampas no llegan a cumplir con los criterios de resistencia permitida ($RATIO < 90\%$) en los elementos situados en el tramo recto inferior y el tramo troncocónico (paneles 5, 8 y 13-19).

Al respecto (Silva, 2016, pág. 87), citado como antecedente nacional, sostiene que, aplicando con el método del ASD de la norma EIA/TIA-222F y comprobando con el programa Ms Tower, la torre en su estado actual con las cargas reales más las cargas futuras falla por resistencia estructural, lo cual sus montantes, diagonales y horizontales obtuvieron un ratio o una relación de esfuerzos en los elementos de la torre superior a 85% con una velocidad de diseño de viento de 100 Km/h por supervivencia según las normas y códigos vigentes. Al respecto (Betancourt, 2013), citado como antecedente internacional, sostiene que, Se concluye que el método de análisis estructural de torres autosoportadas tipo celosía para telecomunicaciones inalámbricas, manejando con el método de diseño ASD según la norma TIA/EIA-222F y códigos renovados, llevan a la capacidad de carga de un miembro hasta el valor máximo de rango de ruptura o relación máxima de esfuerzos al 90% del esfuerzo

límite de resistencia estructural.

Como se puede observar en el objetivo 2 (Resistencia), los resultados son semejantes con los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye manifestando que el objetivo fue logrado, ya que se ha utilizado los dos métodos, tal como es el método ASD (Método de Diseño por Tensiones Admisibles) para las dos torres de telecomunicaciones de acuerdo a sus ubicaciones, para determinar la variación de las cargas axiales por compresión y tensión con los cálculos manuales y comprobarlos con el uso del programa de diseño Ms Tower con el fin de facilitar enormemente el diseño.

De acuerdo al objetivo 02 (Soporte), los resultados mostrados según dichos objetivos son: En este caso, los estados límites de servicio por ser una torre de ENTELCON existente de $H=60.00\text{m}$ del proyecto Pagoreni B se está tomando como referencia la velocidad de operación del viento de 90 Km/h . Para nuestro caso, con el método de ASD, se obtuvieron un desplazamiento máximo de $\Delta=0.6683\text{m}$, una deflexión máxima de $\delta=0.5348^\circ$ y un giro torsional máximo de $\theta=0.1948^\circ$, de lo cual estos resultados se encuentran dentro de los valores permitidos, es decir su desplazamiento es menor que $\Delta=1.5\%H$, su deflexión es admisible de hasta $\delta=0.75^\circ$ y su giro torsional no es mayor que $\theta=0.35^\circ$, mientras con el método de ASD para el proyecto Site Pampas, representan los mismos resultados de desplazamientos, deflexiones y giros torsionales en toda la estructura, puesto que no existen ninguna diferencia debido a que se ha trabajado con la misma velocidad de operación y las mismas cargas de diseño para ambos modelamientos con sus respectivos métodos de diseño propiamente dichos.

Al respecto (Cotrina & Cotrina, 2016, pág. 130-136), citado como antecedente nacional, afirma que, con el método de ASD de la EIA/TIA-222F, las deformaciones son pequeñísimas y no complican estructuralmente a la torre, lo cual se consideraron los ángulos de deflexión mucho menores que 0.75° y los giros torsionales no superiores a 0.30° , aplicando con una velocidad de operación de 90 Km/h que hizo cumplir con los requisitos según los criterios y explicaciones actuales ya establecidos

anteriormente. Al respecto (Alay, 2016, pág. 111), citado como antecedente internacional, afirma que, con el método del ASD de la norma EIA/TIA-222F, las cargas sísmicas no provocan mayor afectación a diferencia de las cargas del viento, por lo que sus deformaciones fueron mínimas y las deflexiones de la torre resultaron ser como máximas el 1.5%H (altura de la torre) según los criterios y recopilaciones actuales, así como las ratios menores que $RATIO < 0.90$, los desplazamientos no mayores que $\Delta < 0.75$ y torsiones máximas hasta $\theta < 0.30^\circ$ para contrarrestar las fallas por resistencia, deflexión y torsión respectivamente.

Como se puede observar en el objetivo 02 (Soporte), los resultados son semejantes con los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye manifestando que el objetivo fue logrado, puesto que se ha utilizado los dos métodos, tales como el método ASD de la norma EIA/TIA-222-F (Método de Tensiones Admisibles) para las dos torres de telecomunicaciones de acuerdo a sus ubicaciones, para determinar los ratios, los ángulos de deflexión y los giros torsionales con los cálculos manuales y comprobarlos con el uso del programa de diseño Ms Tower con el fin de ahorrar tiempo en los cálculos fastidiosos e iterativos.

Discusión 3

De acuerdo al objetivo 03 (Costos), los resultados mostrados según dichos objetivos son: En el caso de los estados límites de servicio, no existe una variación alguna debido a que ambos utilizan la misma velocidad de operación para determinar desplazamientos, deflexiones y giros torsionales que toman como referencia la zona en el cual se localiza la torre y según el requisito de la compañía ENTELCON, a no ser que el mapa eólico señale una mayor velocidad del viento de diseño por resistencia y la velocidad de operación. Con respecto a los costos y presupuestos de los estudios de torres de telecomunicaciones, cubriendo los gastos en materiales, instalación y pintado, la Torre Autosoportada Triangular H=60m – Estación SITE PAGOENI B tiene un monto total de S/. 64,474.61, mientras que la Torre Ventada Triangular H=30m – Estación SITE PAMPAS tiene un monto total de S/. 22,525.67, determinando así una variación de monto de S/. 41,948.95.

Al respecto (Silva, 2016, p. 118), citado como antecedente nacional de trascendencia internacional, sostiene que el metrado es necesario para un proyecto con el fin de realizar una proyección de los costos y el presupuesto para la ejecución de éste, ya que cabe mencionar que las medidas que se presentan son referenciales debido a que se recomienda la toma de medidas en campo.

Como se puede observar en el objetivo 03 (Costos), los resultados son semejantes con los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye manifestando que el objetivo fue logrado, puesto que se ha utilizado un solo método, tal como el método ASD de la norma EIA/TIA-222-F (Método de Tensiones Admisibles) para las dos torres de telecomunicaciones de acuerdo a sus ubicaciones, para determinar los ratios, los ángulos de deflexión y los giros torsionales con los cálculos manuales y comprobarlos con el uso del programa de diseño Ms Tower con el fin de ahorrar tiempo en los cálculos fastidiosos e iterativos, por lo que también se realizó un metrado de las dos torres de telecomunicaciones y así estimar el costo de los dos presentes proyectos de estudio de dichas torres.

Discusión General

De acuerdo al objetivo general, los resultados mostrados según los objetivos son: De acuerdo a los datos en materiales, estructura y suministro opcional, se consideró el método ASD como el método más apropiado y factible para nuestro estudio, porque, con el método ASD para el proyecto Pagoreni B, se diseñó con una velocidad de viento por supervivencia de 80 Km/h y fallaron 11 paneles metálicos por resistencia (montantes 13-21 y diagonales 7-8), donde estos paneles no cumplen con el valor permitido ($RATIO < 90\%$), mientras que, con el método ASD para el proyecto Site Pampas, se diseñó con una velocidad de viento por supervivencia de 120 Km/h y fallaron solamente 8 paneles metálicos por (montantes 13-19 y diagonales 5 y 8), donde estos paneles están fuera del rango establecido ($RATIO < 90\%$), mientras que, con el reforzamiento de torre por el método ASD para el proyecto Pagoreni B, poseerá un ratio de esfuerzos menor a 72% en todos sus paneles y tendrá un costo de S/. 64,474.61, mientras que el reforzamiento de torre por el método ASD para el proyecto

Site Pampas tendrá un ratio de esfuerzos no mayor a 100% en todos sus paneles y costará alrededor de S/. 22,525.67, siendo estos métodos propiamente dichos que presentan una variación de 3 paneles fallados, casi un 28% de ratio de esfuerzos por resistencia en todos los paneles y una diferencia de monto de S/. 41,948.95 para el gasto de los materiales de reforzamiento en la torre. Además, con el método ASD para el proyecto Pagoreni B para una torre de H=60.00m, en comparación con el método ASD para el proyecto Site Pampas para una torre de H=30.00m, se diseñó con una misma velocidad de operación de 90 Km/h para ambos métodos, por lo que se han determinado los mismos resultados con un desplazamiento máximo de $\Delta=668.30$ mm, una deflexión máxima de $\delta=0.5348^\circ$ y una torsión máxima de $\theta=0.1948^\circ$; mientras que, con el reforzamiento de torre por el método ASD para el proyecto Pagoreni B, se diseñó con una velocidad de operación de 90 Km/h y se determinó un desplazamiento máximo de $\Delta=384.21$ mm, una deflexión de $\delta=0.3075^\circ$ y una torsión de $\theta=0.1203^\circ$, y con el reforzamiento de torre por el método ASD para el proyecto Site Pampas se ha diseñado con una velocidad de operación de 90 Km/h y se ha determinado un desplazamiento máximo de $\Delta=480.26$ mm, una deflexión de $\delta=0.3843^\circ$ y una torsión de $\theta=0.150^\circ$, por lo que al final ambos métodos con y sin reforzamiento cumplen con los requerimientos establecidos, por lo que sus desplazamientos no deben exceder de $\Delta=1.5\%H=1074$ mm, sus deflexiones son permisibles de hasta $\delta=0.75^\circ$ y sus torsiones no son mayores a $\theta=0.35^\circ$ respectivamente.

Al respecto (Cotrina & Cotrina, 2016, pág. 22), citado como antecedente nacional, sostiene que Según la evaluación de las torres de telecomunicaciones se analizaron con el método ASD de acuerdo a la norma ANSI/TIA-222F, donde se debe tomar como valores referenciales tales como topografía, importancia, categoría y clasificación, lo cual la norma ANSI/TIA-222F se desvaloriza por ser un diseño muy conservador. Además, (Silva, 2016, pág. 30), citado como otro antecedente nacional, formula que, El proyecto ha sido analizado con el método de Esfuerzos Admisibles (ASD) de la norma TIA-222F donde es un método conservador por solicitud del beneficiario del proyecto, sin embargo, se debe realizar el estudio con el método ASD

de lo que trabaja con los estados límites de esfuerzos de los materiales y su consideración con las cargas sísmicas.

Al respecto (Betancourt, 2013, pág. 42), citado como antecedente internacional, afirma que el método de análisis estructural de torres autosoportadas tipo celosía para telecomunicaciones inalámbricas se debe manejar con el método ASD de acuerdo a la norma TIA/EIA-222F, ya que es un código renovado que nos permite una confiabilidad más uniforme y a la vez un grado de incertidumbre a los factores de cargas de viento y sismo. Además, la norma TIA-222F compone solamente cargas de viento para su estudio, así como proporciona una estructura de mayor resistencia por las composiciones de cargas de viento con la finalidad de efectuar con exigencias sísmicas.

Como se puede observar en el objetivo general, los resultados son semejantes con los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye manifestando que el objetivo fue logrado, puesto que el método ASD nos resultó menos paneles metálicos que fallaron por resistencia en toda la estructura ($RATIO < 90\%$) y nos resultó más económico con respecto a los costos de los materiales para el reforzamiento de la torre, además en el método ASD resultaron los mismos desplazamientos, deflexiones y torsiones muchos menores y no comprometen a la falla estructural ($\Delta < 1.5\%H$, $\delta < 0.75^\circ$ y $\theta < 0.35^\circ$ respectivamente) debido a que se aplicaron en ambos modelamientos con una misma velocidad de operación de 90 Km/h, determinando así una variación de monto de S/. 41,948.95 para ambos estudios de torres de telecomunicaciones propiamente dichos.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.

Conclusión 1

Se concluyó que los resultados mostrados en la Torre Autosoportada Triangular H=60m de la Estación Site Pagoreni B se llevó a cabo los siguientes materiales, tales como el concreto estructural ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$, $E_c=217371\text{Kg/cm}^2$ y $\gamma_c=2400\text{Kg/m}^3$), el acero de refuerzo ($f_y=4200\text{Kg/cm}^2$) y el recubrimiento libre mínimo ($r\text{-zap}=7.50\text{cm}$ y $r\text{-ped}=5.00\text{cm}$), así como la siguiente estructura, tales como las condiciones del suelo de fundación ($\gamma_m=1600\text{Kg/m}^3$, $\gamma_{ri}=1900\text{Kg/m}^3$ y $\mu = 0.45$) y las sobrecargas ($S/C=200\text{Kg/cm}^2$ y Cemento Tipo I). Mientras que los resultados mostrados en la Torre Ventada Triangular H=30m de la Estación Site Pampas se llevó a cabo los siguientes materiales, tales como el concreto armado en zapatas y pedestales ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$, $E_c=217371\text{Kg/cm}^2$ y $\gamma_c=2400\text{Kg/m}^3$), y el acero ASTM A615 Gr 60 ($f_y=4200\text{Kg/cm}^2$, $F_u=6350$ y $E_s=2040000\text{kg/cm}^2$), así como la siguiente estructura, tales como las condiciones del suelo de fundación (Suelo tipo GP, $\rho_s=1.8\text{Ton/m}^3$ y $q_{adm}=1.76\text{kg/cm}^2$).

Conclusión 2

Se concluyó que la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones, con el método del ASD (Norma EIA/TIA-222F) para el proyecto Pagoreni B, se obtuvo que, aplicando una velocidad de diseño del viento por resistencia de 80 Km/h, los paneles metálicos de los montantes 13-21 y los diagonales 7-8 y 13-16 pernerías no cumplieron con los requerimientos permitidos ($\text{RATIO}<90\%$) y esto conduce a la falla por resistencia, mientras que, con el método del ASD (Norma EIA/TIA-222G) para el proyecto Site Pampas para una velocidad de diseño del viento por supervivencia de 120 Km/h, los paneles metálicos de los montantes 13-19 y los diagonales 5 y 8 están fuera de dicho rango establecido y comprometen a la falla estructural por resistencia ($\text{RATIO}<90\%$); por lo tanto, el método ASD presenta menores fallas en los elementos metálicos, luego de haberse aplicado los dos diferentes modelamientos para diferentes torres.

Además, se concluye que la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones de $H=71.60\text{m}$, tanto el método ASD (Norma EIA/TIA-222F) para el proyecto Pagoreni B como el método ASD (Norma EIA/TIA-222F) para el proyecto Site Pampas se obtuvo los mismos resultados con un desplazamiento máximo de $\Delta=0.6683\text{m}$, una deflexión máxima de $\delta=0.5348^\circ$ y un giro torsional de $\theta=0.1948^\circ$; por lo que ambos métodos cumplen con los requisitos permitidos, tales como un desplazamiento no mayor a $\Delta=1.5\%H$, una deflexión admisible de hasta $\delta=0.75^\circ$ y un giro torsional menor que $\theta=0.35^\circ$, lo cual esto nos indica que no existe ninguna diferencia entre sus estados límites de servicio entre ambos métodos mencionados, debido a que ambos modelamientos son aplicados con la misma velocidad de operación de 90 Km/h y sus cargas de diseño son las mismas que se adicionan en todos los elementos de la torre.

Conclusión 3

Se concluye que los resultados mostrados según dichos objetivos son: En el caso de los estados límites de servicio, no existe una variación alguna debido a que ambos utilizan la misma velocidad de operación para determinar desplazamientos, deflexiones y giros torsionales que toman como referencia la zona en el cual se localiza la torre y según el requisito de la compañía ENTELCON, a no ser que el mapa eólico señale una mayor velocidad del viento de diseño por resistencia y la velocidad de operación. Con respecto a los costos y presupuestos de los estudios de torres de telecomunicaciones, cubriendo los gastos en materiales, instalación y pintado, la Torre Autosoportada Triangular $H=60\text{m}$ – Estación SITE PAGOENI B tiene un monto total de S/. 64,474.61, mientras que la Torre Ventada Triangular $H=30\text{m}$ – Estación SITE PAMPAS tiene un monto total de S/. 22,525.67, determinando así una variación de monto de S/. 41,948.95.

Conclusión General

Se concluye que, de acuerdo a los datos en materiales, estructura y suministro opcional, el método ASD para el proyecto Pagoreni B, a diferencia del método ASD para el proyecto Site Pampas, es el más adecuado y factible para nuestro análisis,

puesto que el método ASD para el proyecto Pagoreni B recibió 15 fallas por resistencia en los paneles y conexiones (paneles 7-8 y 13-21) y (pernería 13-16) , en cambio, el método ASD para el proyecto Site Pampas, resultó simplemente 8 fallas por resistencia en los paneles (paneles 5 y 8 y 13-19), pero los demás paneles están dentro del rango permitido ($RATIO < 100\%$) y son aplicados para ambos métodos con una velocidad de diseño del viento por resistencia de 100 Km/h y de 121 Km/h respectivamente. Además, tanto el método ASD para el proyecto Pagoreni B como el método ASD para el proyecto Site Pampas se obtuvieron un desplazamiento de 668mm, una deflexión de 0.53075° y una torsión de 0.1948° debido a que se aplica una misma velocidad de operación de 90 Km/h y resulta los mismos resultados para ambos métodos, por lo que no generan ninguna diferencia entre sus estados límites de servicio para ambos modelamientos; mientras que aplicando con un reforzamiento estructural para toda la torre, uno por el método ASD para el proyecto Pagoreni B determinó un desplazamiento de 384.21 mm, una deflexión de 0.3075° y una torsión de 0.1203° , así como por el método ASD para el proyecto Site Pampas resultó un desplazamiento de 480.26 mm, una deflexión de 0.3843° y una torsión de 0.1504° ; por ende, ambos métodos diseñados con una velocidad de operación de 90 Km/h cumplen con los estándares establecidos, tales como un desplazamiento no mayor a $\Delta = 1.5\%H$, una deflexión admisible de hasta $\delta = 0.75^\circ$ y un giro torsional menor que $\theta = 0.35^\circ$, determinando así una variación de monto de S/. 41,948.95 para ambos estudios de torres de telecomunicaciones propiamente dichos.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.

Recomendación 1

Para el objetivo 1 (Materiales, estructura y suministro opcional), se recomienda que la altura total empieza desde el nivel de referencia del terreno hasta la parte superior del apoyo es de 50m. El apoyo viene a ser la base de la torre que está conformado por anclaje a la cimentación. El tramo superior, con una longitud de 5m, consiste en un prisma recto de anchura 1,5m. Poseen en forma de tronco piramidal. El tramo final concluye continuamente en una estructura de base de cuatro patas, además es necesario tomar en cuenta la radiofrecuencia como dato, ya que definirá la altura necesaria para que logre transmitir sus ondas electromagnéticas a otro receptor. Además, las características de los aceros A-36 y A-53 Grado B deberán ser las siguientes, tales como el Módulo de elasticidad transversal ($G=787,000 \text{ Kg/cm}^2$), el Coeficiente de Poisson ($\nu=0.30$), el Coeficiente de dilatación térmica = 0.000012 m/C , el límite elástico del acero A-53 grado B, el carbón y el mineral de hierro.

Recomendación 2

Para el objetivo 2 (Resistencia), se recomienda requerir de un buen reforzamiento para aumentar su resistencia estructural ($\text{RATIO}=80.90\%<90\%$), para eso se solicita una limpieza total y un constante mantenimiento preventivo de la estructura de la torre y sus elementos que los conforma. Por lo tanto, este proyecto fue analizado por el Método de Diseño por Tensiones Admisibles (ASD) de la norma ANSI/TIA-222F como un procedimiento conservador por interés del cualquier favorecido, pero lo más recomendable es efectuar los resultados con el Método de Diseño por Tensiones Admisibles (ASD) de la norma TIA-222F, de lo cual considera directamente las propiedades de los materiales y se determina el análisis de la acción sísmica, aunque que las cargas de la acción sísmica es menos vulnerable que las cargas de la acción del viento, es por eso que está en concordancia con el RNE de la norma E.020 (Cargas). Además, se recomienda el uso normativo ANSI/TIA-222G por considerar un mayor rango de resistencia en el acero y proporcionar un diseño con menos

incertidumbres climáticas, de suelos y de servicios.

Además, para el objetivo 2 (Soporte), se recomienda colocar anemómetros en diversos lugares del país para poder medir la velocidad de diseño del viento y con eso se podrá realizar correctamente el diseño dependiendo del tipo de suelo en la zona de estudio y de la variación por constante cambio climático donde se va a ubicar y construir la torre. Por lo tanto, estos medidores de velocidad del viento ayudarán a evitar mayores desplazamientos, deflexiones y giros torsionales y garantizar la estabilidad y seguridad estructural, cumpliendo con los requerimientos de las criterios y códigos vigentes, así como optimizando los diseños de las velocidades reales que acceda ampliar rigurosamente el análisis y evaluación estructural de la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones. También, se recomienda una mayor inversión por parte de las empresas operadoras de telefonía móvil, para realizar mapeos de velocidades de viento en la zona donde empieza a establecer torres, antenas, etc., puesto que ya se dio un buen conocimiento de las condiciones meteorológicas de la zona, esto puede reducir el costo de la construcción, así como también evitar fallas prematuras en diseños por efectos de condicionamientos locales del viento.

Recomendación 3

Para el objetivo 3 (Costos), se recomienda requerir limpieza general en toda la estructura y accesorios en las dos torres de telecomunicaciones propiamente dichas, así como el mantenimiento preventivo de toda la torre y a sistema de descarga de pararrayo y la colocación del sistema de aterramiento.

Recomendación General

Para el objetivo en general, después de haber tomado como datos los materiales, la estructura y el suministro opcional, así como de haber aplicados los métodos de ASD para el proyecto Pagoreni B y el proyecto Site Pampas y compararlo en el Ms Tower, se recomienda reforzar la torre autosoportada cuadrada de telecomunicaciones, ya

que dicha torre tiene suficiente rigidez para satisfacer las demandas de desplazamiento y rotación, pero no cumple con la resistencia suficiente en los paneles 7-8 y 13-19, por lo que estos conllevan a tener rigidez suficiente para mantener los desplazamientos por debajo de lo solicitado por el operador, tener resistencia suficiente para soportar las demandas de resistencias solicitadas y adecuarse al uso de la estructura como torre de soporte de antenas de telecomunicaciones, cubriendo los gastos en materiales, instalación y pintura en toda la estructura y accesorios.

REFERENCIAS.

1. Aguirre, A. (2017). Diseño de una torre autoportada triangular de 60 metros portadora de antenas. Piura: Universidad Nacional de Piura.
2. ALAY Zambrano, Liceth. Estudio de deformaciones laterales debido al viento en torre telefónica autoportada de 48 metros, ubicada en la parroquia Chongón del Cantón Guayaquil. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, 2015-2016. 144 pp.
3. Álvarez, D. (2017). Diseño de cimientos a base de zapatas aisladas para torres de transmisión eléctrica aplicando en el proyecto de Condorcocha-Tarma-Junín. Huancayo: Universidad Continental.
4. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC. Load and Resistance Factor Design Specification for Single-Angle Members. Thesis (Entitled in Civil Engineering). Chicago: One East Wacker Drive, 2001, pp. 1-21.
5. Andrade, R., Guzmán, D. & Caparaz, M. (s.f.). Diseño y construcción de una torre de comunicación. Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
6. APOLO Sócola, Carlos y CANGÁS Herrera, Wilson. Análisis estructural de las torres de telecomunicación para antenas de última tecnología. Tesis (Titulado en Ingeniería Mecánica). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2014. 238 pp.
7. ARMIJO Verdezoto, María. Situación estructural de torres de telecomunicaciones. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, 2010. 144 pp.
8. BACH Alioska, María. Diseño de una torre autoportada triangular de 60 metros portadora de antenas. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 151 pp.
9. BETANCOURTH Balan, Víctor. Aplicación Norma TIA/EIA 222G para torres autoportadas tipo celosía de telecomunicaciones en Guatemala y comparación con Norma TIA/EIA 222F. Tesis (Magister en Estructuras). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 400 pp.
10. Betancourth, Aplicación norma TIA/EIA 222g para torres autoportadas tipo celosía de telecomunicaciones en Guatemala y comparación con norma TIA/EIA 222f. Tesis de Grado Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, 2013.
11. Braja M Das, cimientos superficiales; Capacidad de carga y Liquidación, CRC

- press LLC, 2009.
12. Braja M, Das, cimientos superficiales; Capacidad de carga y Liquidación, CRC press LLC, 1999 BS8100, torres de celosía y mástiles parte 1 y parte, 2006.
 13. BS8100, torres de celosía y mástiles parte 1 y parte, 1986.
 14. CIVIL ENGINEERING TERMS (2012). Allowable stress design method (ASD): Working stress design. Recovered of <https://www.civilengineeringterms.com/steel-structures/allowable-stress-design-method-asd-working-stress-design/>.
 15. DÍAZ Salambay, Alexis. Diseño de una torre de telecomunicaciones autosoportada de 42m de altura y su chequeo en el rango inelástico del comportamiento (Procedimiento estático no lineal). Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2015. 365 pp.
 16. E. Efthymiou, D. N. Kaziolas & C.C. Baniotopoulos, sobre la respuesta de red de acero telecomunicación mástiles bajo acciones ambientales y carga sísmica.
 17. Eddey y Everett algunos Aplicación de ingeniería de la Teorema de Buckingham Pi, 2015.
 18. Eddey y Everett E, algunos Aplicación de ingeniería de la Teorema de Buckingham Pi, 2015.
 19. Efthymiou, D (2013) sobre la respuesta de red de acero telecomunicación mástiles bajo acciones ambientales y carga sísmica.
 20. EP PETROECUADOR (2015). Mantenimiento de torres de comunicaciones corporativo de EP PETROECUADOR. Ecuador: EP Petroecuador.
 21. Escalante, V. (2003). Diseño de estructuras metálicas. República Dominicana: LRFD-AISC.
 22. Faz, C. (2010). Diseño de una torre triangular autosoportada para antena de comunicación celular de 60 m. de altura. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
 23. Fernández, I., Elena, V., Martín, P., Corona, Y. y Hernández, I. (2017-2018). Análisis dinámico de una torre autosoportada sujeta a cargas de viento y sismo. Obras y Proyectos 23, pp. 78-86.
 24. FERREIRA Gómez, Susana y PONTE Abou, Leonardo. Proyecto estructural de las estructuras de transmisión de torres de telecomunicación en azoteas de edificaciones (Extracto). Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Venezuela:

- Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería Civil, 2014. 45 pp.
25. GALINDO Escobar, José. Guía teórica-práctica para el curso de Diseño Estructural 2, de la Escuela de Ingeniería Civil, FIUSAC. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 151 pp.
 26. GUTIÉRREZ Méndez, Cecilia. Análisis de una torre de telecomunicaciones atirantada ante los efectos del viento: Relación del costo de la torre en función de la velocidad del viento. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2015. 56 pp.
 27. HeninzHossdorf, Análisis de modelos de Estructura 2014.
 28. HeninzHossdorf, Análisis de modelos de Estructura, Diseño de Tower Foundation, The Indian Concrete Journal, 2010.
 29. JUÁREZ Figueroa, José. Diseño estructural de torres para telefonía celular. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, 2009. 120 pp.
 30. KANT, Shahi, SACHAN, A. & KUMAR, Deepak. (2015). Comparative Analysis of Steel Telecommunication Tower Subjected to Seismic & Wind Loading. India: Civil Engineering and Urban Planning: An International Journal (CiVEJ), vol. II, No. 3, pp. 15-33.
 31. LÓPEZ Hernández, Sergio. Diseño de Torres de Telecomunicación. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2016. 111 pp.
 32. Madera G carga de viento de Antenas de telecomunicaciones y Marcos principales, pp. 27(2015).
 33. Madera Graeme S, carga de viento de Antenas de telecomunicaciones y Marcos principales, pp. 27 2015.
 34. MÁLAGA Quicaña, Juan. Diseño estructural de una torre de transmisión eléctrica en 138KV aplicando métodos convencionales y elementos finitos. Tesis (Titulado en Ingeniería Mecánica). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, 2017. 133 pp.
 35. Martín, P. (2012). Evaluación de la vulnerabilidad estructural de torres autosoportadas de telecomunicaciones. Cuba: Universidad Superior Politécnico José Antonio Echeverría CUJAE.
 36. MOHAMED, Marzouk (2015). Predicting Telecommunication Tower Costs Using

- Fuzzy Subtractive Clustering. *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. XXI, No. 67-74.
37. N Subramanian y V Vasanthi , Diseño de Tower Foundation, *The Indian Concrete Journal*, 2016.
 38. Pachay, I. (2015). Análisis y diseño comparativo entre una torre autoportada triangular de 40m de altura con montantes UV y un con montantes circulares. Ecuador: Universidad de Cuenca.
 39. Parnás, J., Martín, P., Carrasco, A., Fernández, I. López, A. (2012). Metodología de cálculo de torres atirantadas de telecomunicaciones bajo la acción del viento. Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
 40. Parnás, V. (2008). Fallas estructurales en torres reticuladas para telecomunicaciones. *Arquitectura y urbanismo*, vol. XXIX, No. 2-3.
 41. PAVAN, M., MARKANDEYA, P., NAVYA, M. & NAIDU, G. (2017). Effect of Wind Speed on Structural Behaviour of Monopole and Self-Support Telecommunication Towers. India: *Asian Journal of Civil Engineering (BHRC)*, vol. XVIII, No. 6, pp. 911-927.
 42. Pérez, J. (2015-2016). Análisis de cimentación de una torre telefónica autoportada ubicada en la Parroquia Chongón del Cantón Guayaquil mediante la interacción suelo-estructura. Ecuador: Universidad de Guayaquil.
 43. Rayo, J. (2015). Guía para la Normalización del Proceso Constructivo en Torres Autoportadas para Telecomunicaciones. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
 44. RIVERA Hurtado, Juan. Diseño de una torre autoportada de telecomunicación de 120 metros de altura mediante la Norma ANSI/TIA-222.G. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. 80 pp.
 45. RODRÍGUEZ Reinoso, Edgar. Análisis y diseño comparativo entre una torre autoportada triangular de 40 m de altura con montantes UV con montantes circulares. Tesis (Titulado en Análisis y Diseño de Estructuras de Acero y Hormigón Armado). Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, 2015. 112 pp.
 46. S R Sathish Kumar y A R Santha Kumar, Diseño de Estructura de Acero.
 47. Sacalxot, W. (2005). Cimentaciones para torres autoportadas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

48. SEMBLANTES Vélez, Marcelo. Diseño de una torre de transmisión eléctrica autosoportada para una línea de 69KV. Tesis (Titulado en Ingeniería Mecánica). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2010. 173 pp.
49. SILVA Muñoz, William. Rediseño de la estructura de la torre autosoportada de H=71m para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existentes, y 06 antenas de microondas futuras ubicada en las estaciones 0101711_PI_EL_ALTO, Piura. Tesis (Titulado en Ingeniería Mecánica). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2016. 158 pp.
50. SOLEMAN, Yoppy (2012). Structural Evaluation of Self Supporting Tower (Calculation). Recovered of <https://es.scribd.com/doc/96589527/Structural-Evaluation-of-Self-Supporting-Tower-Calculation-Yoppy-Soleman>.
51. TAPIA Hernández, Edgar. Tubular steel poles lateral load patterns. Thesis (Entitled in Civil Engineering). Mexico, DF: Metropolitan Autonomous University, 2016, pp. 428-445.
52. TUSNINA, V. & EMELIANOV, D. The seismic stability of façade system with facing by composite panels. Thesis (Entitled in Civil Engineering). Moscow: National Research Moscow State Civil Engineering University, 2018, pp. 62-72.

ANEXOS

Anexo 03: Matriz de operacionalización de variables.

Título: “Estudio sobre beneficios de torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.”

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE (X): Torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación	Según Betancourth (2013, pág. 36), sostiene que las torres de celosía Estándar y Reforzada se caracterizan por ser apoyos autosoportados de disposición prismática recta con cimentación monobloque o aislada para cada base. Ambos modelos tienen la misma composición. Están constituidas por perfiles angulares de acero laminado, galvanizados en caliente y atornillados entre sí.	La variable <i>Torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación</i> se analizará en función de sus dimensiones: <i>Materiales, Estructura y Suministro Opcional</i> , que a su vez cada uno de estos se dividirán de tres a cinco indicadores.	Y1: Materiales	I1: Calidad del Acero Norma ASTM – A36 – Mayor a 2500 kg/mm ²	Razón o proporción
				I2: Calidad de Tornillería - ASTM A325 o similar	
				I3: Calidad de tuercas según norma ASTM A325 o similar	
				I4: Calidad de arandelas según norma ASTM A325 o similar	
				I5: Galvanizado en caliente según norma UNE-EN ISO 1461	
			Y2: Estructura	I1: Escalera interior de anchura 500 mm	
				I2: Distancia de peldaños	
				I3: Plataformas de descanso	
			Y3: Suministro Opcional	I1: Suministro de sistema pararrayos Franklin	
				I2: Posibilidad de montaje de plataforma omnidireccional en cúspide	
				I3: Posibilidad de situar plataformas de trabajo en diferentes alturas	
			VARIABLE DEPENDIENTE (Y): Estudio sobre beneficios de torres de telecomunicación	Según Betancourth (2013, pág. 38), sostiene que la torre de telecomunicaciones es la descripción genérica de mástiles de radio y torres construidas principalmente para albergar antenas de telecomunicaciones. Como tales antenas a menudo tienen una gran área y deben ser señaladas precozmente, dichas torres tienen que ser construidas de modo que no se muevan demasiado con el viento. Entonces, en la mayoría de los casos se usan tipos de estructuras muy estables, como torres de celosía baja y torres construidas de hormigón armado, aunque también se utilizan mástiles con guiado.	
I2: Carga máxima en punta de torre					
I3: Coeficiente de seguridad - FS=1.5					
I4: Coeficiente de deflexión					
I5: Coeficiente de torsión					
X2: Soporte	I1: Cantidad de soportes en ubicados en la altura máxima de torre				
	I2: El tramo de la torre				
X3: Costo	I1: Fabricación e Instalación de torre				
	I2: Costos de Mantenimiento Preventivo y correctivo				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 04: Matriz de Consistencia.

Título: “Estudio sobre beneficios de torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cuál es el beneficio que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Determinar los beneficios que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: Existen beneficios que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X): TORRES DE CELOSÍA ESTÁNDAR REFORZADA DE TELECOMUNICACIÓN</p>	Y1: Materiales	I1: Calidad del Acero Norma ASTM – A36 – Mayor a 2500 kg/mm ²	Ficha de recolección de datos
					I2: Calidad de Tornillería - ASTM A325 o similar	
					I3: Calidad de tuercas según norma ASTM A325 o similar	
					I4: Calidad de arandelas según norma ASTM A325 o similar	
					I5: Galvanizado en caliente según norma UNE-EN ISO 1461	
				Y2: Estructura	I1: Escalera interior de anchura 500 mm	Ficha de recopilación de información
					I2: Distancia de peldaños	
					I3: Plataformas de descanso	
				Y3: Suministro Opcional	I1: Suministro de sistema pararrayos Franklin	Ficha de recopilación de información
I2: Posibilidad de montaje de plataforma omnidireccional en cúspide						
I3: Posibilidad de situar plataformas de trabajo en diferentes alturas						
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cuál es el beneficio en materiales, estructura y suministro opcional que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020? ¿Cuál es el beneficio de resistencia y soporte que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020? ¿Cuál es el costo de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar los beneficios en materiales, estructura y suministro opcional que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020. Determinar los beneficios en resistencia y soporte que presenta las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020. Determinar los beneficios en costos que presentan las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: Existe beneficio en materiales, estructura y suministro opcional de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020. Existe beneficio en resistencia y soporte de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020. Existe beneficio en costos de las torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y): ESTUDIO SOBRE BENEFICIOS DE TORRES DE TELECOMUNICACIÓN</p>	X1: Resistencia	I1: Velocidad de viento	Memoria de cálculo
					I2: Carga máxima en punta de torre	
					I3: Coeficiente de seguridad - FS=1.5	
					I4: Coeficiente de deflexión	
					I5: Coeficiente de Torsión	
				X2: Soporte	I1: Cantidad de soportes en ubicados en la altura máxima de torre	Memoria de cálculo
					I2: El tramo de la torre	
				X3: Costo	I1: Fabricación e Instalación de torre	Propuesta Económica
					I2: Costos de Mantenimiento Preventivo y correctivo	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Ficha de revisión de instrumentos - DPI.

Título: “Estudio sobre beneficios de torres de celosía estándar reforzada de telecomunicación en Pagoreni B, Cuzco – 2020”

Ubicación de la Torre: Cuzco – Camisea

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Cantidad	Favorece	No Favorece
Materiales	1. Calidad del Acero Norma ASTM – A36 – Mayor a 2500 kg/mm ²	Kg			
	2. Calidad de Tornillería - ASTM A325 o similar	SAE Grado 5			
	3. Calidad de tuercas según norma ASTM A325 o similar	SAE Grado 5			
	4. Calidad de arandelas según norma ASTM A325 o similar	SAE Grado 5			
	5. Galvanizado en caliente según norma UNE-EN ISO 1461.	3mills a 5Mills			
Estructura	6. Escalera interior de anchura 500 mm	metros			
	7. Distancia peldaños	milímetros			
	8. Plataformas de descanso	Und			
Suministro Opcional	9. Suministro de sistema pararrayos Franklin	Und			
	10. Posibilidad de montaje de plataforma omnidireccional en cúspide	Glb			
	11. Posibilidad de situar plataformas de trabajo en diferentes alturas.	Glb			
resistencia	12. Velocidad de viento	Km/h			
	13. Carga máxima en punta de torre	Kg. (Con AEMC 6472/6474.)			
	14. Coeficiente de seguridad 1,5.	1.5			
	15. Coeficiente de deflexión	< 0.75			
	16. Coeficiente de Torsión	< 0.30			
Soporte	17. Cantidad de soportes en ubicados en la altura máxima de torre	Und			
	18. El tramo de la torre	Und			
Costo	19. Fabricación e Instalación de torre	Soles			
	20. Costos Mantenimiento Preventivo y correctivo	Soles			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 06: Metrado, costos y presupuestos para torres de celosía de telecomunicación.

Tabla 01: Presupuesto de torre autoportada triangular H=60m – Es
Site Pagoreni B

Descripción	N° elem	PARA METRADO LRFD						RESUMEN	
		Medidas			Peso	CANT	Und	AREA (m2)	TOTAL (Kg)
		l	a	h					
REFORZAMIENTO DE TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA DE 71.5 M.									
Refuerzo Estructura Metalica Existente									
REFORZAMIENTO PANEL 21									
Panel 21 Horizontal L 2.5"x 2.5" x 3/16"	8	2.70			3.63	78.41	kg	5.41	78.41
Separador Plancha de e= 1/4"	8	51	0.05		47.10	0.96	kg	0.02	0.96
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	8	n.a	n.a		0.12	0.96	kg		0.96
Tuerca	16	n.a	n.a		0.03	0.48	kg		0.48
REFORZAMIENTO PANEL 22									
Panel 22 Horizontal L 2.5"x 2.5" x 3/16"	8	2.70			3.63	78.41	kg	5.49	78.41
Separador Plancha de e= 1/4"	8	51	0.05		47.10	0.96	kg	0.02	0.96
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	8	n.a	n.a		0.12	0.96	kg		0.96
Tuerca	16	n.a	n.a		0.03	0.48	kg		0.48
REFORZAMIENTO PANEL 27 a 34									
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	288	n.a	n.a		0.12	34.56	kg		34.56
Tuerca	576	n.a	n.a		0.03	17.28	kg		17.28
REFORZAMIENTO PANEL 31 a 32									
Panel 31 a 32 Montante L 3"x 3" x 1/4"	4	4.00			7.29	116.64	kg	6.50	116.64
Panel 31 Horizontal L 2.5"x 2.5" x 3/16"	4	2.66			3.63	38.62	kg	2.70	38.62
Panel 32 Horizontal L 2.5"x 2.5" x 3/16"	4	2.66			3.63	38.62	kg	2.70	38.62
Clip de Sujecion 26 a 31 L4"x4" x3/8"	48	0.15			14.58	104.98	kg	2.34	104.98
Empalme L4"x4" x 3/8"	8	0.55			14.58	64.15	kg		64.15
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	296	n.a	n.a		0.12	35.52	kg		35.52
Tuerca	592	n.a	n.a		0.03	17.76	kg		17.76
REFORZAMIENTO PANEL 33 a 34									
Panel 33 Montante L 3"x 3" x 1/4"	4	2.00			7.29	58.32	kg	2.44	58.32
Panel 34 Montante L 3"x 3" x 1/4"	4	1.45			7.29	42.28	kg	1.77	42.28
Clip de Sujecion 26 a 31 L3"x3" x1/4"	32	0.15			7.29	34.99	kg	1.17	34.99
Empalme L4"x4" x 1/2"	8	0.55			7.29	32.08	kg		32.08
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	224	n.a	n.a		0.12	26.88	kg		26.88
Tuerca	448	n.a	n.a		0.03	13.44	kg		13.44
REFORZAMIENTO PANEL 35,36 Y 37									
Panel 35 a 37 Montante L 3"x3"x 1/4"	4	14.74			7.29	429.82	kg	17.97	429.82
Clip de Sujecion 35 a 39 L3"x3" x1/4"	144	0.15			7.29	157.46	kg	5.27	157.46
Empalme L4"x4" x 3/8"	16	0.55			7.29	64.15	kg		64.15
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	720	n.a	n.a		0.12	86.40	kg		86.40
Tuerca	1440	n.a	n.a		0.03	43.20	kg		43.20
PESO TOTAL								53.79	1618.78

Fuente: Elaboración propia

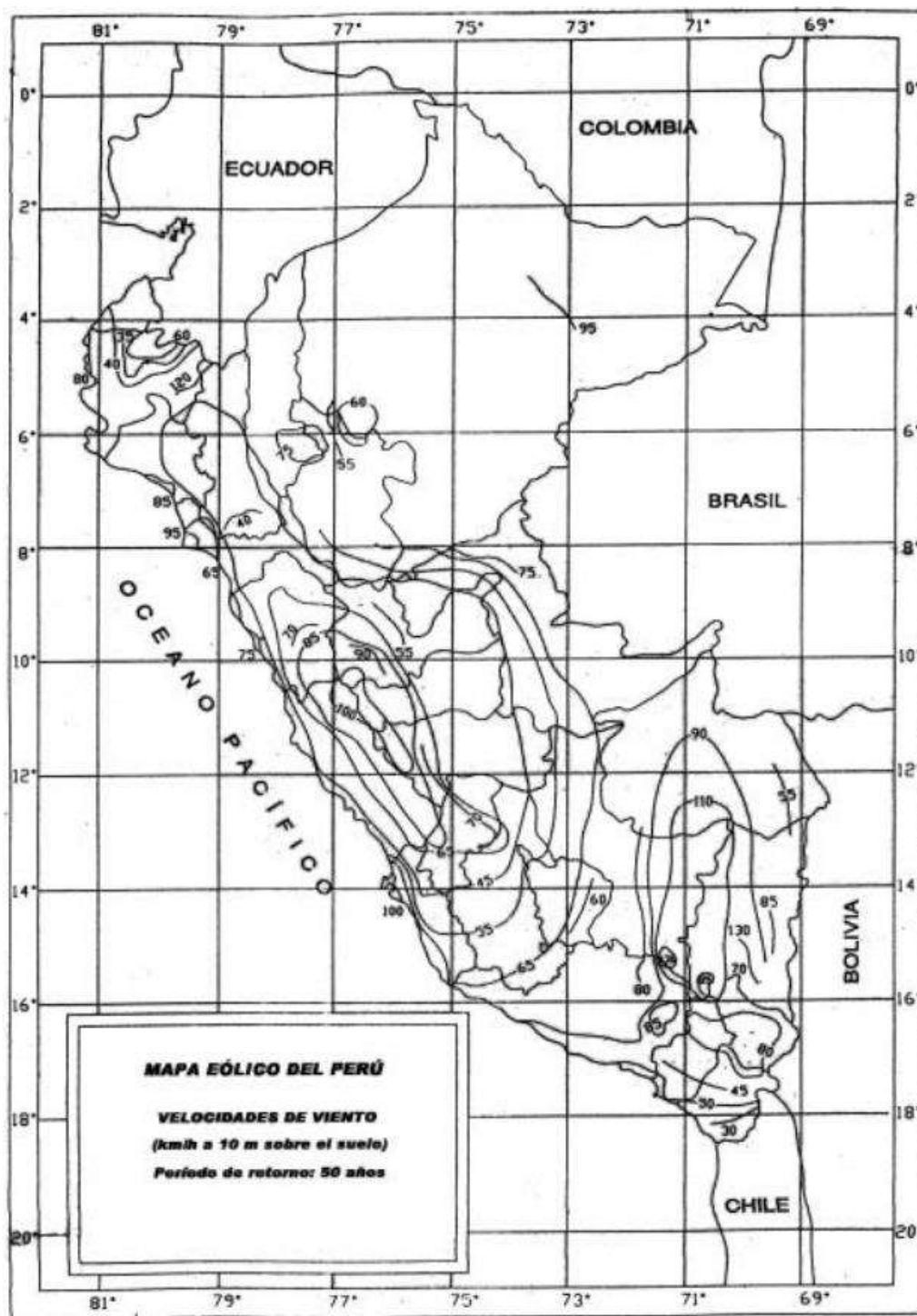
**Tabla 02: Presupuesto de torre ventada triangular H=30m – Estación
Pampas**

Descripción	N° elem	PARA METRADO ASD				Peso	CANT	Und	RESUMEN	
		Medidas			AREA (m2)				TOTAL (Kg)	
		l	a	h						
REFORZAMIENTO DE TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA DE 71.5 M.										
Refuerzo Estructura Metalica Existente										
REFORZAMIENTO PANEL 8 a 21										
Panel 9 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 10 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 11 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 12 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 13 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 14 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 15 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 16 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 17 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 18 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 19 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 20 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Panel 21 Diagonal del Angulo L 2"x 3/16"	4	1.57			3.63	22.80	kg	1.28	22.80	
Separador Plancha de e= 3/8"	56	51	0.05		70.65	10.09	kg	0.14	10.09	
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	176	n.a	n.a		0.12	21.12	kg		21.12	
Tuerca	352	n.a	n.a		0.03	10.56	kg		10.56	
REFORZAMIENTO PANEL 22										
Panel 22 Diagonal del Angulo L 3"x 1/4"	8	2.82			7.29	164.52	kg	6.90	164.52	
Separador Plancha de e= 3/8"	4	51	0.05		70.65	0.72	kg	0.01	0.72	
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	16	n.a	n.a		0.12	1.92	kg		1.92	
Tuerca	32	n.a	n.a		0.03	0.96	kg		0.96	
REFORZAMIENTO PANEL 23 a 26										
Panel 22 a 26 Diagonal del Angulo L 3"x 1/4"	16	3.33			7.29	388.41	kg	16.24	388.41	
Separador Plancha de e= 3/8"	16	51	0.05		70.65	2.88	kg	0.04	2.88	
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	48	n.a	n.a		0.12	5.76	kg		5.76	
Tuerca	96	n.a	n.a		0.03	2.88	kg		2.88	
REFORZAMIENTO PANEL 27 a 34										
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	288	n.a	n.a		0.12	34.56	kg		34.56	
Tuerca	576	n.a	n.a		0.03	17.28	kg		17.28	
REFORZAMIENTO PANEL 31 a 32										
Panel 31 a 32 Montante L 4"x 4" x 3/8"	4	4.20			14.58	244.94	kg	6.83	244.94	
Panel 31 Horizontal L 2.5"x 2.5" x 3/16"	4	2.66			3.63	38.62	kg	4.32	38.62	
Panel 32 Horizontal L 2.5"x 2.5" x 3/16"	4	2.66			3.63	38.62	kg	4.32	38.62	
Clip de Sujecion 26 a 31 L4"x4" x3/8"	40	0.15			14.58	87.48	kg	1.95	87.48	
Empalme L4"x4" x 3/8"	8	0.55			14.58	64.15	kg		64.15	
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	312	n.a	n.a		0.12	37.44	kg		37.44	
Tuerca	624	n.a	n.a		0.03	18.72	kg		18.72	
REFORZAMIENTO PANEL 33 a 34										
Panel 33 a 34 Montante L 4"x 4" x 1/2"	4	3.50			19.05	266.70	kg	5.69	266.70	
Clip de Sujecion 33 a 34 L4"x4" x1/2"	32	0.15			19.05	91.44	kg	1.56	91.44	
Empalme L4"x4" x 1/2"	8	0.55			19.05	83.82	kg		83.82	
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	192	n.a	n.a		0.12	23.04	kg		23.04	
Tuerca	384	n.a	n.a		0.03	11.52	kg		11.52	
REFORZAMIENTO PANEL 35.38 y 39										
Panel 35 a 39 Montante L 4"x4" x 3/8"	4	25.23			14.58	1,471.41	kg	41.01	1471.41	
Clip de Sujecion 35 a 39 L4"x4" x3/8"	224	0.15			14.58	489.89	kg	10.92	489.89	
Empalme L4"x4" x 3/8"	40	0.55			14.58	320.76	kg		320.76	
PERNOS 5/8" x 2 1/2"	1232	n.a	n.a		0.12	147.84	kg		147.84	
Tuerca	2464	n.a	n.a		0.03	73.92	kg		73.92	
REFORZAMIENTO PANEL 39										
Base de Torre PL de 1/2"	4	210	0.12		94.20	9.50	kg	0.10	9.50	
Panel 39 Montante L 4"x 4" x 3/8"	4	1.00			14.58	58.32	kg	1.63	58.32	
Esparrago 5/8	12	n.a	n.a		0.56	6.72	kg		6.72	
PESO TOTAL								118.26	4542.96	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 07: Mapa eólico del Perú.

Mapa eólico del Perú



Fuente: NTP E.020 – Cargas (RNE)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MINAYA ROSARIO CARLOS DANILO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ESTUDIO SOBRE BENEFICIOS DE TORRES DE CELOSÍA ESTÁNDAR REFORZADA DE TELECOMUNICACIÓN EN PAGORENI B, CUZCO – 2020", cuyo autor es HUAMAN ALVARADO CARLOS MIGUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 26 de Diciembre del 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MINAYA ROSARIO CARLOS DANILO : 06249794 ORCID: 0000-0002-0655-523X	Firmado electrónicamente por: CMINAYARO el 26- 12-2020 10:54:42

Código documento Trilce: INV - 1058335