



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA DE POSGRADO

**PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN GESTIÓN
PÚBLICA**

**Diseño de un techo metálico empleando metodología BIM
en la Institución Educativo Fe y Alegría N° 49 Piura, 2020.**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Maestra en Gestión Pública

AUTOR:

Aniceto Febre, Leydeylira (ORCID: 0000-0003-2269-7446)

ASESOR:

Dr. Saavedra Olivos, Juan José (ORCID: 0000-0001-8191-8988)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Reforma y Modernización del Estado

PIURA - PERÚ

2020

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis padres, mi madre maría Alejandra Febre Abad y mi padre Hernando Aniceto Vázquez, por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro, quien con sus palabras de aliento no me dejaban caer para que cumpla con mis ideales y por siempre creer en mí.

Agradecimiento

Le agradezco a Dios ya que, gracias a él, he logrado concluir un objetivo más para mi carrera profesional. quiero agradecer a la universidad Cesar Vallejo Filial-Piura. Al Ing. Starsky Adan Timana Camacho quien me guio y me brindo ayuda en el desarrollo de mi proyecto de Investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de Figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.	14
3.2. Variables y Operacionalización.....	14
3.3. Población, Muestra, Muestreo.	15
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	15
3.5. Procedimiento	16
3.6. Método de Análisis de Datos	16
3.7. Aspectos Éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN.....	21
VI. CONCLUSIONES.....	24
VII. RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS	26
ANEXOS	30

Índice de Figuras

Figura N° 01 Techo Metálico Armadura tridimensional. Robot Structural.....	18
Figura N° 02 Propiedades de la vigueta de 50x100x2.5mm. Robot.	18
Figura N°03: Brida superior 75x75x2.0mm.....	19
Figura N° 04: Brida inferior 75x75x2.0mm.....	19
Figura N° 05: Montantes 50x50x2.0mm	19
Figura N° 06: Diagonal 50x50x2.0mm.....	19
Figura N°07 Tijeral - Armadura tipo HOWE	20
Figura N° 08 Modelo Analítico 3D exportado a Autodesk Revit Structure.	20
Figura N° 09 Elevación del techo metálico exportado de Revit Structure.....	20

Resumen

La presente tesis tiene como Objetivo principal Diseñar un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura. Este proyecto se ha desarrollado empleando sistemas de construcción de techos metálicas. Este techo metálico se proyecta sobre un área rectangular de aproximadamente 111.25 m², con un área techada de 100.08 m².

Referente al diseño del techo metálico, se utilizaron perfiles metálicos con una distribución las cuales se emplearon las viguetas metálicas y tijerales de armadura tipo Howe. Se procedió con el predimensionamiento de la vigueta metálica con los criterios de los textos de análisis y diseño estructural usados en esta tesis. Después se continuo, con el Metrado de cargas de peso propio, carga viva de techo y carga de sotavento, barlovento que son las cargas de viento, estas se transmiten al tijeral, mediante sus reacciones, siguiendo su análisis y diseño que corresponden a la norma E-090 estructuras metálicas del reglamento nacional de edificaciones al igual que con el método del AISC-LRFD verificando los esfuerzos, reacciones y momentos de cada uno de los perfiles metálicos del techo metálico del modelo tridimensional.

Palabras Clave: BIM (Building information Modeling), Análisis estructural, Diseño estructural

Abstract

The main objective of this thesis is to design a metal roof using BIM methodology at the Fe y Alegría Educational Institution No. 49 Piura. This project has been developed using metal roof construction systems. This metal roof is projected on a rectangular area of approximately 111.25 m², with a covered area of 100.08 m².

Regarding the design of the metal roof, metal profiles with a distribution were used which used the metal joists and Howe-type reinforcement trusses. We proceeded with the predisposition of the metal joist with the criteria of the analysis and structural design texts used in this thesis. Then it continued, with the Metering of own weight loads, roof live load and leeward load, windward which are the wind loads, these are transmitted to the truss, through their reactions, following their analysis and design that correspond to the norm E-090 metal structures of the national building regulations as well as with the AISC-LRFD method verifying the efforts, reactions and moments of each of the metal profiles of the three-dimensional model metal roof.

Keywords: BIM (Building information Modeling), Structural analysis, Structural design

I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática de esta investigación que tiene la opción del BIM en el mundo, está creciendo de una manera muy acelerada, vemos en países como EE.UU. donde su nivel de implementación de este sistema en el sector público como en el privado ya es casi completo, las estadísticas que la opción BIM en Norteamérica, en EE.UU. en el 2007 de estar en un 28%, en el 2009 paso al 49% y del 2009 al 2012 paso del 49% al 71% y actualmente está en un 99% según fuente (the business value of BIM in north America).

En el Perú, el día 17 de Julio con resolución ministerial N°242 – 2019- vivienda, se resolvió en el artículo 1: aprobación de los lineamientos generales para el uso del BIM en proyectos de construcción, teniendo como finalidad

Generalizar el software de la tecnología BIM en cuanto los proyectos como para la mejora de la construcción, para que la ejecución de la obra se pueda tener una optimización para el desarrollo del diseño, obteniendo un trabajo concurrente y colaborativo por las partes interesadas. Por lo cual ha logrado revolucionar los proyectos de inversión pública en nuestro país, metiendo al Perú en unos de los países del mundo con implementar esta tecnología.

En Lima-Perú, una de las obras publicas más emblemáticas fue la construcción de la videna de los Juegos Panamericanos y Para panamericanos Lima 2019 donde se desarrolló el proyecto y ejecución de la obra empleando tecnología BIM la cual tuvo una exitosa culminación dentro de los plazos establecidos.

En Piura, las entidades públicas como: el gobierno regional, municipalidad de Piura, municipalidad distrital de 26 de octubre y municipalidad distrital de castilla. Deben realizar la implementación del BIM en los proyectos de inversión pública de los expedientes técnicos en edificaciones, infraestructura entre otros. Esto cambiará los paradigmas en el diseño y ejecución de la inversión pública.

Al no emplearse esta nueva tecnología BIM seguiremos con la misma carencia en los desarrollos de los proyectos de inversión pública y seguiremos con la misma secuencia que hoy en día observamos, retrasos en la ejecución de proyectos y paralización de obra en algunos casos.

Debido a la Vital Importancia de la Necesidad de emplear la plataforma virtual en desarrollo de inversión pública (expedientes técnicos), la presente investigación presenta una implementación de la metodología BIM en el

análisis, diseño y modelado 3d de un techo metálico en el proyecto de la Institución educativa, como un aporte importante en la actualización del análisis, diseño y modelado 3D.

Al tratarse el tema de un techo metálico, muchas profesionales se les viene a la mente colocar perfiles metálicos y soldarlos, pero esto va más allá de una simple visualización, puesto que existe primero, realizar un análisis de los diferentes elementos del techo metálico que son vigueta metálica, tijeral metálico (brida superior, brida inferior, montantes y diagonal,) y su posterior diseño empleando software, por ejemplo Robot Structural Analysis Professional, para luego realizar la intemporalidad con el programa Revit para el posterior detallado de los planos de estructuras a nivel de ingeniería empleando de esta manera la tecnología BIM (Building information Modeling o Modelado de Información en Construcción).

Formulación del problema general se estructura la idea de la investigación.

¿Cuál es el diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020?

Problemas específicos permiten un detallado del planteamiento general.

- ✓ ¿Cuál es el diseño de la vigueta metálica de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020?
- ✓ ¿Cuál es el diseño de los elementos estructurales de los tijaletas de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020?
- ✓ ¿Cuál es la interoperabilidad entre Revit y Robot de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020?

El presente estudio de investigación se **justifica técnicamente**, el uso de la metodología BIM están en instruir los proyectos de inversión pública para obtener una buena calidad en la ejecución de proyectos, que son desarrollados por especialistas para la seguridad de la estructura planteada. Asimismo, presenta también una **Justificación práctica** al emplear la tecnología BIM beneficia a la entidad pública, así como a la población, reduce los adicionales

de obra y deficiencia en los expedientes técnicos, facilita una ejecución segura propiciando un trabajo colaborativo. Por otro lado, **Justifica metodológicamente** la metodología a emplear para un techo metálico teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma E-090 como el diseño del LRFD, les ayudara como modelo o guía de diseño, es una tecnología que conceptualiza ejecución, diseño y mantenimiento de dicho proyecto, al igual que se puede realizar una modificación en un corto plazo, la aplicación también puede generar las imágenes foto-realistas, maquetas virtuales que le da un mayor enfoque a las reuniones y los guía en obra, es la clave para el aumento de calidad, modelos multidisciplinarios, es una modernización vinculada con la población.

Objetivo general es Diseñar un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

Los objetivos específicos se presentan de manera precisa, clara los resultados que apetecen obtener.

- ✓ Determinar el diseño de la vigueta metálica de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.
- ✓ Determinar el diseño de los elementos estructurales de los tijerales de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.
- ✓ Determinar la interoperabilidad entre Revit y Robot de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

En antecedentes internacional tenemos a Montoya (2016) en su tesis titulada *Optimización de estructuras de naves industriales empleando la tecnología BIM*. En México, tiene como diseño de investigación no experimental, como objetivo optimizar la elaboración de proyectos, así como los análisis y el diseño, para reducir tiempo y errores, la muestra que emplea fue de tipo industrial de planta regular, la cual se detalló a través de instrumentos electrónicos, como conclusión se obtuvo que la implementación en la tecnología BIM de estructuras metálicas para realizar el diseño y su análisis reduce un 50%, al cálculo tradicional que mayormente lo realizan, minimiza errores y pueden hacer cambios cuando el diseño ya se encuentre realizado.

Borja, (2017) en su tesis *Aplicación de Metodología BIM, en el Ciclo de Vida de Estructuras Industriales para Instalaciones Mecánicas*. En España. Tiene una investigación con diseño no experimental, Tiene como objetivo exponer que la tecnología BIM tiene métodos de diseñar estructuras industriales para realizar sus instalaciones, esto incluye los modelos arquitectónicos y estructurales. La muestra es el sistema de transporte elevado (carro, riel, uniones estructura-riel, estructura), la cual se aplicó los instrumentos electrónicos Tiene como conclusión que en la actualidad se logra creer que la metodología BIM, es un instrumento completamente consolidada, que ha sido verificada ser eficaz y eficiente en cada uno de los períodos del ciclo de vida de un proyecto, que alcanza ser implementada. La cual permite la elaboración de diferentes rasgos de proyectos multidisciplinarios, a través de un proyecto virtual único, donde se obtiene la información requerida, por cada espacio o conjunto de trabajo, sin que esta se doble, incluso evitando la información incoherente. La tecnología BIM proporciona, la asistencia entre los diferentes grupos o funcionarios que cooperan del proyecto. Esta herramienta facilita la toma de decisiones, ayudando a realizar cambios in situ y permitiendo prever los resultados de la aplicación de la misma.

Vera, (2018) realizó una investigación titulada *Aplicación de la Metodología BIM a un Proyecto de Construcción de un Corredor de Transporte para un Complejo Industrial. Modelo BIM 5D Costes*. En España, la investigación con

diseño no experimental el objetivo de dicho documento es contar como una guía para otros expertos que se les facilite una mejor adaptación para la evolución y tener una mejor coordinación en todas las disciplinas que están comprometidas a la elaboración de los modelados BIM, en la parte de la construcción se realiza con adecuadas precisiones, todos los proyectos públicos se deberán realizar con la metodología BIM, que mejora la eficacia en la construcción de las obras y genera en el transcurso donde el tramo avanza de una forma paralela en una vía ferroviaria y paralela a una carretera beneficios a todos los que participan, la muestra corredor de transporte que da acceso a una zona industrial. Fueron aplicados los instrumentos electrónicos tiene como conclusión introducir la formación de diferentes trabajadores para que puedan realizar una comunicación tanto en las entidades públicas o privados en el desarrollo de un proyecto con metodología BIM. Si asumimos desde el principio y aplicamos la metodología BIM al proyecto de la obra a ejecutar, logramos obtener, al realizar un adelanto de la toma de decisiones para estar inmersos en la fase de ejecución y evitar sobrecostos, en la documentación se puede obtener las interferencias de la fase de obra.

Flores y García (2018) realizó un estudio titulado *Propuesta de un Estándar para Implementar la Metodología BIM en Obras de Edificación Financiadas con Recursos Públicos en Colombia*. En Colombia, investigación con diseño no experimental Tiene como objetivo que los recursos públicos permitan optimizar durante el desarrollo o ejecución de los proyectos financiados con los recursos públicos, con ello traerá beneficios en las construcciones clasificadas como mega proyectos, ya que poseen largos tiempos de ejecución los presupuestos de dichos proyectos son muy elevados y representa gran riesgo por consiguiente involucran más actores públicos y privados. La muestra 276 respuestas a la encuesta al sector de la construcción de edificaciones con recursos del estado se aplicó la ficha técnica encuesta, Como conclusión en el sector de la construcción se tiene un conocimiento bajo referente a los proyectos relacionados con la tecnología BIM, se caracterizan que la metodología que emplean es la tradicional en diferentes tipos de proyectos, De igual forma la alta corrupción que se muestra en el sector público, podría formar inseguridad en los beneficios que podría llegar a tener este tipo de

metodologías. Por lo anterior, es importante que, para la implementación obligatoria liderada por el Estado, se hagan alianzas con el sector privado quienes han tenido un mayor avance al respecto y son expertos y testigos de los grandes bienes que trae al cumplimiento de los proyectos al emplear la metodología BIM.

Antecedentes nacionales tenemos a los siguientes investigadores, Almonacid, Navarro y Rodas (2015). En su tesis titulada *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología Bim en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ Proyecta"*. en Perú, tiene como diseño no experimental, como objetivo se ha podido demostrar que la tecnología BIM mantiene una información actualizada, así como tener a su personal y colaboración en una constante capacitación. La muestra que emplearon fue en un edificio que contiene 48 departamentos con áreas de 197.64m² y otros de 60.0m², 10 pisos más azotea, 2 sótanos que incluye depósitos y estacionamientos, un semisótano. Se aplico entrevista, la observación, lo cual se realizo el levantamiento de información en campo, la selección de información, al igual que el análisis de los resultados. Tiene como conclusión, El efectuar un modelado BIM-3D de la construcción permite corregirlo a tiempo durante la etapa de construcción, esto conlleva a equivocarse virtualmente y optimizar costo y tiempo.

Jurado y Alva (2016) en su investigación titulado *Valor real para el Cliente de la Gestión BIM (pre-construcción virtual) en Proyectos de Edificaciones*. En Perú. Se empleo como un diseño no experimental, como principal objetivo tiene identificar las diferencias principales la cual requiere en un inicio el cliente, para evitar los imprevistos, facilitar la comparación en cada una de las especialidades, reducir errores de diseño, esto hace un constructor con un diseño confiable y construible. La muestra que empleo fue para 10 personas dirigida a Gerentes o jefes de áreas, se aplicó la entrevistas a diferentes empresas concluye que es momento de realizar los cambios en personas que no incluyan las formas tradicionales, sino que implique un mayor esfuerzo en la organización, los profesionales tienen que estar capacitados en esta metodología para obtener un fácil proceso.

Hernández (2016) en su tesis de maestría titulada *Uso de la Metodología "BIM" en la constructibilidad de los proyectos de infraestructura en la Contraloría General de la República, Jesús María, 2016*. En Perú, se empleó un diseño no experimental tiene como objetivo tomar medidas que permitan lograr el desempeño de las metas establecidas de plazo, costo y una mejor calidad de los proyectos, tener mayor éxito en sus desarrollos, la muestra seleccionada está conformada por la gerencia del sector de salud, el departamento de ingeniería que esta a cargo de la contraloría de la república, la gerencia del sector de vivienda, asimismo la gerencia de desarrollo y la gerencia de los megaproyectos que se le realizaron a 55 colaboradores de dicho proyecto. El instrumento que se aplicó para esta investigación es el Cuestionario. Tiene como conclusión que, para la constructibilidad de los proyectos de infraestructura tienen que tener un buen conocimiento y nivel en uso así como en mantenimiento.

Las teorías relacionadas al tema del BIM que significa Building Information Modeling (Modelado de Información en Construcción) es el conjunto de forma continua, coordinada, es el proceso de manejo de información en un proyecto y su representación gráfica, evoluciono con el tiempo, hace varios años los planos se realizaban a mano con un papel y un lápiz, con la aparición de las computadoras vino el CAD 2D donde se dibujaba líneas, arcos y círculos, el CAD conoció la tercera dimensión actualmente todo esto evoluciono. lo que, a hoy le llamamos la tecnología BIM. Según el autor Coloma, E. (2008)

Para el desarrollo del contenido, se requiere planificación detallada, colaboración, procesos, estándares cambios de gestión, información de gestión y que obtenemos como resultado del modelo BIM, obtenemos datos consistentes, estudios de campo, costos, datos, información, constructibilidad, análisis métricos entonces con esto vemos que el BIM no solo es modelado 3D y no solo es un software, es una metodología que incluye más que un 3D. Según el autor Badia, J. (2017)

La capacidad de hacer información y crear equipos de proyectos BIM, pero que es el BIM, para que sirve, que beneficios brinda, pero el BIM, además de ser un software, modelado 3D, Revit, esto es mucho más. El pensamiento de Carlos Monsiváis nos dice "cuando tenía la respuesta me cambiaron la pregunta" definición de instantaneidad. En el mundo que estamos actualmente

es un mundo muy dinámico y cambiante que cada día, trae nuevas herramientas nuevas tecnologías nuevas metodologías, los profesionales deben ser competitivos y mantenernos vigentes en el mundo de la ingeniería deben aprender constantemente estas metodologías ya que estas metodologías mejoran su desempeño profesional. Según el autor Hardin, B.& McCool, D. (2015).

Está basada en el uso de un modelo tridimensional y dicho modelo, este tiene información de parámetros que nos permite obtener distintas fases de las construcciones e información necesario para operar en los campos de la ingeniería civil. también para proporcionar asistencia para las estrategias de diseño. El análisis estructural es, una parte integral del diseño general del edificio. Según el autor Nawari, N. & Kuenstle, M. (2014).

enfoque de diseño colaborativo que involucra y ayuda a la combinación de varias disciplinas, en la etapa de construcción en un proyecto hay varios factores tales como: factores ambientales, recursos utilizados y errores en el diseño. Los factores ambientales: Todo lo que es el ambiente que rodea el proyecto influye mucho en este, por ejemplo, no es lo mismo construir una pista en una ciudad que hacer lo mismo en la selva, porque el ambiente o el entorno del proyecto es diferente y esto influye directamente en el proyecto. Recursos utilizados: Los recursos que utilizan en la construcción y en el diseño y en todas las etapas de un proyecto, se dice que en una construcción tienen recursos materiales, recursos humanos, recursos tecnológicos. Cuantas veces se ha paralizado una obra o se ha perdido tiempo, cuando los materiales no llegan a tiempo a la obra o quizás se han retrasado, cuando el personal no rinde lo esperado. Errores en el diseño: Los errores en el diseño también son un factor de riesgo porque varias veces se paralizan o se pierde tiempo y dinero en la construcción de una obra debido a un error en el diseño o un error en el expediente. Según el autor Karathodoros, G.& Brynjólfsson, Ò (2013).

se realiza la revisión del modelo de arquitectura para poder redimensionar los elementos estructurales una vez se han definido los elementos estructurales se empieza con el modelado estructural, una vez que este el desarrollo completo de arquitectura y estructuras, será compartido por diferentes especialidades como son instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias

para que así no se puedan interferir entre las columnas principales. Según el autor GYM. (2012).

La información en un modelo, de información de construcción, puede ser más que solo geometría 3D. Por ejemplo, el modelo puede incluir simulación analítica de construcción datos, datos de programación, datos de costos, datos de gestión de instalaciones, e incluso dibujos 2D en algunos casos. Según el autor AISC. (2019).

Autodesk® Robot Structural 2016, el programa brinda diferentes tipos de análisis el espectral, análisis de primer grado, Time History, Push Over, líneas de influencia, estatico, análisis de segundo orden, análisis dinámico, modal entre otros. Este software es ideal para los estudiantes de ingeniería como para los profesionales para poder realizar el diseño y los cálculos de estructuras herramientas para realizar un entorno amigable.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016 (en medida de avance llamado ARSAP, o simplemente ROBOT) se usa para tener una modelación en un programa gráfico las cuales permita al programa poder crear estructuras y que los usuarios puedan tener acceso, también tiene varios tipos de estructuras para el análisis y diseño. Efectuar los cálculos estáticos y dinámicos para luego comprobar los resultados. Además, es viable verificar el dimensionamiento de los elementos que componen la estructura al crear la documentación conveniente en base a diferentes normativas que estén vigentes. ARSAP ofrece un flujo de trabajo bastante ágil además de la interoperabilidad con Autodesk Revit Structure para ampliar el Building Information Modeling (BIM), que es una técnica de modelado de información aceptada como estándar a nivel mundial. Según el autor Villarroel, C. (2016).

Para los requisitos de diseño y análisis de acero esta establecido de la manera siguiente: en las disposiciones generales la resistencia y estabilidad, base de diseño de acuerdo el método diseño en base a resistencia y factores de carga, cargas y combinaciones de cargas se aplica las combinaciones de SEI/ASCE para su respectivo diseño. Según el autor AISC. (2010).

Es un modelamiento tridimensional que está evolucionando en diversas versiones, se analiza estructuralmente un edificio y este modelo analítico se puede exportar al software más especializado como el robot. Según el autor Mallqui, B. (2016).

La ingeniería estructural es la aplicación de la ciencia y las matemáticas a diseñar una estructura. Con referencia a los diversos códigos de construcción, en recomendaciones y códigos del Instituto Americano del Acero Construcción (AISC) y los datos empíricos derivados de toda la prueba realizada en acero estructuras, el ingeniero estructural entiende y puede adecuadamente predecir el comportamiento del acero. Según el autor Berman, G. (2001).

El hierro, el progreso de la civilización jugó un importante papel, el primer pueblo deliberada del hierro, dando a lugar ser llamada "edad de hierro". A la gran pirámide de Egipto. Donde se hallaron brazaletes y dagas de hierro, para adquirir el hierro la obtención de este era sumamente precario, hornos de carbón, se encontraban antiguamente en pozos, construyéndose con arcilla o piedra. Según el autor Graciela, F. (2003).

El acero forma parte de los materiales con más excelencia, tiene como ventaja las siguientes características posibilidad de reutilización, peso reducido, su rapidez ejecución y montaje, durabilidad, ductilidad, se protege de la intemperie y medio ambiente corrosivo. Según el autor Graciela, F. (2005).

El diseño de las estructuras, no se limitan hay diversas variedades como los puentes, edificios y otras estructuras que hacen referencia a torres de alta potencia, servicios de suministro de agua que se incluyen los ferrocarriles, marina y aviación. Bowles, J. (1996)

El criterio intuitivo o cualitativo es el que inicialmente se empieza a tener, muchas veces los criterios de estos pueden estar combinados, en la ingeniería estructural un preciso significado es: para el propietario una máxima eficiencia operativa, el peso mínimo, el tiempo de ejecución de un proyecto es mínima, el costo mínimo, trabajo mínimo, es justo dar a tallar una idea de lo que se busca en un trabajo ser óptimo y con buenos resultados. En Perú, las estructuras de acero quizás sea el más usado por el criterio del peso mínimo que se da en las estructuras. Según el autor Zapata, L. (1997).

El análisis de una estructura se puede determinar las cortante y normales empleando ecuaciones de la estática, las cuales no son suficientes, se es necesario las ecuaciones de compatibilidad de deformaciones de los miembros de una estructura o entre los apoyos. según el autor Ortiz, D. (2014)

Las viguetas de acero, son armaduras prediseñadas y soldadas que se apoyan con las vigas y/o tijerales, tienen alta resistencia se deben fijar en ser soldadas

o atornilladas, para evitar el movimiento en la construcción. Según el autor Vinnakota, S. (2006).

La armadura se encuentra compuesta y diseñada por elementos que se encuentran sometidos a fuerzas axiales de tensión o compresión, las dimensiones de su sección transmiten una carga en una sola dirección, su longitud es mayor, la armadura es una unidad geométrica. Según el autor Ortiz, D. (2014)

Encontramos diferentes tipos de carga:

Carga de viento: la extensa variedad de forma y tamaño de los mismos, así como el viento tiende a dificultar el problema ya que la naturaleza es fortuita. Topografía local, tipo de exposición al viento. El flujo del viento es un proceso de extremadamente complicado alrededor de los edificios y no logra por regla simple ser descriptos. Se establecen las características de estas mediante los flujos, durante las observaciones recurriendo a pruebas de túneles o directas en tamaño natural de viento. Sin embargo, en algunas situaciones de flujo típica y considerando la conducta puede ser fijada. Según el autor Luis F. Zapata Baglietto.

Carga de nieve: La estructura de los techos metálicos de una altitud que se encuentran a más de 3000m. la nieve mayormente en el Perú se edifica en zonas donde no es muy significativo, la nieve se utiliza un espesor no menor de 30 cm y un peso específico que es decir la sobrecarga de nieve no menor de 150kg/m³. Según el autor Zapata, L. (1997).

Carga viva. Se aplicará las cargas de nieve si la hubiera al área completa del techo, se tendrán en cuenta las disposiciones que produzcan los esfuerzos, será especificada a la elaboración del diseño de la estructura si fuera requerida o por las condiciones del caso Según el autor Imca. (2002).

Carga muerta: son cargas permanentemente con conexiones a la estructura de la misma, permanecen fijas en insitu, también, son elementos que soportan el propio peso de cada uno de los elementos, permanecen en una magnitud constante. Según el autor McCormac, J. (2012)

Carga de impacto: se aplica una fuerza considerada a tope de riel, en ambos sentidos para que actúe perpendicular a él, a ello está la rigidez lateral de acuerdo a su distribución de la estructura que tenga que aguantar el puente grúa. El tránsito de personas en las estructuras no son consideradas como una

carga de impacto al igual que el movimiento de muebles, los que tienen impacto a la estructura son los equipos de arranques, los equipos de elevadores y los puentes. Según el autor Zapata, L. (1997).

Las especificaciones AISC como reglamento de diseño, se encuentra integrado por los usuarios, los productores de los perfiles y los individuos en el desarrollo del acero, su objetivo es conseguir una estructura estable a través del tiempo y segura su especificación con lleva a un conjunto de reglas. el Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC), se debe conocer por el importante documento para que los profesionales tengan en cuenta, el instituto de investigación va adquiriendo y divulgando los conocimientos sobre el acero al igual que la redacción de las normas. Especificaciones para el Diseño, Construcción y Montaje de Estructuras de Acero para Edificaciones". tiene 9 versiones la cual fue fundado en el año 1912 y 1921. "el diseñador es el que tiene la última responsabilidad para una estructura segura" una estructura con varios aspectos de la seguridad, pero es imposible que en las especificaciones estén involucradas todas estas, en la cual el desarrollo depende del diseñador para la mayor seguridad. "Diseño por Esfuerzos Permisibles", Conocido por sus siglas ASD (Allowable Stress Design). "Diseño por Estados Límites", conocido por sus siglas LRFD (Load and Resistance Factor Design). Según el autor Zapata, L. (1997).

Los estados límite de servicio: en las relaciones de claro/peralte no excedan los límites aceptados comúnmente, la flecha por carga viva no es mayor de $L/360$, las condiciones de servicio suelen satisfacerse, las estructuras no actúan con cargas nominales completas. Según el autor López, O. (2004)

AISC diseño por factores de carga y resistencia, Las especificaciones AISC-86 (5) tienen los siguientes criterios uno de ellos es, Calibración de los resultados con los que se obtiene en el método ASD, con el objeto que las estructuras no sean muy diferentes entre ambos métodos al igual que un modelo basado en probabilidades. en Canadá en el año 1974 ha ganado terreno de la filosofía de este diseño en USA, el acero en estructuras es un caso especial.

LRFD utiliza factores separados para cada carga y para la resistencia. Se necesita mucha averiguación y práctica para establecer los factores apropiados. Porque los diferentes factores reflejan el grado de incertidumbre

de desiguales cargas y combinaciones de cargas y la precisión de la resistencia prevista, una fiabilidad más uniforme es posible. Según el autor AISC. (1994) El diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), las cargas factorizadas se seleccionan para que tengan una suficiente resistencia frente a estas, el plástico es un diseño similar en tanto que se considera una condición de falla y la resistencia, el factor de resistencia es reducido por la aplicación. Según el autor. Segui, W. (1999)

Dependen de varios factores y del tipo de componente, el 0.90 para componentes sometidos a flexión y corte, 0.75 para fractura, 0.85 para compresión y 0.90 para fluencia en miembros en tracción. Se considera diversas combinaciones de cargas, la cual se asume el valor máximo en la vida útil en la construcción. Según el autor Crisafulli, F. (2018)

El método LRFD tiene como antecedente, para los factores de mayorización de las cargas, los valores dados en 1982 por los Estándares ANSI. Dichos factores están relacionados con el tipo de carga y en especial con la Combinación de Carga a considerar.

El método del LRFD al mencionarlo se indica no tratar de confundir con los esfuerzos unitarios ya que emplean en los métodos del ASD, se encuentra la envolvente ya sea por tracción y compresión, por flexión por acciones normales o por corte para encontrar los esfuerzos internos, al igual que los esfuerzos combinados. Estos esfuerzos requieren acciones internas la cual generan en los miembros el tipo concreto de resistencia. Las cargas mayores de combinación son las que dan mayor resultado, es decir, es la combinación mayor que solicita la estructura, estos se deben considerar en los efectos del diseño estructural. Zapata, L. (1997).

El metal base y su preparación para soldar deberán cumplir con la WPS aprobada. Para todos los tipos de juntas soldadas, la longitud de la soldadura y las dimensiones del metal, con la excepción de las soldaduras tubulares que se realizarán de acuerdo con AWS. Según el autor Marchione, R. (2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación.

Tipo de Investigación.

El método a emplear al desarrollo de este proyecto será el método descriptivo, porque se describirá el sistema del techo metálico a través de un cálculo estructural, estas estructuras están a base de elementos de acero estructural, se tiene que estudiar el análisis y el comportamiento estructural de acuerdo a las cargas que la estructura se encuentra sometida.

Se somete a un análisis para recoger información de manera independiente, según Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M., (2014).

Diseño de Investigación

Investigación No Experimental Transversal Descriptivo: Establecer el procedimiento del cálculo estructural del Sistema de un techo metálico, debido a las cargas solicitadas empleando metodología BIM.

observar fenómenos que se dan en su contexto natural, para poder hacer un análisis, sin manipular las variables. Según Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M., (2014).

3.2. Variables y Operacionalización

Identificación de Variable

Variable: Diseño de un techo metálico empleando metodología BIM.

Las variables se dan en diferentes modalidades de personas, categorías sociales o grupos, la edad, el sexo, educación, ocupación, corresponde a diferentes atributos o características. Según el metodólogo Briones, G. (2002).

3.3. Población, Muestra, Muestreo.

Población.

La población de la investigación es el techo metálico de un patio de formación de la Institución Educativa Fe y Alegría N° 49

El techo metálico se compone de los siguientes elementos estructurales:

La vigueta metálica, tijeral metálico que a su vez se divide en brida superior, brida inferior, diagonales y montantes.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas

Para la técnica de esta investigación se utilizará lo siguiente:

- Análisis Documental de la metodología BIM para elaboración del diseño estructural de un techo metálico.
- Análisis Documental del Diseño estructuras metálicas de la norma E 090 y norma extranjera del AISC-LRFD.

La técnica juega un papel muy importante en la investigación científica donde se aplica la respuesta al “como hacer”, que tiene como objetivo alcanzar todas las actividades. Consisten en rasgos esenciales, aporta instrumentos para la recolección de datos, propone diseños de investigación, Proporciona a la ciencia el instrumental experimental. según el autor Baena, G. (2017)

Instrumentos de Recolección de Datos.

Referido a las técnicas que se empleara en la siguiente investigación, el uso de instrumentos tales como: tres hojas de cálculo: predimensionamiento del elemento estructural (1.0 módulo de inercia y 02.0 módulo de sección elástica) y 3.0 identificación a elementos de tracción y compresión para poder comprobar con satisfacción mis técnicas descritas, que se podrán hallar como anexos del propósito de investigación en la parte final.

Los instrumentos permiten la ejecución de las técnicas, son los materiales o elementos como sería el cuestionario, los instrumentos frecuentes son, documentos reuniones, imágenes. Etc. Es una investigación precisa para dar respuesta al problema que se planteó a un inicio, debe indicar a las personas o la persona que participara. Según el autor Niño, V. (2011)

Validación de Instrumentos.

Para la validación de los instrumentos indicados, se aprobó por expertos en la línea de investigación de estructuras diseño sísmico y estructural de las edificaciones y estructuras metálicas de los proyectos de inversión pública por los siguientes ingenieros civiles de la ciudad de Piura: Mg. Ing. Rodolfo Enrique Ramal Montejo, Mg. Ing. Luis Alberto Granda Tume y Mg. Ing. Axel Jaffar Pacheco Pilares.

3.5. Procedimiento

Esta investigación tendrá como procedimiento de recolección de datos lo siguiente, en sus instrumentos, es el empleo de tres hojas de cálculo que a una primera instancia se empleará en el predimensionamiento de las estructuras de acero como son las hojas de cálculo N° 1, N° 2 y después del análisis y diseño estructural de la estructura metálica se identificarán los elementos estructurales de acero mediante esfuerzos axiales en base de la hoja de cálculo N° 3 siendo elementos a compresión y atracción respectivamente.

3.6. Método de Análisis de Datos

El método de análisis que se usará para conseguir el objetivo general y los objetivos específicos en este proyecto de investigación titulada como: "Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativa Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020." Se realizará en el diseño de las viguetas, tijera de material de acero estructural A36, con la herramienta computacional de estructuras metálicas Robot structural Analysis Professional V20, para realizar el procedimiento de análisis estructural en este caso será un análisis estático

lineal para su posterior diseño correcto, se realizará el cálculo aplicando la norma E 090 estructuras metálicas y norma extranjera del AISC-LRFD.

Se empleará el modelado bidimensional para el predimensionamiento estructural preliminar para su posterior modelado tridimensional en el software Robot structural Analysis Professional V20 en el cual obtendremos los resultados del análisis estructural (esfuerzos internos, análisis detallado. Etc.) para su diseño correspondiente.

Al obtener los esfuerzos internos de los elementos estructurales de acero obtenidos del programa estructural se verificará los elementos a tracción y/o compresión para lo cual se optimizarán de acuerdo a las normas correspondientes. De esta manera se realizará un diseño seguro confiable de una cobertura metálica y/o techo metálico.

3.7. Aspectos Éticos

La investigación de este proyecto hecha con suma responsabilidad, respetando la ética del capítulo de los ingenieros civiles del Perú aplicando los lineamientos de la norma técnica peruana y dando total veracidad al resultado del diseño de un techo metálico.

Las faltas en contra la ética profesional, contra la institución y contra el ejercicio de la actividad profesional prescriben a los cuatro (04) años, sin perjuicio del cómputo de los plazos de prescripción respecto de las demás obligaciones que se deriven de los efectos de la comisión de la infracción. Según el artículo 23 Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú CIP (2012)

IV. RESULTADOS

- Objetivo general: Diseñar un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

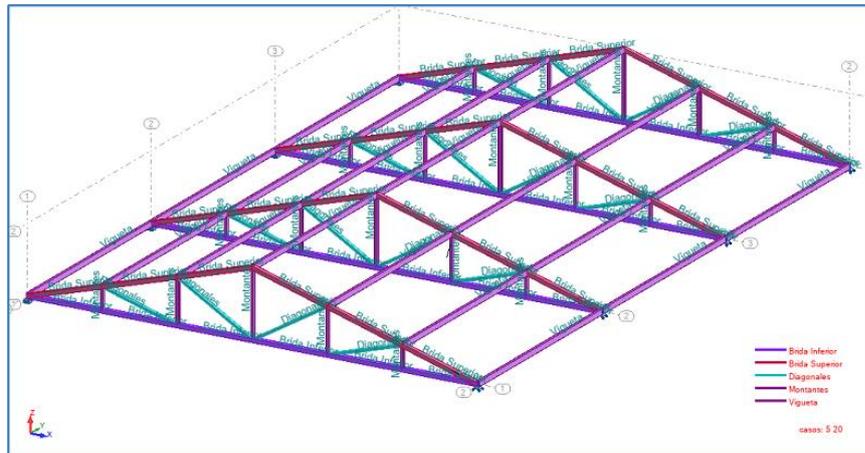


Figura N° 01 Techo Metálico Armadura tridimensional. Robot Structural cumplió con el Reglamento nacional de edificaciones - norma E-090 en estructuras metálicas con sus exigencias mínimas establecidas, obteniendo resultados de los perfiles óptimos y favorables que van con los objetivos planteados desde su inicio, El desarrollo se ubica en la página de los anexos.

- Objetivo Específico N°01: Determinar el diseño de la vigueta metálica de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

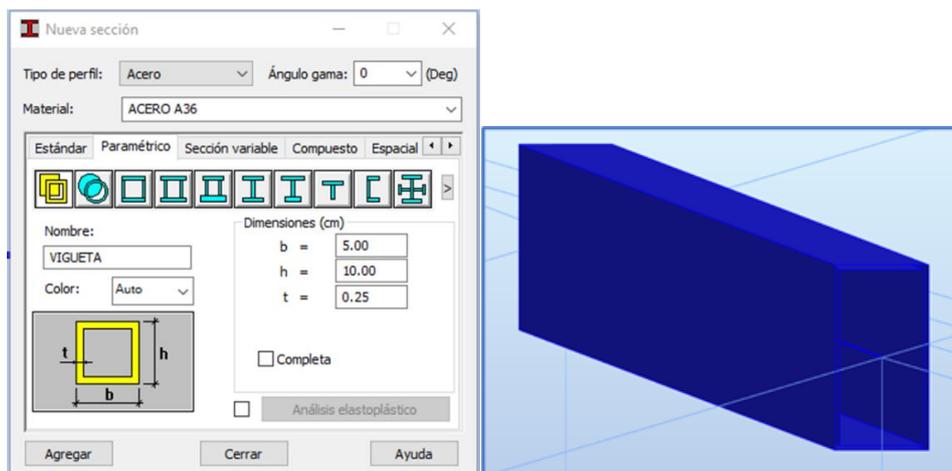


Figura N° 02 Propiedades de la vigueta de 50x100x2.5mm. Robot.

Una vez realizado el Metrado de cargas, se procedió al análisis y diseño estructural de la vigueta, se obtuvo un perfil final de 50x100x2.5mm -A 36 que se visualiza N°02, El desarrollo se ubica en la página de los anexos.

- Objetivo específico N°02: Determinar el diseño de los elementos estructurales de los tijerales de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

Figura N°03: Brida superior 75x75x2.0mm

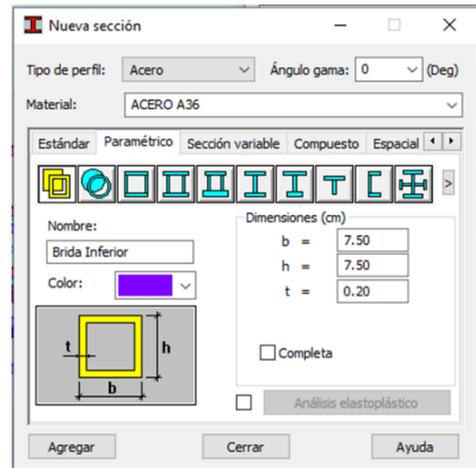
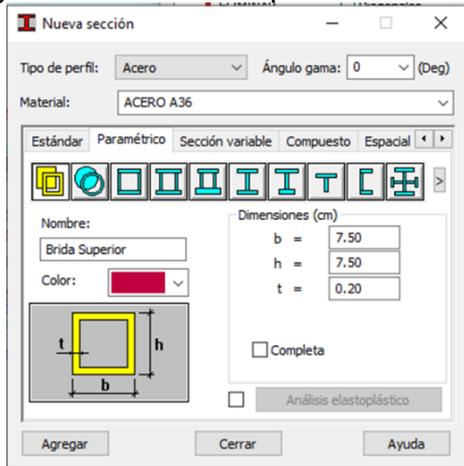


Figura N° 04: Brida inferior 75x75x2.0mm

Figura N° 05: Montantes 50x50x2.0mm

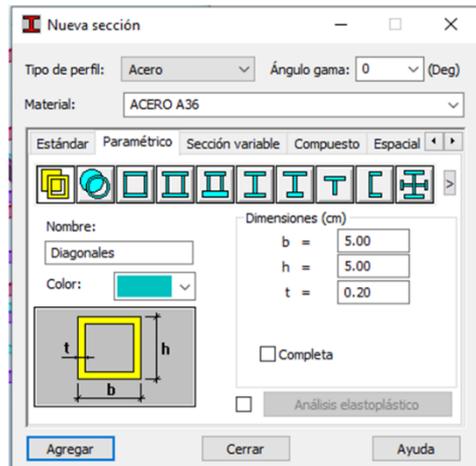
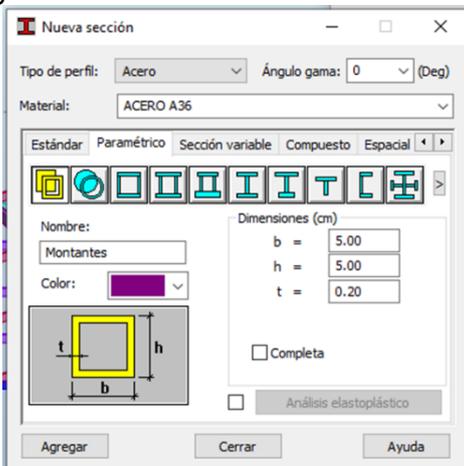


Figura N° 06: Diagonal 50x50x2.0mm

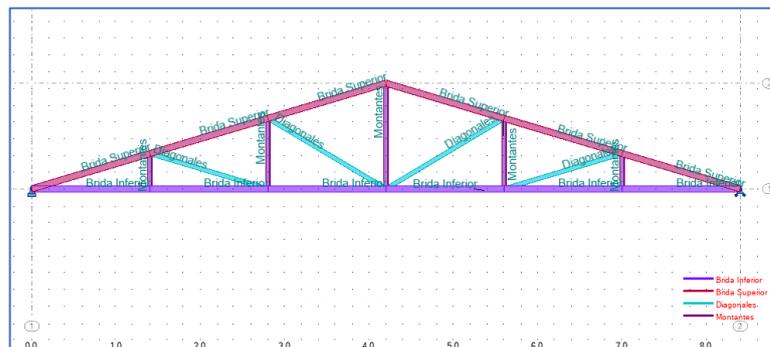


Figura N°07 Tijeral - Armadura tipo HOWE

Se continuo con el valor de las reacciones de las viguetas para su análisis y diseño del tijeral obteniendo como resultado las siguientes dimensiones:
El desarrollo se ubica en la página de los anexos.

- Objetivo específico N°03: Determinar la interoperabilidad entre Revit y Robot de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

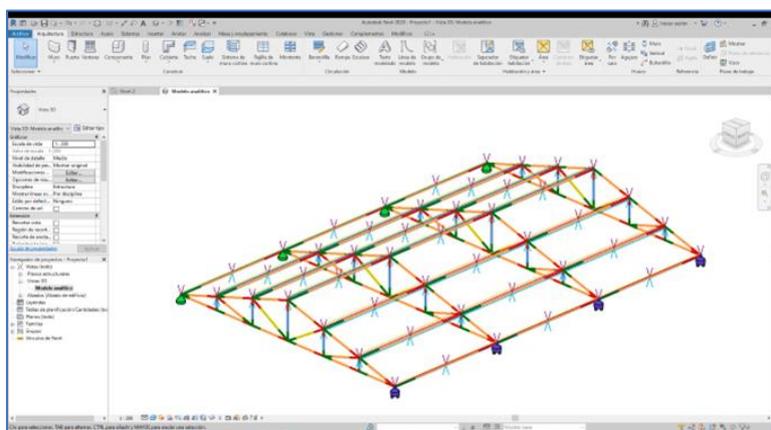


Figura N° 08 Modelo Analítico 3D exportado a Autodesk Revit Structure.

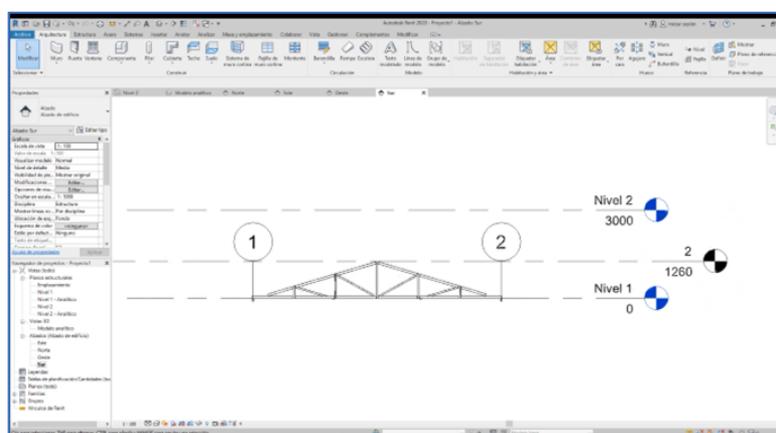


Figura N° 09 Elevación del techo metálico exportado de Revit Structure.

Una vez terminado el análisis y diseño tridimensional de la estructura se procedió a la integración de robot structural a Revit structure para la realización de los planos y detalle del techo metálico. El desarrollo se ubica en la página de los anexos.

V. DISCUSIÓN

- Objetivo general: Diseñar un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativa Fe y Alegría N.º 49 Piura.

Los resultados de la estructura de la cobertura metálica 3D que empezó desde el Predimensionamiento de los elementos estructurales metálicos tales como la vigueta metálica de sección simple de un solo tramo, el tijeral metálico de sección compuesta tipo armadura howe que está compuesto por la brida superior, brida inferior, montantes y diagonales, hasta su análisis y diseño estructural, que según el método del LRFD, se dividen en dos categorías tanto de resistencia como de servicio aplicando las combinaciones de carga según nuestro reglamento nacional de edificaciones de nuestro país, confirman el respaldo teórico del antecedente internacional que se ha usado en esta tesis, tenemos a Montoya (2016) en su tesis titulada “Optimización de estructuras de naves industriales empleando la tecnología BIM. En México”, donde después de revisar que las secciones de los elementos sean correctas, haber asignado restricciones a los apoyos, materiales, casos de carga, cargas y determinar las bases de diseño, se procede a la revisión del modelo mediante un análisis estático lineal, en el cual se consideraron cargas gravitacionales y presiones de viento.

Que el programa software utilizado del Robot Structural perteneciente a la rama del BIM es importante para naves industriales y cerchas metálicas tridimensionales que se empleó en ambas tesis.

Con estos resultados se respaldan las teorías del autor Luis F. Zapata Baglietto, del diseño por el método del LRFD (Load and Resistance Factor Design) diseño por estados límites, para estructuras metálicas, Adicionalmente los resultados se respaldan las teorías del autor McCormac, J, del método del LRFD (Load and Resistance Factor Design), los estados límite de resistencia se basan a la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluyen las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo, los estados límites de servicio se refieren

al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio y tienen que ver con aspectos asociados con el uso y ocupación, tales como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos

- Objetivo específico N°01: Determinar el diseño de la vigueta metálica de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

Los resultados del análisis y diseño de la vigueta metálica fueron obtenidos mediante el procedimiento, iniciando con el metrado de carga, tales como: muerta, viva de techo, viento, donde se verifico tanto el procedimiento computacional y manual, obteniendo perfiles correctos, donde se confirma que el desarrollo del análisis y diseño de la vigueta, en la tesis “Optimización de estructuras de naves industriales empleando la tecnología BIM. En México”, son similares debido a que utilizan la misma metodología y código de diseños de estructuras metálicas.

En el predimensionamiento del elemento de la vigueta metálica, se requiere el módulo de inercia y el módulo de la sección elástica, además en su análisis y diseño se tendrá que verificar flexión, por lo cual se corrobora la teoría del autor Luis F. Zapata Baglietto.

- Objetivo específico N°02: Determinar el diseño de los elementos estructurales de los tijerales de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

Los resultados del análisis y diseño del tijeral de sección compuesta armadura tipo howe, fueron realizados producto de un procedimiento de transmisiones de combinaciones de cargas según código proporcionada por las reacciones de la vigueta metálica, donde se realizó las verificaciones tanto manual como de cómputo, donde se confirma que el desarrollo del análisis y diseño de la vigueta, en la tesis “Optimización de estructuras de naves industriales empleando la tecnología BIM. En México”, son similares pues rigen a la misma metodología de cálculo de estructuras metálicas.

Durante el diseño estructural de estructuras metálicas, se requiere corroborar aquellos elementos que se encuentran a esfuerzos de tracción y de compresión aplicando calculo manual, por lo cual se corrobora la teoría de la autora Graciela, F. (2003).

- Objetivo específico N°03: Determinar la interoperabilidad entre Revit y Robot de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura.

Una vez realizado el análisis y diseño tridimensional del techo metálico en el programa Robot Structural, se procede a realizar la interoperabilidad con el programa Autodesk Revit Structure, para su continuidad del desarrollo de los planos de la especialidad de estructuras, donde se confirma la interoperabilidad entre los programas, en la tesis “Optimización de estructuras de naves industriales empleando la tecnología BIM. En México”, donde hacen mención, que debido a que ambos programas son creados por el mismo fabricante que es Autodesk, por lo cual existe entre ellos mejor interoperabilidad, este vínculo facilita el procedimiento iterativo entre ambos.

Una aclaración importante es que después de haber analizado el análisis y diseño de la estructura es necesario los planos de detalle, por lo cual el programa Robot Structural no trae esta aplicación, por lo cual es necesario exportarlo a programas que realicen lo mencionado como es el caso del Revit Structure, por lo cual se corrobora la teoría del autor Villarroel, C. (2016).

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. La descripción del Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N° 49 Piura, cumple con requisitos mínimos y los criterios establecidos en la norma E-090 estructuras metálica y del AISC-LRFD. Asimismo, esta metodología se puede aplicar en todo el país en los proyectos de inversión pública pues es económica y rentable para su ejecución de obra.
- 6.2. El Análisis y Diseño de la vigueta metálica cumple con requisitos mínimos y los criterios establecidos por las normas vigentes, se tuvo en cuenta el procedimiento manual como método computacional que se empleó el Programa de software de cálculo y diseño estructural Robot Structural V20 en tres dimensiones donde se estudia en conjunto por el método de diseño AISC-LRFD.
- 6.3. El Análisis y Diseño del tijeral sección compuesta por la brida superior, brida inferior, montantes y diagonales cumple con requisitos mínimos y los criterios establecidos por las normas vigentes, se tuvo en cuenta el procedimiento manual como método computacional que se empleó el Programa de software de cálculo y diseño estructural Robot Structural V20 en tres dimensiones donde se estudia en conjunto por el método de diseño AISC-LRFD.
- 6.4. El programa Robot Structural posee un flujo de trabajo ágil, que gracias a la interoperabilidad con Autodesk Revit Structure, se procede a culminar el detallamiento de los planos de la especialidad de estructuras, que amplía el BIM (Building Information Modeling), que es una técnica de modelado de información aceptada a nivel mundial, optimizando tiempos y evitando errores en los detalles de los planos de estructuras y así deficiencia del expediente técnico de los proyectos de inversión pública.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Realizar alternativas de propuestas de techos metálicos que puedan cubrir luces mayores y a costos menores empleando, por ejemplo, techos autosoportantes de dos aguas con la implementación de la metodología BIM.
- 7.2. Una vez modelado en el software de cálculo y diseño estructural Robot Structural V20. del grupo de viguetas y estas en la fase de diseño por los códigos del AISC-LRFD, la vigueta metálica falla ante cualquier estado de carga (muerta, viva y viento) y combinación de carga, se recomienda aumentar la sección de sus dimensiones para que cumpla las exigencias y así proceder con su respectivo diseño.
- 7.3. Una vez modelado en el software de cálculo y diseño estructural Robot Structural V20. del grupo de los tijerales de sección compuesta de armadura tipo howe y estas en la fase de diseño por los códigos del AISC-LRFD, los elementos del tijeral (brida superior, brida inferior, montantes y diagonales) falla ante cualquier combinación de carga, se recomienda aumentar la sección de sus dimensiones de los diferentes elementos para que cumpla las exigencias y así proceder con su respectivo diseño.
- 7.4. Una vez exportado de Robot Structural a Revit Structure se tiene que hacer la configuración respectiva si el nudo en el modelo analítico corresponde a una unión o soldadura por lo cual se recomendaría en una posterior actualización de software de Robot Structural que tenga una configuración predeterminada, pues se ahorraría mucho más tiempo en estructuras de armaduras reticulares.

REFERENCIAS

- Almonacid, K. & Navarro, J. & Rodas, I. (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología BIM en la empresa constructora e inmobiliaria "ij proyecta"* (tesis de maestría). Universidad Peruana de ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- American Institute of Steel Construction (1994). *Manual of Steel Construction Load & Resistance Factor Design (2ed.)*. USA, América: Copyright.
- American Institute of Steel Construction (2001). *Code of standard practice for Steel buildings and bridges (1ed.)*. USA, América: Copyright.
- American Institute of Steel Construction (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero (1ed.)* USA, América: ALACERO.
- American Institute of Steel Construction (2019). *Bim & Vdc for structural steel (1ed.)* USA, América: ALACERO.
- APA. (2016). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association*. México, D.F.: Editorial El Manual Moderno.
- Borja, J. (2017). *Aplicación de Metodología BIM, en el Ciclo de Vida de Estructuras Industriales para Instalaciones Mecánicas*. (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Badia, J. & Gálvez, C. (2017). *Guía Inicial para Implementar BIM en las Organizaciones*. Santiago de Chile, Chile: Corporación de Desarrollo Tecnológico.
- Bowles, J. (1996). *Diseño de Acero estructural*. Balderas, México: Grupo noriega editores.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*, México: Grupo Editorial Patria.
- Coloma, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*. Barcelona, España: Coloma Pico Eloi.
- Crisafulli, F. (2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero*. Mendoza, Argentina: asociación latinoamericana del acero (ALACERO).
- Colegio de Ingenieros del Perú (2010-2012). Colegio de Ingenieros del Perú, Piura, Perú, 11 de agosto de 2012.
- Decreto supremo N° 011-2006- NORMA E020 (cargas). Diario oficial el peruano, lima, Perú, 08 de mayo de 2006.

- Decreto supremo N° 011-2006- NORMA E090 (Estructuras metálicas). Diario oficial el peruano, lima, Perú, 08 de mayo de 2006.
- Flores, M.& García, C. (2016). *Propuesta de un estándar para implementar la Metodología BIM en obras de Edificación Financiadas con recursos Públicos en Colombia* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Graña y Montero -GYM (2012). *Manual de Estándares BIM (1ed.)* Perú. Microdesk.
- Graciela, F. (2003). *Diseño de estructuras metálicas estados limites LRFD*. Caracas, Venezuela: María Graciela Fratelli.
- Graciela, F. (2005). *Proyectos de estructuras de acero*. Caracas, Venezuela: María Graciela Fratelli.
- Hernández, S. (2016). *Uso de la Metodología "BIM" en la constructibilidad de los proyectos de infraestructura en la Contraloría General de la República, Jesús María*. (tesis de maestría). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Hardin, B. & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management Proven Tools, Methods, and Workflows*. Indianapolis, Indiana: Mary Beth Wakefield.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M., (6 ed.). (2014), *Metodología de la Investigación*, Colonia Desarrollo Santa Fe, México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A.
- Hoyos, G., Sandoval, C., Delgado, H., Correa, Santiago. y Restrepo, B., (1ed.) (2002) "Epistemología de las Ciencias Sociales" Briones, G. Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales (29-219). Bogotá, Colombia: ARFO Editores e Impresores Ltda.
- Instituto mexicano de la construcción en acero (4ed.) 2002. *Manual de construcción en acero diseño por esfuerzos permisibles*. México: Editorial Limusa.
- Jurado, c.& Alva, C. (2016). *valor real para el cliente de la gestión BIM (pre-construcción virtual) en proyectos de edificaciones*. (tesis de maestría). Universidad de Piura, Lima, Perú.
- Karathodoros, G.& Brynjólfsson, Ò. (2013). *Governing the implementation of BIM A construction client perspective*. (tesis de maestría). Chalmers University of Technology, Gothenburg, Suecia.

- López, O. (2004). *Diseño de Estructuras de Acero Construcción Compuesta*. Colonia Nápoles, México: Fundación ICA, A.C.
- Montoya, D. (2016). *Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM* (tesis de maestría). Universidad autónoma de Aguascalientes, Ags, México.
- McCormac, J. (2002) *Diseño de estructuras de acero Método LRFD*. colonia del valle, México: Alfaomega.
- McCormac, J. & Csernak, S. (2012) *Diseño de estructuras de acero*. colonia del valle, México: Alfaomega.
- Marchione, R. (4ed.). (2018). *New York State Steel Construction Manual America*. Prepared by the Metals Engineering unit.
- Mallqui, B. (2016). *Revit structure*. Lima, Perú: Editora Macro EIRL.
- Nawari, N. & Kuenstle, M. (2015). *Building Information Modeling Framework for Structural Design*. Broken Sound Parkway, EE. UU.: CRC Press is an imprint of theTaylor.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación Diseño y Ejecución*, Colombia: Ediciones de la U.
- Ortiz, D. (2014). *Resolución de Armaduras en 2d con el Método Matricial de la Rigidez*. Recuperado: <https://civilgeeks.com>.
- Ortiz, D. (2014). *Estructuras Isostáticas Problemas resueltos 2D*. Recuperado: <https://civilgeeks.com>.
- Resolución Ministerial N.º 242. Diario oficial el peruano, lima, Perú, 17 de Julio de 2019.
- Segui, W. (1999). *Diseño de estructuras de acero*. México, México: International Thomson Editores.
- Vera, C. (2018). *Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. modelo BIM 5d costes*. (tesis de maestría). Universidad de Sevilla, Andalucía, España.
- Villarreal, C. (2016). *Análisis y Diseño de Estructuras con AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2016*. Santa Cruz, Bolivia: Primera edición.
- Villarreal, C. (2016). *Estructuras de Acero AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2016*. Santa Cruz, Bolivia: Primera edición.

- Vinnakota, S. (2006). *Estructuras de Acero comportamiento y LRFD*. Colonia Nápoles, México: McGraw- Hill/ interamericana editores.
- Valderrama, S. (1ra Ed.). (2013). *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Zapata, L. (1997) *Diseño Estructural en Acero*. Recuperado <https://libreriafavorita.blogspot.com>.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------





**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : [F08-PP-PR-02.02](#)
Versión : [10](#)
Fecha : [10-06-2019](#)
Página : 1 de 1

Anexo 03 Operacionalización de Variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
<p>Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N° 49 Piura, 2020.</p>	<p>Es una cobertura metálica que se compone por diferentes elementos de acero como son las viguetas, tijerales modelados y diseñados con BIM, que garantizan seguridad y estabilidad estructural</p>	<p>Tiene como trabajo cubrir ambientes globalmente estructurados con elementos de acero.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las viguetas: son de alta resistencia sus barras trabajan a flexión, son piezas horizontales que soportan cargas apoyadas en dos puntos. Vinnakota, S. (2006). - El tijeral: es una celosía de una estructura reticular ya sean en barras rectas o interconectadas con nudos formándose triángulos, en dichas estructuras su predominante es que las barras trabajan a compresión y tracción, sus elementos son brida superior, brida inferior, montante y diagonal. Vinnakota, S. (2006). - Interoperabilidad de programas BIM referente arquitectura y estructuras: Es un vínculo que facilita el proceso de diseño iterativo y el intercambio de datos. Mallqui, B. (2016). 	<ul style="list-style-type: none"> - Predimensionamiento Estructural <ul style="list-style-type: none"> - Metrado de cargas - Análisis estático - Diseño de los elementos estructurales - Predimensionamiento Estructural <ul style="list-style-type: none"> - Metrado de cargas - Análisis estático - Diseño de los elementos estructurales - software BIM compatibles con el IFC interoperables. 	<p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p>

Anexo 04 Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p>general</p> <ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuál es el diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegria N.º 49 Piura, 2020? 	<p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> – Diseñar un techo metálico empleando metodología BIM del proyecto en el centro educativo Fe y Alegria n° 49 Piura 	<p>Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegria N° 49 Piura, 2020.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – El tijeral 	<ul style="list-style-type: none"> – Predimensionamiento Estructural – Metrado de cargas – Análisis estático – Diseño de los elementos estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> – predimensionamiento del elemento estructural (1.0 módulo de inercia y 02.0 módulo de sección elástica) – 3.0 identificación a elementos de tracción y compresión
<p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuál es el diseño de la vigueta metálica? – ¿Cuál es el diseño de los elementos estructurales de los tijerales de un techo metálico? – ¿Cuál es la interoperabilidad entre Revit y Robot de techo metálico? 	<p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Determinar el diseño de la vigueta metálica. – Determinar el diseño de los elementos estructurales de los tijerales de un techo metálico. – Determinar la interoperabilidad entre Revit y Robot de techo metálico. 	<ul style="list-style-type: none"> – Las Viguetas – Interoperabilidad de programas BIM referente arquitectura y estructuras 	<ul style="list-style-type: none"> – Predimensionamiento Estructural – Metrado de cargas – Análisis estático – Diseño de los elementos estructurales – software BIM compatibles con el IFC interoperables. 		

Anexo 05 instrumento de recolección de datos

Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

Instrumento

- Módulo de Inercia

LONGITUD (M)	
CARGA MUERTA CM(kg/m²)	
CARGA VIVA DE TECHO LR(kg/m²)	
CARGA DE VIENTO CW(kg/m²)	
COMBINACIÓN DE SERVICIO CS(kg/m²)	
COMBINACIÓN MÁXIMA COMB. MAX.	

COMBINACIÓN DE DISEÑO C.DISEÑO	
ANCHO TRIBUTARIO (M)	
W(kg/m)	
SMAX(kg/m²)	
E(kg/m²)	
COMO	$\delta_{max} = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI}$
SE TIENE	$l = \frac{5wL^4}{384E\delta_{max}}$
I(m⁴)	
I(cm⁴)	

Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

Instrumento

- Módulo de Sección Elástica

MOMENTO MÁXIMO M.MAX.	82.50	Kg.m
FY (RESISTENCIA A LA FLUENCIA)		Kg.m2
S (MÓDULO DE SECCIÓN)		m3
S (MÓDULO DE SECCIÓN)		cm3
COMO	$\sigma = \frac{M_{m\grave{a}ximo} C}{I} = \frac{M_{m\grave{a}ximo}}{S}$	
TENEMOS	$S = \frac{M_{m\grave{a}ximo}}{0.9 f_y}$	

Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

Instrumento

- Identificación a Elementos de Tracción y Compresión

VIGUETA

VERIFICACION DE ESBELTEZ

COMPRESIÒN:

- AG: Area total de seccion
- r: radio de giro
- L: Longitud
- K: Factor de longitud
- L/r: relacion de esbeltez
- KL/r= factor de relacion de esbeltez

COMPRESIÒN 200 **ACERO NO PANDEA**

$$\frac{KL}{r} < 300; \text{Tracción}; \frac{KL}{r} < 200; \text{Compresión}$$

VERIFICACION DE CARGA COMPRESIÒN

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 0.85 F_{cr} \cdot A_g$$

$$\lambda = \frac{KL}{r} * \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$\lambda \leq 1.5: F_{cr} = (0.658 \lambda^2) * f_y \quad \lambda > 1.5: F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda^2} * f_y$$

F_{cr} : Esfuerzo critico de pandeo
 λ :

- f_y : Resistencia a la fluencia
- E: Modulo de elasticidad
- A_g : Area total de seccion
- ϕP_n : resistencia nominal
- ϕP_n : resistencia nominal
- P_u : carga factorizada

PERFIL CORRECTO

VERIFICACIÓN DE CARGA TRACCIÒN

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 0.90 F_y \cdot A_g$$

f_y : Resistencia a la fluencia
 A_g : Area total de seccion
 ϕP_n : resistencia nominal
 ϕP_n : resistencia nominal
 P_u : carga factorizada

PERFIL CORRECTO

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, RODOLFO ENRIQUE RAMAL MONTEJO con DNI N° 40025063 Magister en DOCENCIA UNIVERSITARIA Y GESTIÓN EDUCATIVA

N° CIP 88658, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DIRECTOR DE ESCUELA en UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

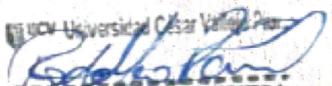
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para el Módulo de Inercia	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.


 M^g. RODOLFO RAMAL MONTEJO
 DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA C

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, RODOLFO ENRIQUE RAMAL MONTEJO con DNI N° 40025063 Magister en DOCENCIA UNIVERSITARIA Y GESTIÓN EDUCATIVA

N° CIP 88658 de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DIRECTOR DE ESCUELA en UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para el Módulo de Sección Elástica	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.


 Mg. RODOLFO RAMAL MONTEJO
 DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA C

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, RODOLFO ENRIQUE RAMAL MONTEJO, con DNI N° 40025063, Magister en DOLENCIA UNIVERSITARIA Y GESTION EDUCATIVA

N° CIP 88658, de profesión INGENIERO CIVIL, desempeñándome actualmente como DIRECTOR DE ESCUELA en UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

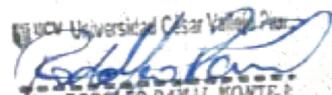
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para la Identificación a Elementos de Tracción y Compresión	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.


 Ms. RODOLFO RAMAL MONTEJO
 DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA C

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, LUIS ALBERTO GRANDA TUME..... con DNI N° 16465019.... Magister
 en PLANIFICACIÓN REGIONAL.....

N° CIP 58297.., de profesión ... INGENIERO CIVIL.....
 desempeñándome actualmente como EVALUADOR Y PROYECTISTA DE PIP.....
 en GOBIERNO REGIONAL DE PIURA.....

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para el Módulo de Inercia	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.


 Luis A. Granda Tume Msc
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 58291

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, LUIS ALBERTO GRANDA TUME con DNI N° 16465019 Magister en PLANIFICACION REGIONAL

N° CIP 58291, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como EVALUADOR Y PROYECTISTA DE PIP en GOBIERNO REGIONAL DE PIURA

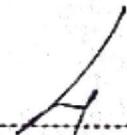
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para el Módulo de Sección Elástica	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				x	
2. Objetividad				x	
3. Actualidad				x	
4. Organización				x	
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad				x	
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología				x	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.



 Luis A. Granda Tume Msc
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 58291

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, LUIS ALBERTO GRANDA TUME..... con DNI N° 16465019. Magister en PLANIFICACION REGIONAL.....

N° CIP 58291..... de profesión INGENIERO CIVIL.....
 desempeñándome actualmente como EVALUADOR Y PROYECTISTA DE PIP.....
 en GOBIERNO REGIONAL DE PIURA.....

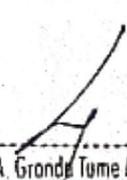
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para la Identificación a Elementos de Tracción y Compresión	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				x	
2. Objetividad				x	
3. Actualidad				x	
4. Organización				x	
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad				x	
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología				x	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.


 Luis A. Granda Tume Mst
 ING. CIVIL
 Reg CIP N° 58291

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, AXEL JAFFAR PACHECO PILARES con DNI N° 44871659 Magister en INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS

N° CIP 190458, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS en PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERIA TALARA

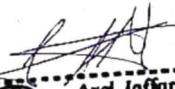
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para el Módulo de Inercia	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				x	
2. Objetividad				x	
3. Actualidad				x	
4. Organización				x	
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad				x	
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología				x	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.


 Axel Jaffar
 Pacheco Pilares
 Ingeniero Civil
 CIP: 190458

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, AXEL JAFFAR PACHECO PILARES con DNI N° 44871659 Magister en INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS

N° CIP 190458, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS en PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para el Módulo de Sección Elástica	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				x	
2. Objetividad				x	
3. Actualidad				x	
4. Organización				x	
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad				x	
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología				x	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.



 Axel Jaffar
 Pacheco Pilares
 Ingeniero Civil
 CIP: 190458

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, AXEL JAFFAR PACHECO PILARES con DNI N° 44871659 Magister en INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN ESTRUCTURAS

N° CIP 190458, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS en PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERIA TALARA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guía de pautas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hojas de cálculo para la Identificación a Elementos de Tracción y Compresión	Deficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Excelente
1. Claridad				x	
2. Objetividad				x	
3. Actualidad				x	
4. Organización				x	
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad				x	
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología				x	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de junio del dos mil veinte.



 Axel Jaffar
 Pacheco Pilares
 Ingeniero Civil
 CIP: 190458

Piura, 25 de junio del 2020

CARTA N° 001-2020/LAF

Hna. Blanca Hernández Gómez
Directora del colegio Fe y Alegría N° 49

Yo Leydeylira Aniceto Febre con identificado con DNI N° 70381587, ingeniera civil de la universidad cesar vallejo, ante usted me presento y expongo:

Que, se presenta el proyecto de investigación titulado “Diseño de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N° 49 Piura, 2020”

Por este conducto me permito solicitar el apoyo para el ingreso a la Institución educativa que usted dirige, para realizar trabajos de investigación y cumplir con buenos resultados de esta investigación.

Somos conscientes de que la colaboración para la institución es vital para el avance científico y tecnológico del país, por lo que le reitero mi total compromiso de seguir colaborando con ustedes en el desarrollo sostenible del mismo.

Atentamente



LEYDEYLIRA ANICETO FEBRE
INGENIERA CIVIL
Reg CIP N° 217807

Leydeylira Aniceto Febre
70381587



Anexo 06: Desarrollo de Informe de investigación
DATOS DEL PROYECTO

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL
PROYECTO: TECHO METÁLICO EN LA INSTITUCIÓN
EDUCATIVO FE Y ALEGRÍA N°49

DATOS GENERALES

Ubicación :	Piura
N° de pisos :	1
Uso :	Colegio
Sistema estructural :	Techo Metalico
Área techada :	100.8 m ²
Sobrecarga :	30 Tn/m ²
Módulo del elasticidad del acero :	Em: 20000000 Tn/m ²

ESTRUCTURACIÓN

El techo metálico tiene las siguientes características:

Nombre:	ACERO A36	Descripción:	ACERO ASTM A-36
---------	-----------	--------------	-----------------

Elasticidad		Resistencia	
módulo de Young, E:	2100000.0 (kgf/cm ²)	Característico	2550.00 (kgf/cm ²)
coeficiente de Poisson, v:	0.3	reducción para el cortante:	1.73
coeficiente de Kirchoff, G:	807692.00 (kgf/cm ²)	límite de tracción:	4080.00 (kgf/cm ²)
Peso específico (densidad):	7850.00 (kgf/m ³)	<input checked="" type="checkbox"/> Tratamiento térmico	
Dilatación térmica:	0.000012 (1/°C)		
Coeficiente de	0.05		

Figura A: Material de Acero A-36

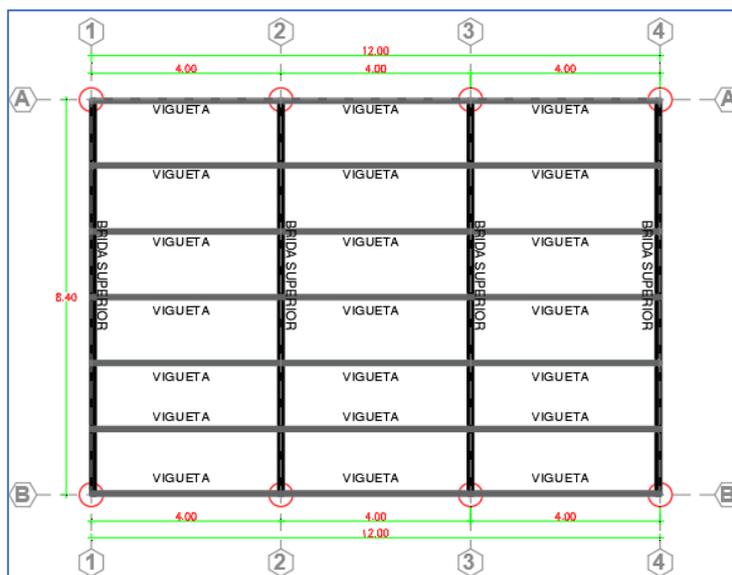


Figura B: Planta Típica

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

METRADO DE CARGAS

El metrado de carga se tomará de la siguiente manera: se analizará las viguetas con las cargas que actúan, a la vez estas transmitirán hacia los tijerales la carga actuante a través de reacciones y esta misma hacia los pedestales.

Las cargas que actuarán en la cobertura liviana serán: cargas muertas (D), vivas de techo (Lr) y de viento (W).

CARGA MUERTA DEL SUPER TECHO TR4

TABLA DE CARGAS (Kg / m²)

Esesor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Esesor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Esesor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	334	212	146	107	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	429	273	188	137	104	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	525	334	230	168	127	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	715	455	314	229	173	136	108	--	--	--

* Acero zincaluminado ASTM A792, AZ 150.
 * Las cargas se han calculado considerando que la sección es totalmente efectiva y que la deflexión máxima por carga viva es L/200.
 * Las cargas vivas son netas. El peso propio del panel ha sido incluido en la verificación de resistencia y deflexión.
 * Largo del panel hasta 12m.

Figura C: tabla de cargas, tecnotecho TR4

CARGA VIVA DEL TECHO

Artículo 7.- CARGA VIVA DEL TECHO

Se diseñarán los techos y las marquesinas tomando en cuenta las cargas vivas, las de sismo, viento y otras prescritas a continuación.

7.1. CARGA VIVA. - Las cargas vivas mínimas serán las siguientes:

- Para los techos con una inclinación hasta de 3° con respecto a la horizontal, 1,0KPa (100Kgf/m²).
- Para techos con inclinación mayor de 3°, con respecto a la horizontal 1,0 KPa (100Kgf/m²) reducida en 0,05KPa(5Kgf/m²) por cada grado de pendiente por encima de 3°, hasta un mínimo de 0,50 KPa (50 Kgf/m²).

c) Para techos curvos, 0,50 KPa (50 Kgf/m²).

d) para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc. cualquiera sea su pendiente, 0,30 KPa (30 Kgf/m²), excepto cuando el techo pueda haber acumulación de nieve, en cuyo caso se aplicará lo indicado en el artículo 11.

METRADO DE CARGAS DE VIENTO

CARGAS DE VIENTO (SEGÚN NORMA E-020 DE CARGAS, ARTICULO N°12.3)

VELOCIDAD DE DISEÑO

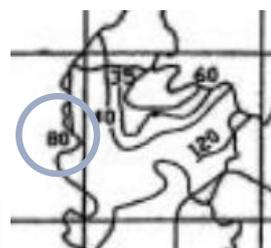
$$V_h = V(h/10)^{0.22}$$

velocidad de diseño hasta
10 m de altura en Km/h
altura sobre el terreno en
metros
velocidad de diseño en la
altura h en Km/h

$$V = 80 \text{ Km/h}$$

$$h = 7.3 \text{ m}$$

$$V_h = 74.6 \text{ Km/h}$$



CARGA EXTERIOR DEL VIENTO (SEGÚN NORMA E-020 DE CARGAS, ARTICULO N°12.4)

**TABLA 4
FACTORES DE FORMA (C) ***

$$P_h = 0,005 C V_h^2$$

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6

FACTORES DE FORMA PARA CARGA VIENTO 1

	BARLOVENTO	SOTAVENTO
SUPERFICIE INCLINADA	0.7	-0.6

CARGA DE VIENTO 1

	BARLOVENTO	SOTAVENTO
SUPERFICIE INCLINADA	19.50	-16.72

FACTORES DE FORMA PARA CARGA VIENTO 2

	BARLOVENTO	SOTAVENTO
SUPERFICIE INCLINADA	-0.3	-0.6

CARGA DE VIENTO 2

	BARLOVENTO	SOTAVENTO
SUPERFICIE INCLINADA	-8.36	-16.72

DISEÑO ESTRUCTURAL

COMBINACIONES DE CARGA (NORMA E-090, ARTICULO 1.4.1)

$1,4D$	(1.4 – 1)
$1,2D+1,6L+0,5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(1.4 – 2)
$1,2D+1,6(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$	(1.4 – 3)
$1,2D+1,3W+0,5L+0,5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(1.4 – 4)
$1,2D\pm 1,0E+0,5L+0,2S$	(1.4 – 5)
$0,9D\pm(1,3W \text{ ó } 1,0E)$	(1.4 – 6)

D: Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

L: Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

Lr: Carga viva en las azoteas.

W: Carga de viento.

S: Carga de nieve

E: Carga de sismo de acuerdo a la norma E.030 Diseño sismorresistente.

R: Carga por lluvia o granizo.

una vez que se realizo el predimensionamiento de la vigueta y tijeral metálico, se hizo la comprobación en el programa Robot Structural V20, se inicio utilizando los siguientes pasos en el programa.

Se definió el material a emplear en este caso A-36, se crearon las propiedades de las secciones de la vigueta la cual es de 50x100x2.5mm, brida superior 75x75x2.00mm, brida inferior 75x75x2.00mm, montantes 50x50x2.00mm y diagonales de 50x50x2.00mm, la cobertura TR4 de material Shell para las transmisiones de carga correspondiente, se procedió a un modelado de tres dimensiones.

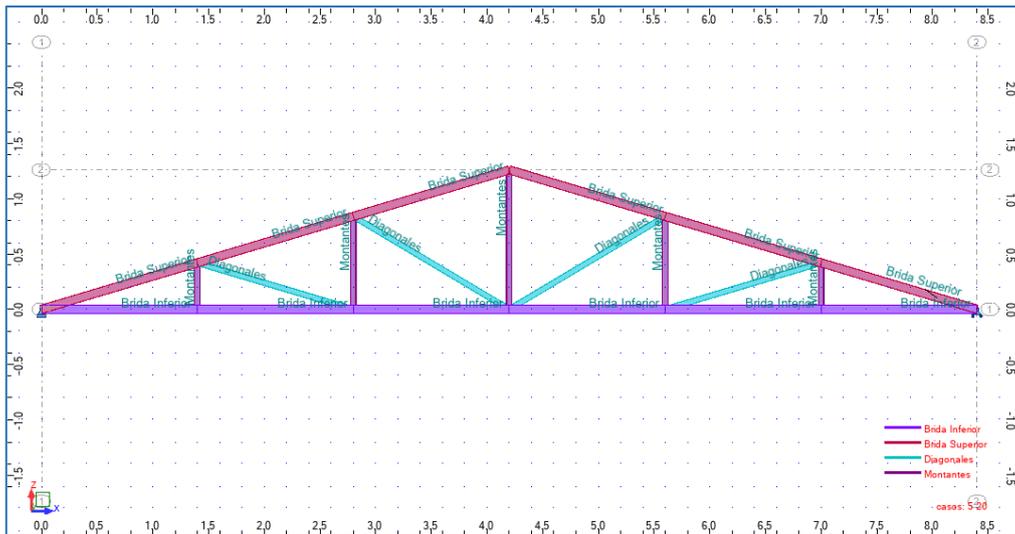


Figura D: Tijeral - Armadura tipo HOWE

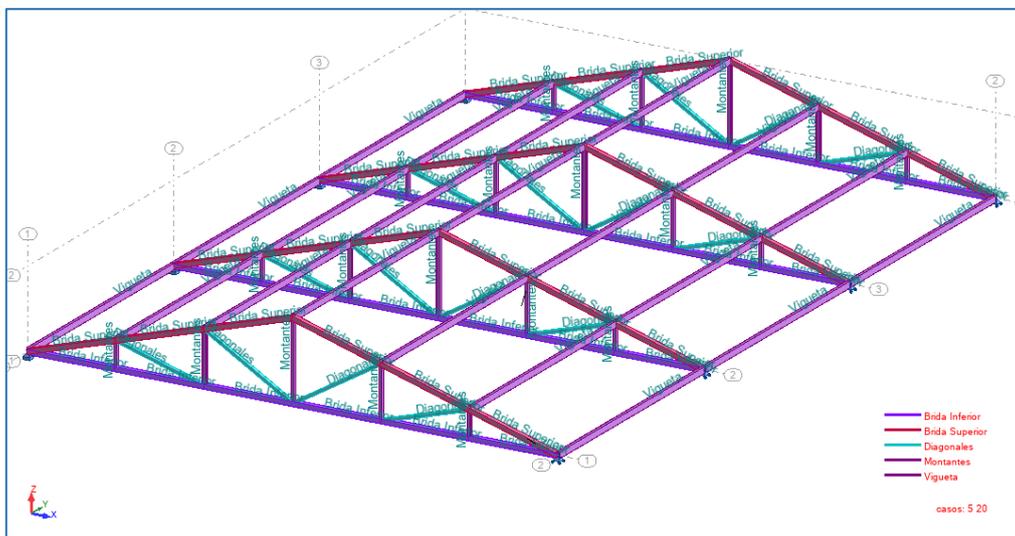


Figura E: Techo Metálico Armadura tridimensional. Robot Structural

Se procedió a introducir las cargas correspondientes, como la carga muerta, carga viva de techo y carga de viento (barlovento y sotavento)

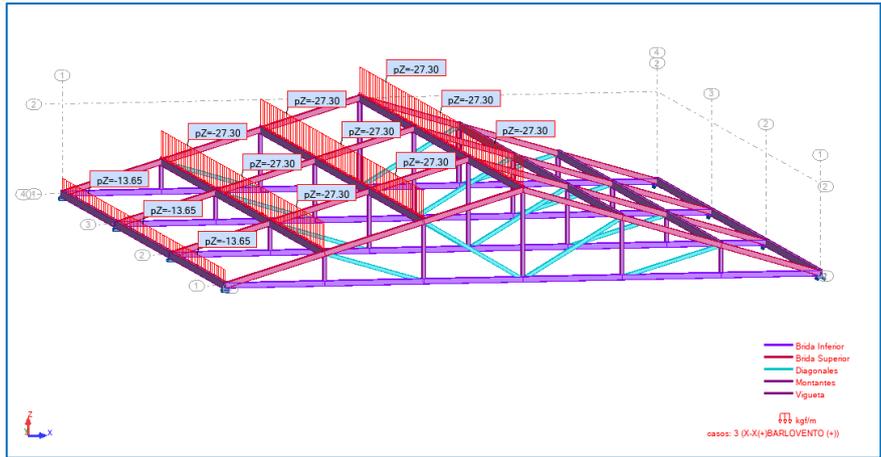


Figura F: carga de viento (barlovento + presión)

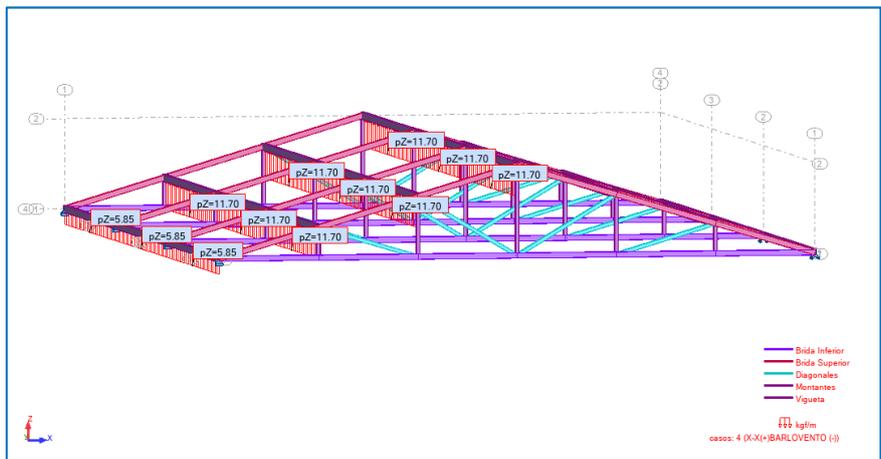


Figura G: carga de viento (barlovento + succión)

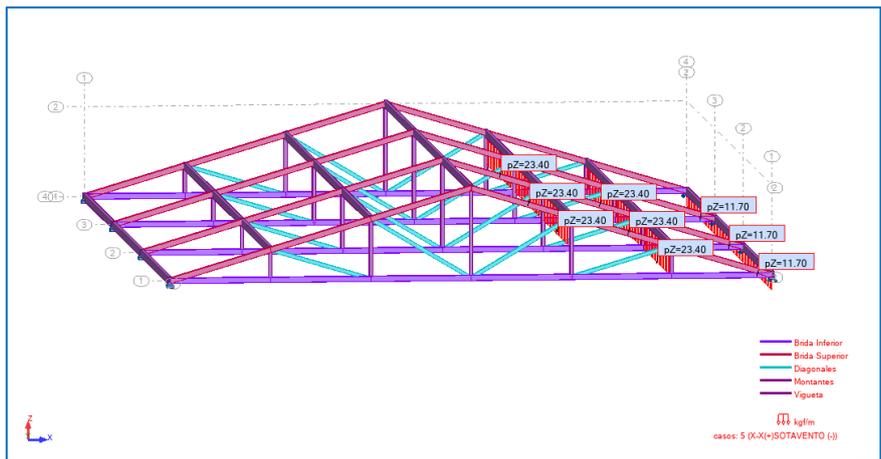


Figura H: carga de viento (sotavento -)

Luego se procedió a realizar las combinaciones de cargas, corrimos el programa para hallar sus esfuerzos internos de cada uno de los elementos estructurales y su posterior diseño automático en el programa Robot StructuralV20 con el código AISC-LRFD 93.

- DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1: Determinar el diseño de la vigueta metálica de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

– **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA VIGUETA**

Se metran las cargas actuantes en el área tributaria de vigueta y se encuentra el módulo de sección de la sección necesaria.

LONGITUD (M)	4.00	COMBINACIÓN DE DISEÑO C.DISEÑO	81.60
CARGA MUERTA CM(kg/m ²)	15	ANCHO TRIBUTARIO (M)	1.40
CARGA VIVA DE TECHO LR (kg/m ²)	30	W(kg/m)	114.24
CARGA DE VIENTO CW(kg/m ²)	19.50	SMAX (kg/m ²)	0.02
COMBINACIÓN DE SERVICIO CS(kg/m ²)	64.50	E(kg/m ²)	20000000000
COMBINACIÓN MÁXIMA COMB. MAX.	81.60	COMO	$\delta_{max} = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI}$
		SE TIENE	$l = \frac{5wL^4}{384E\delta_{max}}$
		I(m ⁴)	0.00000086
		I(cm ⁴)	85.68

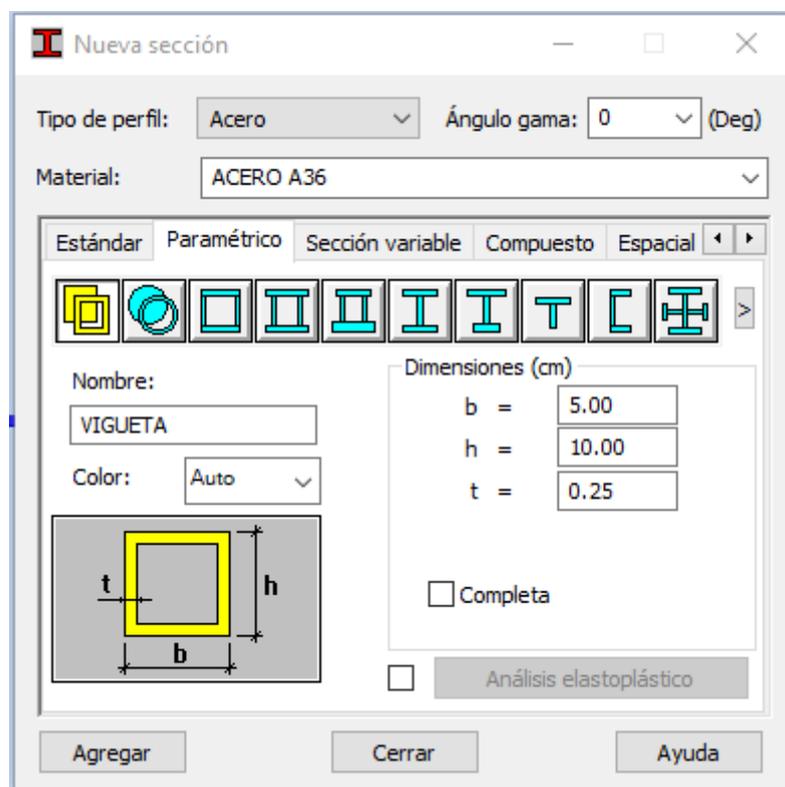
MOMENTO MÁXIMO M.MAX.	228.49	Kg.m
FY (RESISTENCIA A LA FLUENCIA)	25310507.0	Kg.m ²
S (MÓDULO DE SECCIÓN)	1.00304E-05	m ³
S (MÓDULO DE SECCIÓN)	10.03	cm ³
COMO	$\sigma = \frac{M_{m\grave{a}ximo} C}{I} = \frac{M_{m\grave{a}ximo}}{S}$	
TENEMOS	$S = \frac{M_{m\grave{a}ximo}}{0.9f_y}$	

Figura I: Inercia y Modulo de Sección

COMBINACIÓN DE CARGAS

COMBO	CM	CV	Cvi	BARLOVENTO		SOTAVENTO
				POSITIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
				CU (Kg/m ²)	CU (Kg/m ²)	CU (Kg/m ²)
1	15.00	30.00	19.50	21.00	21.00	21.00
2				33.00	33.00	33.00
3			-8.36	81.60	59.31	52.63
4				43.35	7.13	-3.73
5			-16.72	18.00	18.00	18.00
	38.85	2.63		-8.23		

En el catálogo de Aceros Arequipa encontramos un tubo rectangular de 50x100x2.5mm que obtiene las siguientes propiedades.



Nombre	Valor	Unidad
Sección...	VIGUETA	
Básicas		
Sx	7.25	(cm ²)
Iy	95.15	(cm ⁴)
Iz	32.03	(cm ⁴)
Dimensiones		
b	5.00	(cm)
a	10.00	(cm)
Vy	2.50	(cm)
Vpy	2.50	(cm)
Vz	5.00	(cm)
Vpz	5.00	(cm)

Figura J: Propiedades de la vigueta de 50x100x2.5mm. Robot Structural.

Dónde:

Sx = Sección de área

Iy = Momento de inercia alrededor del eje 3-3

Iz = Momento de inercia alrededor del eje 2-2

Con estos datos calcularemos el módulo de sección.

MÓDULO DE SECCIÓN

$$Sx_M = \frac{Ix}{c}$$

$$Sx_M = \frac{95.15}{5}$$

$$Sx_M = 19.03$$

Realizamos la comprobación con el programa Robot Structural V20 obteniendo los siguientes resultados.

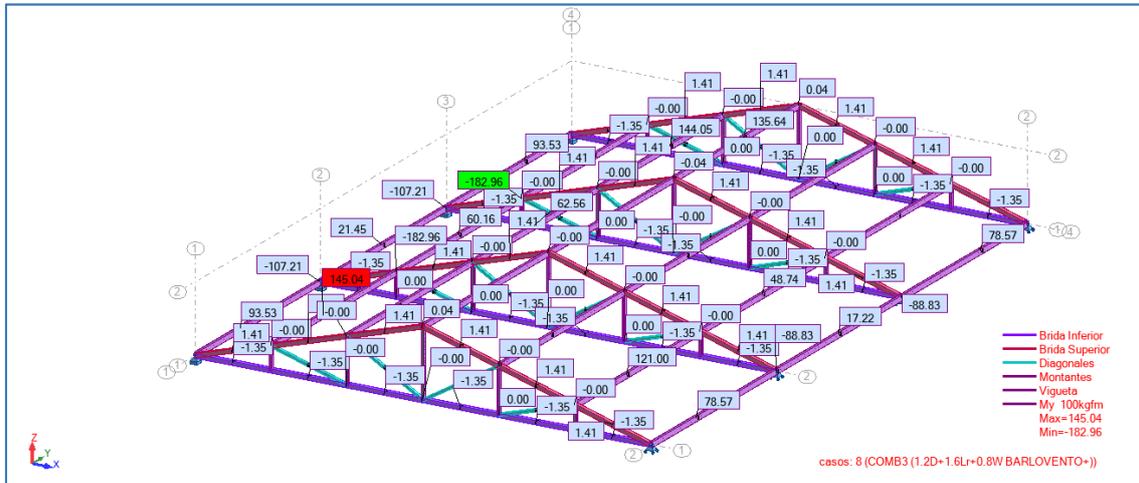


Figura K: momentos últimos en viguetas de la armadura tridimensional. Robot Structural.

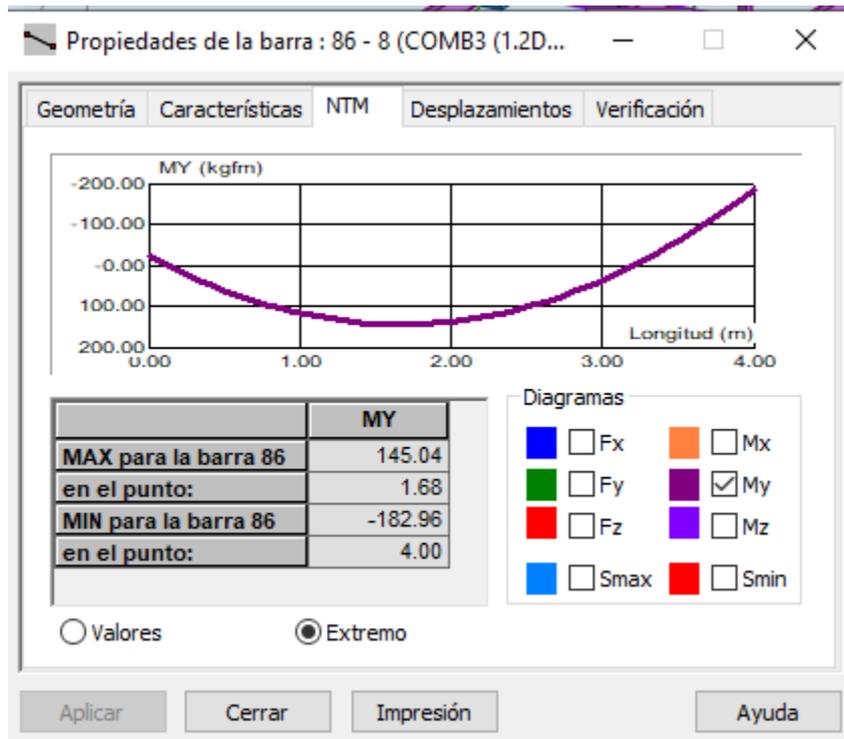


Figura L: resultados de momentos últimos de la vigueta. Robot Structural.

Obtenemos un momento máximo ultimo de -182.11, luego verificamos la sección del elemento estructural de la vigueta.

MIEMBROS DE FLEXIÓN

Vigueta 50x100x2.5mm	
$\phi Mn \geq Mu$	$\phi Mn = Sx Fy$
ϕ :	0.9
Sx:	1.16 pulg3
fy:	36000 lb/pulg2
Mn:	37.584 klb.pulg
Mn:	433.01 kg.m
Mu:	182.96 kg.m
<u>Diseño Correcto</u>	

Se procede a realizar el diseño automático con el código a AISCLRFD99 obteniendo que el elemento estructural propuesto es el correcto.

CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *LRFD Specification for Structural Steel Buildings, December 29, 1999*

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 5 VIGUETAS

BARRA: 101 BARRA ELS_101

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 8 COMB3 (1.2D+1.6Lr+0.8W BARLOVENTO+) $1*1.20+2*1.60+3*0.80$

MATERIAL:

ACERO A36 $F_y = 2550.00$ kgf/cm²



PARÁMETROS DE LA SECCIÓN: Vigueta

$d=10.00$ cm	$A_y=2.42$ cm ²	$A_z=4.83$ cm ²	$A_x=7.25$ cm ²
$b=5.00$ cm	$I_y=95.15$ cm ⁴	$I_z=32.03$ cm ⁴	$J=73.96$ cm ⁴
$t_w=0.25$ cm	$S_y=19.03$ cm ³	$S_z=12.81$ cm ³	
$t_f=0.25$ cm	$Z_y=23.47$ cm ³	$Z_z=14.41$ cm ³	

PARÁMETROS DE LA BARRA:

$L_y = 4.00$ m	$K_{L_y/r_y} = 110.41$	$L_b = 4.00$ m
$L_z = 4.00$ m	$K_{L_z/r_z} = 190.32$	$C_b = 1.00$

ESFUERZOS INTERNOS:

$M_{ux} = 0.56$ kgf*m $f_{u_{v_y,mx}} = 2.40$ kgf/cm²

$P_u = -54.77$ kgf $f_{u_{v_z,mx}} = 2.40$ kgf/cm²

kgf

$M_{uy} = -181.88$ kgf*m

kgf*m

$M_{uz} = 3.47$ kgf*m

kgf

$V_{ny} = 3825.00$ kgf

$V_{nz} = 280.93$ kgf

RESISTENCIAS LÍMITES:

$P_n = 18487.50$

$V_{uy} = 4.86$ kgf

$M_{ny} = 515.92$

$M_{nz} = 367.36$ kgf*m $V_{nz} = 7650.00$

COEFICIENTES:

$F_i b = 0.90$

$F_i t = 0.90$

$F_i v = 0.90$

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN:

UNS = compacto STI = no compacto

FÓRMULAS DE VERIFICACIÓN:

$P_u/(2*F_i t*P_n) + (M_{uy}/(F_i b*M_{ny}) + M_{uz}/(F_i b*M_{nz})) = 0.40 < 1.00$ LRFD (H1-1B)

$V_{uy}/(F_i v*V_{ny}) + f_{u_{v_y,mx}}/(0.6*F_i v*F_y) = 0.00 < 1.00$ $V_{uz}/(F_i v*V_{nz}) +$

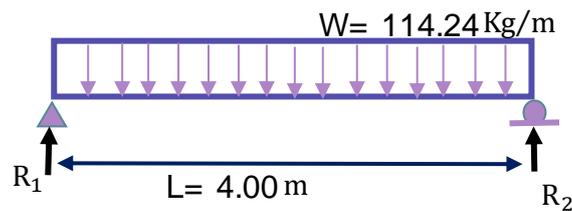
$f_{u_{v_z,mx}}/(0.6*F_i v*F_y) = 0.04 < 1.00$ LRFD (F2-2) (H2-2)

Perfil correcto !!!

- DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2: Determinar el diseño de los elementos estructurales de los tijerales de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TIJERAL

A continuación determinaremos las reacciones de la vigueta.
Idealización de la vigueta.

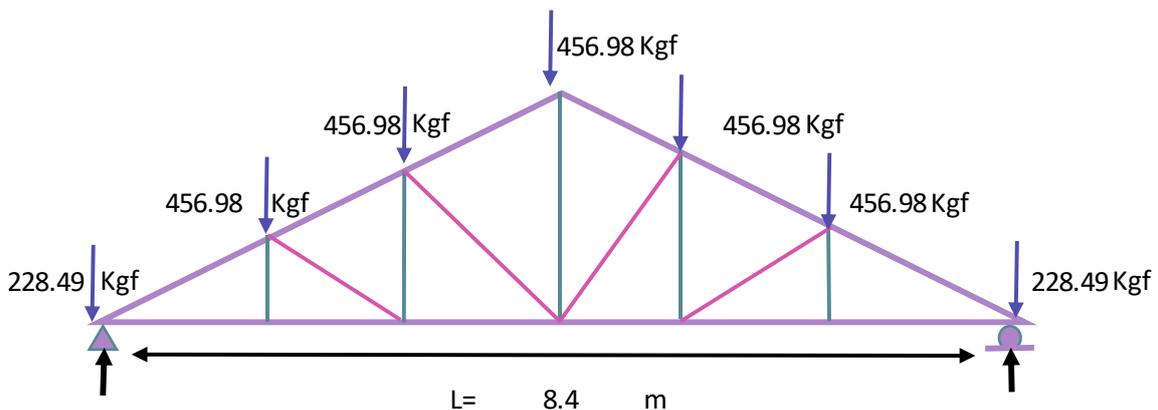


$W =$ Carga Distribuida.

$L =$ Longitud.

$$R = \frac{WL}{2} = \begin{matrix} 228.49 \text{ Kg} \\ 456.98 \end{matrix}$$

TIJERAL -ARMADURA TIPO HOWE



Brida Superior: 75x75x2.00mm

Brida Inferior: 75x75x2.00mm

Diagonales: 50x50x2.00mm

Montantes: 50x50x2.00mm

DETERMINAREMOS LA DEFLEXIÓN MÁXIMA DEL TIJERAL

$$\delta_{max} = \frac{L}{180} \frac{840.00}{180} = 4.6667 \text{ Cm}$$

$$\delta_{max \text{ tijeral}} = 0.8 \text{ cm}$$

Pre Dimensionamiento Correcto

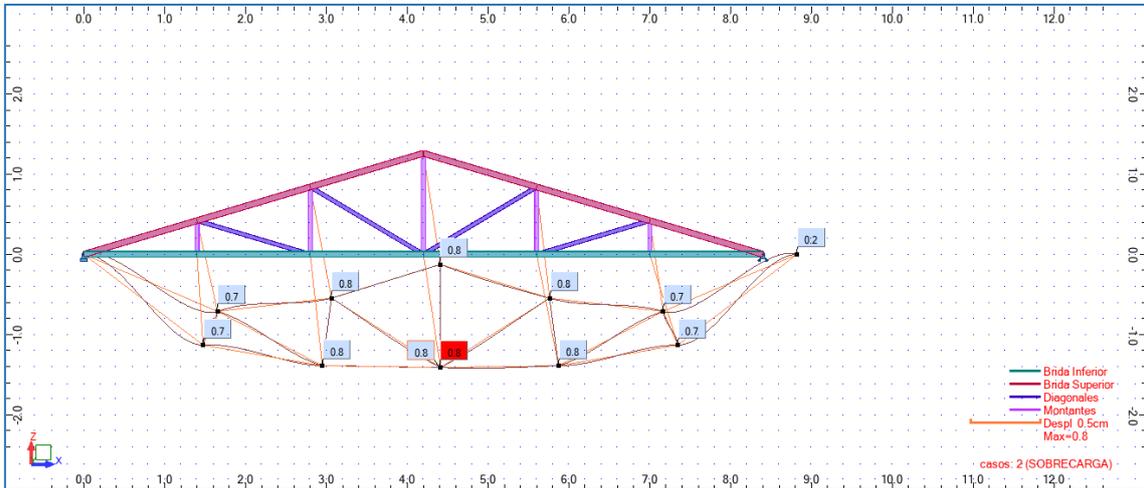
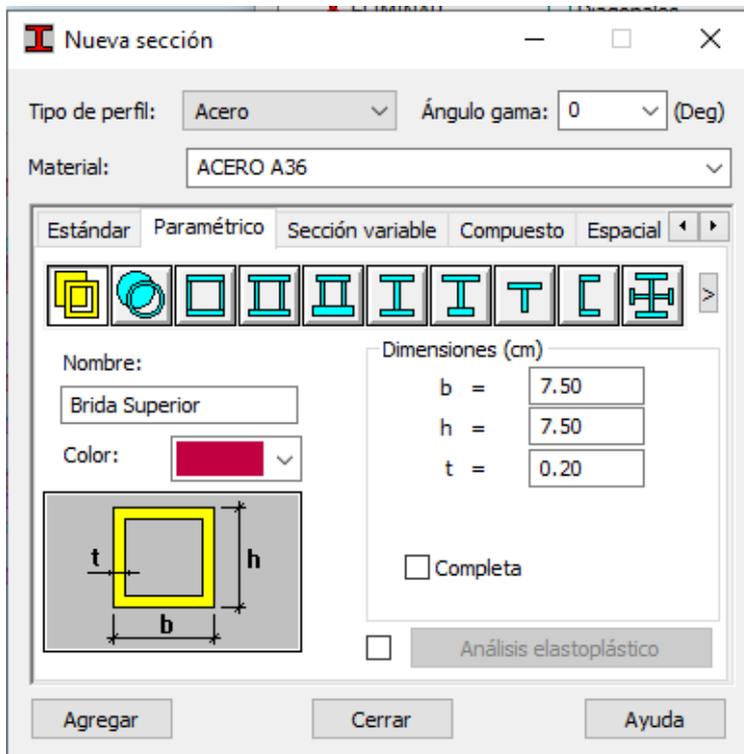


Figura M: Deflexión máxima del tijeral.

Las propiedades que se consideran para la verificación del tijeral son:

BRIDA SUPERIOR

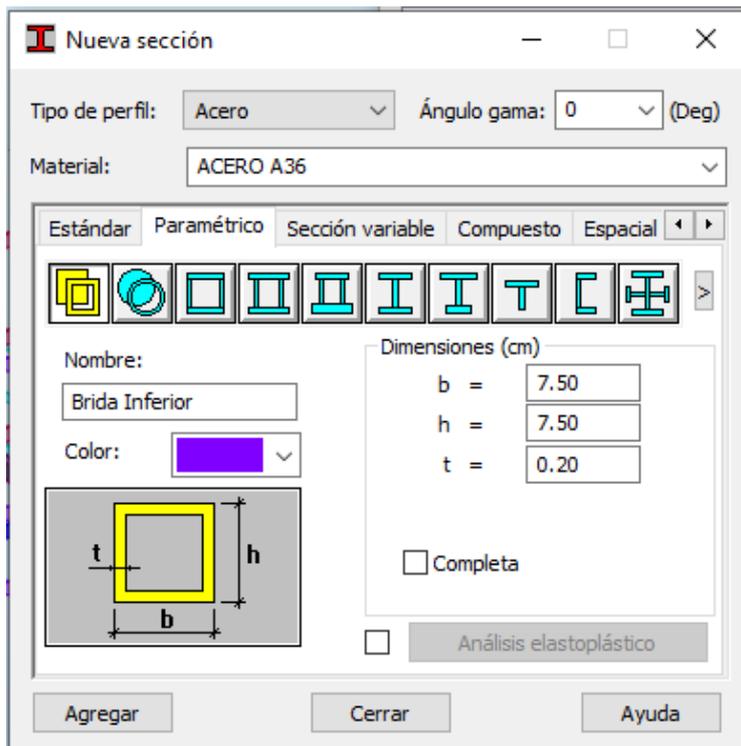


Sección...		Brida Superior
Básicas		
Sx	5.84	(cm2)
Iy	51.91	(cm4)
Iz	51.91	(cm4)
Dimensi...		
b	7.50	(cm)
a	7.50	(cm)
Vy	3.75	(cm)
Vpy	3.75	(cm)
Vz	3.75	(cm)
Vpz	3.75	(cm)

Figura N: Propiedades de la Sección de la Brida Superior de 75x75x2.00mm.

Robot Structural.

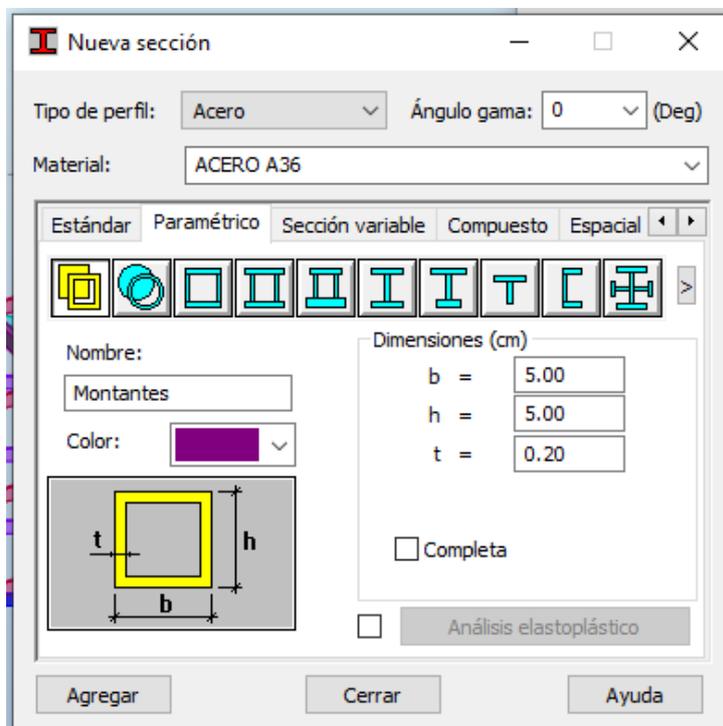
BRIDA INFERIOR



Sección...	Brida Inferior	
Básicas		
Sx	5.84	(cm ²)
ly	51.91	(cm ⁴)
lz	51.91	(cm ⁴)
Dimensi...		
b	7.50	(cm)
a	7.50	(cm)
Vy	3.75	(cm)
Vpy	3.75	(cm)
Vz	3.75	(cm)
Vpz	3.75	(cm)

Figura Ñ: Propiedades de la Sección de la Brida Inferior de 75x75x2.00mm. Robot Structural.

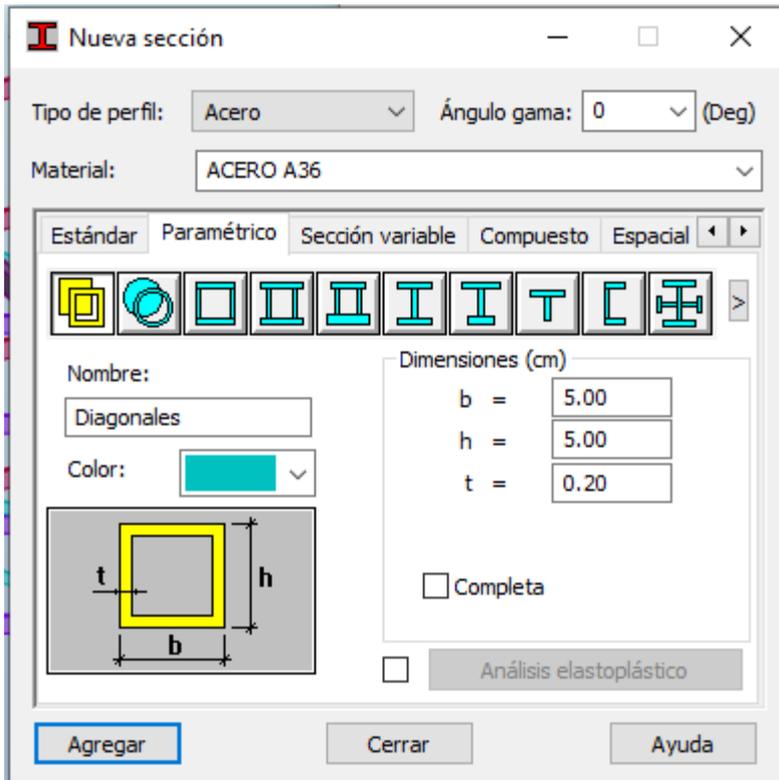
MONTANTES



Sección...	Montantes	
Básicas		
Sx	3.84	(cm ²)
ly	14.77	(cm ⁴)
lz	14.77	(cm ⁴)
Dimensi...		
b	5.00	(cm)
a	5.00	(cm)
Vy	2.50	(cm)
Vpy	2.50	(cm)
Vz	2.50	(cm)
Vpz	2.50	(cm)

Figura O: Propiedades de la Sección de la Montante de 50x50x2.00mm. Robot Structural.

DIAGONALES



Sección...	Diagonales	
Básicas		
Sx	3.84	(cm ²)
Iy	14.77	(cm ⁴)
Iz	14.77	(cm ⁴)
Dimensi...		
b	5.00	(cm)
a	5.00	(cm)
Vy	2.50	(cm)
Vpy	2.50	(cm)
Vz	2.50	(cm)
Vpz	2.50	(cm)

Figura P: Propiedades de la Sección de la Diagonal de 50x50x2.00mm. Robot Structural.

Realizamos la comprobación con el programa Robot Structural V20 obteniendo los siguientes resultados:

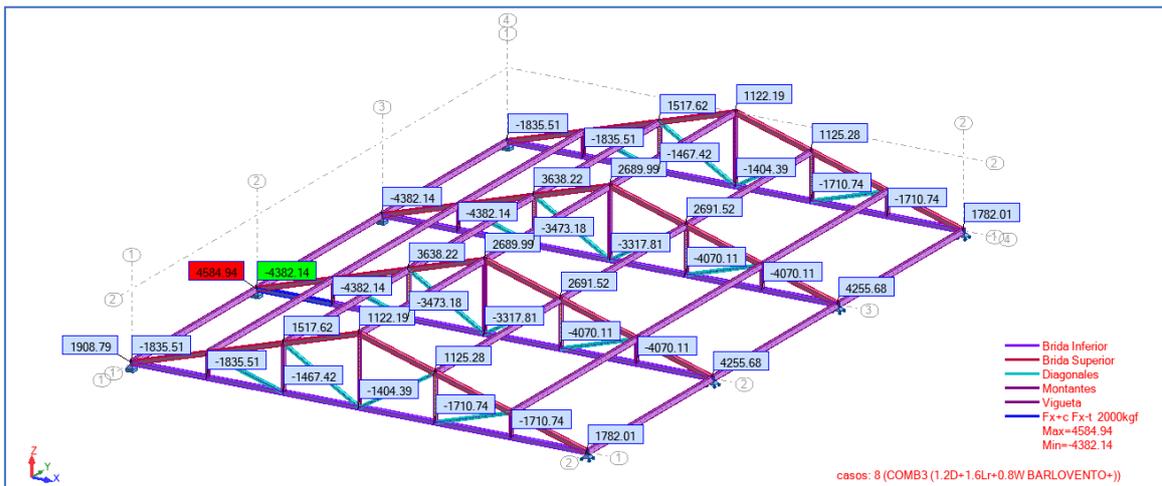


Figura Q: Esfuerzos Máximos de la armadura tridimensional. Robot Structural.

BRIDA SUPERIOR

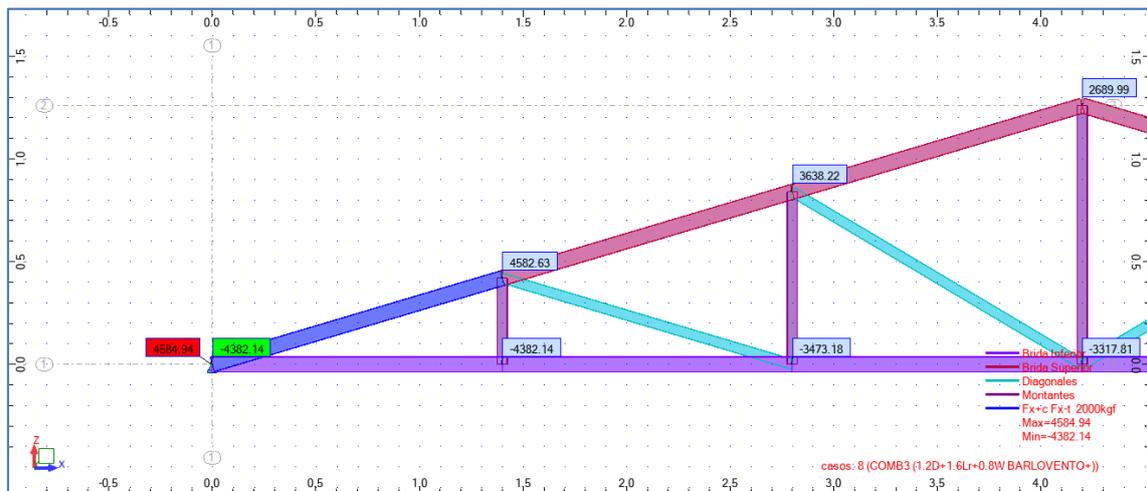


Figura R: Esfuerzos Máximos de la Brida Superior de la armadura tridimensional. Robot Structural.

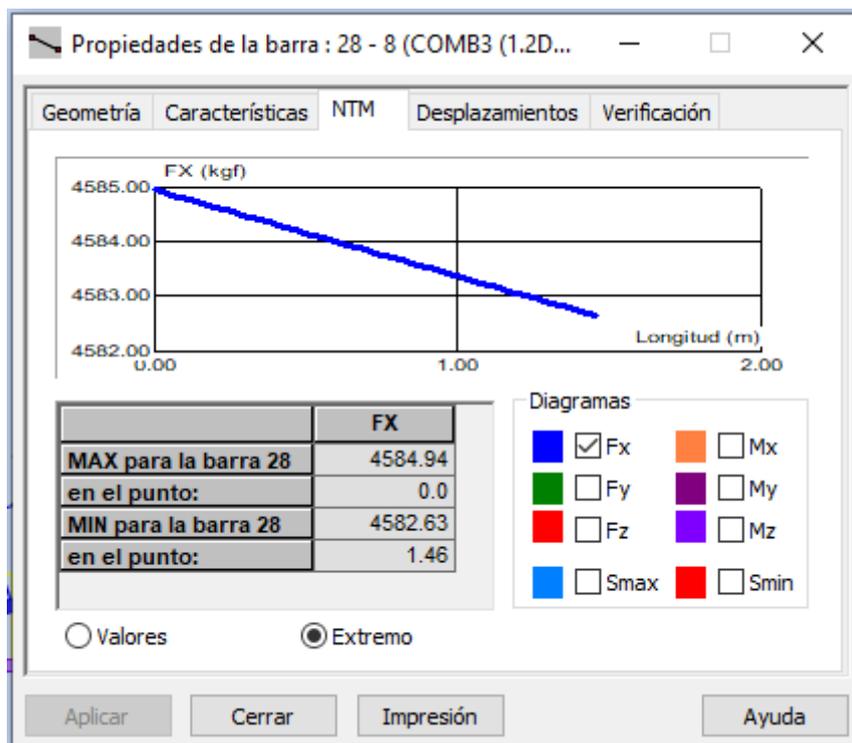


Figura S: resultados de Esfuerzos últimos de la Brida Superior. Robot Structural.

Brida Superior 75x75x2.00mm

VERIFICACIÓN DE ESBELTEZ

$$\frac{KL}{r} < 300; \text{Tracción}; \frac{KL}{r} < 200; \text{Compresión}$$

Tracción:	4584.94 kg
Ag:	0.91 pulg ²
r	2.98 cm
L	146.00 cm
K	1.00
KL/r=	48.99
Tracción:	300 ACERO NO PANDEA

VERIFICACIÓN DE CARGA Tracción:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 0.90 F_y A_g$$

f _y :	36000 lb/pulg ²	
A _g :	0.905 pulg ²	
φP _n :	29.32 Klb	
φP _n :	13300.17 kg	
P _u :	4584.94 kg	PERFIL CORRECTO

BRIDA INFERIOR

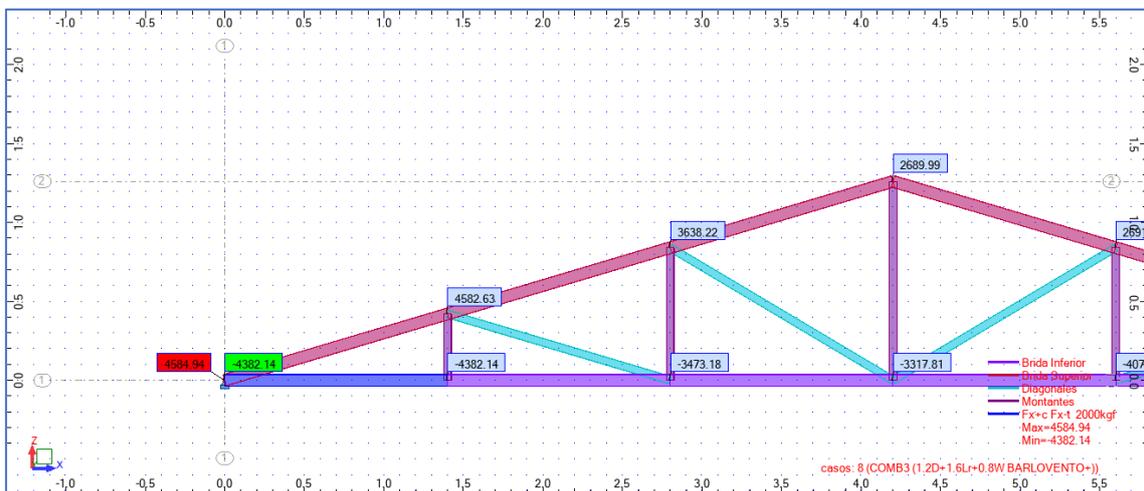


Figura T: Esfuerzos Máximos de la Brida Inferior de la armadura tridimensional. Robot Structural.

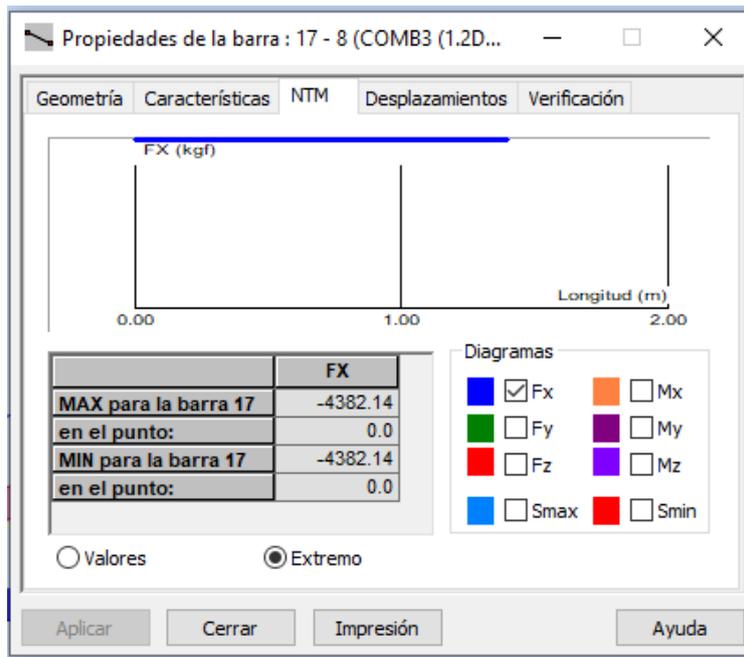


Figura U: resultados de Esfuerzos últimos de la Brida Inferior. Robot Structural.

Brida Inferior 75x75x2.00mm

VERIFICACIÓN DE ESBELTEZ

$$\frac{KL}{r} < 300; \text{Tracción}; \frac{KL}{r} < 200; \text{Compresión}$$

Compresión: 4382.14 kg
 Ag: 0.91 pulg²
 r: 2.98 cm
 L: 140.00 cm
 K: 1.00
 KL/r=: 46.98
 Compresión: 200 **ACERO NO PANDEA**

VERIFICACIÓN DE CARGA Compresión:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 0.85 F_{cr} A_g \quad \lambda = \frac{KL}{r} * \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$\lambda \leq 1.5: F_{cr} = (0.658^{\lambda^2}) * f_y \quad \lambda > 1.5: F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda^2} * f_y$$

F_{cr}: 32.05 ksi
 λ: 0.53
 f_y: 36000 lb/pulg²
 E: 29000 Klb/pulg²
 A_g: 0.91 pulg²
 φP_n: 24.66 Klb
 φP_n: 11183.35 kg
 P_u: 4382.14 kg **PERFIL CORRECTO**

MONTANTE

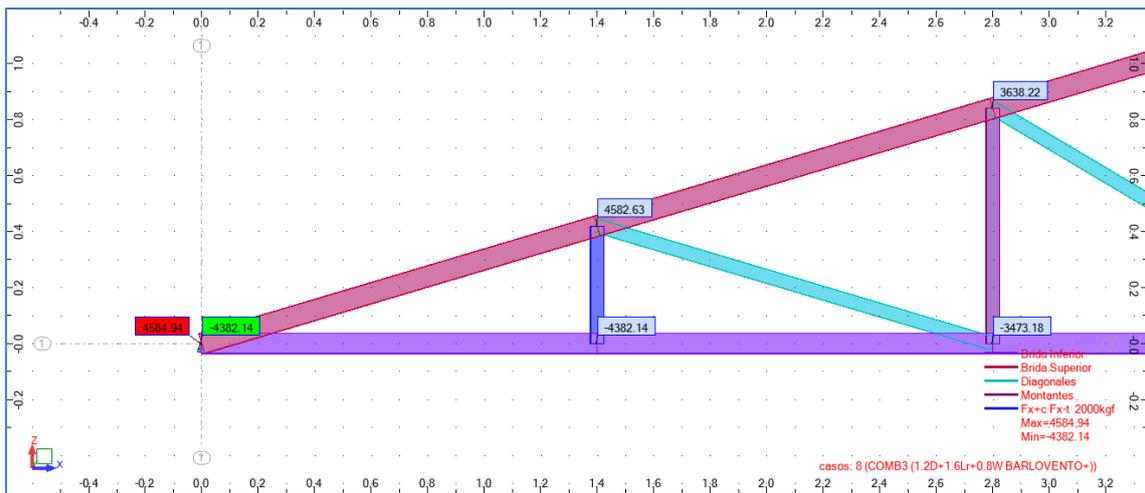


Figura V: Esfuerzos Máximos de la Montante de la armadura tridimensional. Robot Structural.

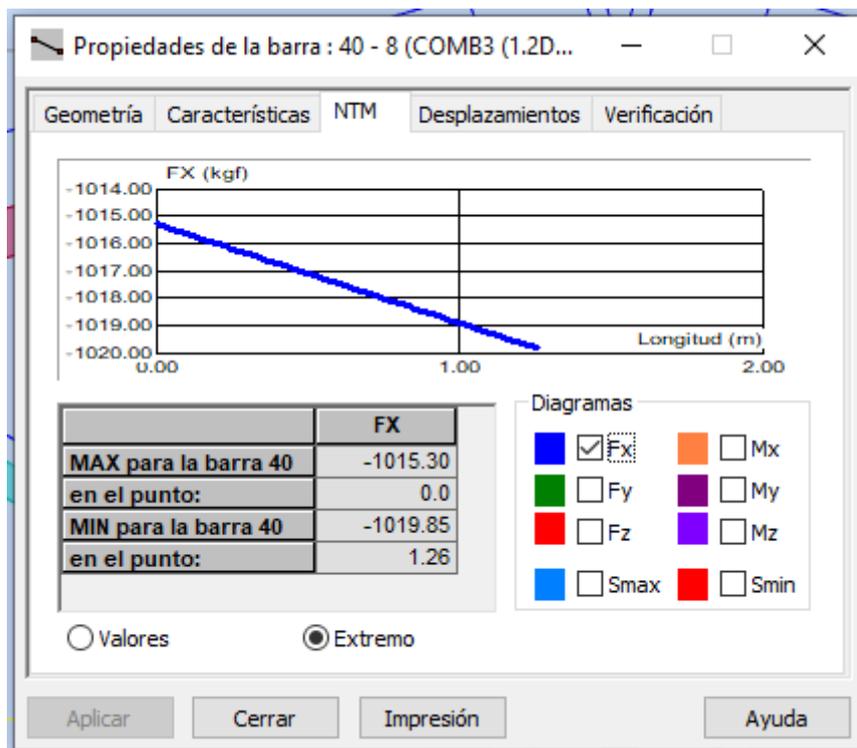


Figura W: resultados de Esfuerzos últimos de la Montante. Robot Structural.

Montante 50x50x2.00mm

VERIFICACIÓN DE ESBELTEZ

$$\frac{KL}{r} < 300; \text{Tracción}; \frac{KL}{r} < 200; \text{Compresión}$$

Compresión:	1019.85 kg
Ag:	0.60 pulg ²
r	1.96 cm
L	126.00 cm
K	1.00
KL/r=	64.29
Compresión:	200 ACERO NO PANDEA

VERIFICACIÓN DE CARGA Compresión:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 0.85 F_{cr} A_g \quad \lambda = \frac{KL}{r} * \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$\lambda \leq 1.5: F_{cr} = (0.658^{\lambda^2}) * f_y \quad \lambda > 1.5: F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda^2} * f_y$$

Fcr:	28.96 ksi
λ:	0.72
f _y :	36000 lb/pulg ²
E:	29000 Klb/pulg ²
Ag:	0.60 pulg ²
φP _n :	14.65 Klb
φP _n :	6643.80 kg
P _u :	1019.85 kg

PERFIL CORRECTO

DIAGONAL

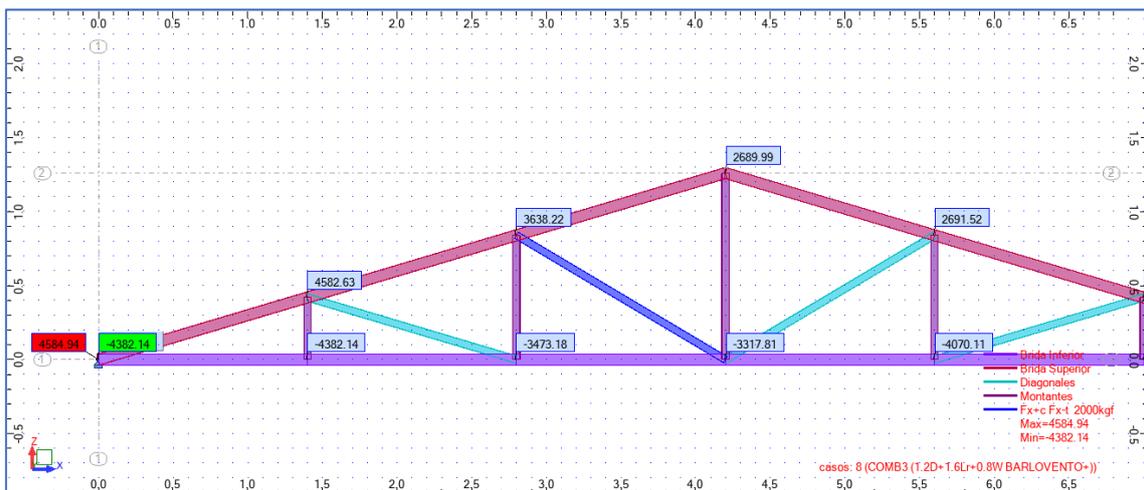


Figura X: Esfuerzos Máximos de la Diagonal de la armadura tridimensional.

Robot Structural.

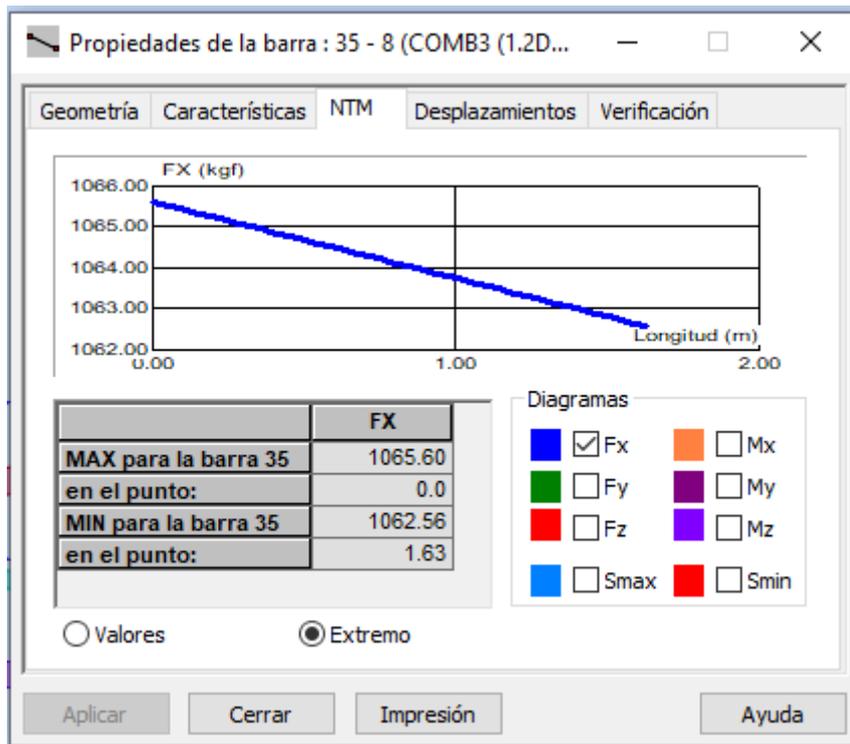


Figura Y: resultados de Esfuerzos últimos de la Diagonal. Robot Structural.

Diagonal 50x50x2.00mm

VERIFICACIÓN DE ESBELTEZ

$$\frac{KL}{r} < 300; \text{Tracción}; \frac{KL}{r} < 200; \text{Compresión}$$

Tracción:	1065.6 kg
Ag:	0.60 pulg ²
r	1.96 cm
L	163.00 cm
K	1.00
KL/r=	83.16
Tracción:	300 ACERO NO PANDEA

VERIFICACIÓN DE CARGA Tracción:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 0.90 F_y A_g$$

fy:	36000 lb/pulg ²
Ag:	0.595 pulg ²
ϕP_n :	19.28 Klb
ϕP_n :	8744.31 kg
Pu:	1065.6 kg

PERFIL CORRECTO

Se procede a realizar el diseño automático con el código a AISC-LRFD99 obteniendo que el elemento estructural propuesto es el correcto.

LRFD2000 - Verificación de grupos de barras (ELU) 1A4

Resultados Mensajes

Barra	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit.	Caso
Grupo : 1 BRIDA SUPERIOR						
28	Brida Superior	ACERO A36	49.03	49.03	0.37	8 COMB3 (1.2D+1.6
Grupo : 2 BRIDA INFERIOR						
18	Brida Inferior	ACERO A36	46.96	46.96	0.33	8 COMB3 (1.2D+1.6
Grupo : 3 MONTANTES						
21	Montantes	ACERO A36	64.24	64.24	0.12	8 COMB3 (1.2D+1.6
Grupo : 4 DIAGONALES						
56	Diagonales	ACERO A36	83.24	83.24	0.08	8 COMB3 (1.2D+1.6

Nota de cálc. Cerrar
Ayuda

Solicitud
Análisis Mapa

Puntos de cálculo
división: n = 3
extremos: ninguno
adicionales: ninguno

CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: LRFD Specification for Structural Steel Buildings, December 29, 1999

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 1 BRIDA SUPERIOR

BARRA: 28
m

PUNTOS: 2

COORDENADA: $x = 0.50 L = 0.73$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 8 COMB3 (1.2D+1.6Lr+0.8W BARLOVENTO+)
1*1.20+2*1.60+3*0.80

MATERIAL:

ACERO A36 $F_y = 2550.00 \text{ kgf/cm}^2$



PARÁMETROS DE LA SECCIÓN: Brida Superior

d=7.50 cm	Ay=2.92 cm ²	Az=2.92 cm ²	Ax=5.84 cm ²
b=7.50 cm	Iy=51.91 cm ⁴	Iz=51.91 cm ⁴	J=77.80 cm ⁴
tw=0.20 cm	Sy=13.84 cm ³	Sz=13.84 cm ³	
tf=0.20 cm	Zy=15.99 cm ³	Zz=15.99 cm ³	

PARÁMETROS DE LA BARRA:

Ly = 1.46 m	KLy/ry = 49.03	Lb = 1.46 m
Lz = 1.46 m	KLz/rz = 49.03	Cb = 1.00

ESFUERZOS INTERNOS:

Mux = 0.36 kgf*m	fuvy,mx = 1.67 kgf/cm ²
Pu = 4583.79 kgf	fuvz,mx = 1.67 kgf/cm ²
Muy = 1.41 kgf*m	Vuy = -0.46 kgf
Muz = 0.41 kgf*m	Vuz = 0.00 kgf

RESISTENCIAS LÍMITES:

Pn = 14892.00 kgf	Vny = 4590.00 kgf
Mny = 384.86 kgf*m	Vnz = 4590.00 kgf
Mnz = 384.86 kgf*m	

COEFICIENTES:

Fi b = 0.90	Fi c = 0.85	Fi v = 0.90
-------------	-------------	-------------

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN:

UNS = no compacto STI = no compacto

FÓRMULAS DE VERIFICACIÓN:

$P_u / (F_i c P_n) + 8/9 * (M_{uy} / (F_i v M_{ny}) + M_{uz} / (F_i v M_{nz})) = 0.37 < 1.00$ LRFD (H1-1A)
 $V_{uy} / (F_i v V_{ny}) + f_{uvy,mx} / (0.6 * F_i v F_y) = 0.00 < 1.00$ $V_{uz} / (F_i v V_{nz}) + f_{uvz,mx} / (0.6 * F_i v F_y) = 0.00 < 1.00$ LRFD (F2-2) (H2-2)

Perfil correcto !!!

CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: LRFD Specification for Structural Steel Buildings, December 29, 1999

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 2 BRIDA INFERIOR

BARRA: 18

PUNTOS: 2

COORDENADA: $x = 0.50$ $L = 0.70$

m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 8 COMB3 (1.2D+1.6Lr+0.8W BARLOVENTO+)

$1*1.20+2*1.60+3*0.80$

MATERIAL:

ACERO A36 $F_y = 2550.00$ kgf/cm²



PARÁMETROS DE LA SECCIÓN: Brida Inferior

$d=7.50$ cm

$A_y=2.92$ cm²

$A_z=2.92$ cm²

$A_x=5.84$ cm²

$b=7.50$ cm

$I_y=51.91$ cm⁴

$I_z=51.91$ cm⁴

$J=77.80$ cm⁴

$tw=0.20$ cm

$S_y=13.84$ cm³

$S_z=13.84$ cm³

$tf=0.20$ cm

$Z_y=15.99$ cm³

$Z_z=15.99$ cm³

PARÁMETROS DE LA BARRA:

$L_y = 1.40$ m

$KL_y/r_y = 46.96$

$L_z = 1.40$ m

$KL_z/r_z = 46.96$

ESFUERZOS INTERNOS:

$M_{ux} = 0.76$ kgf*m

$f_{uy, mx} = 3.56$ kgf/cm²

$P_u = -4382.14$ kgf

$f_{uz, mx} = 3.56$ kgf/cm²

$M_{uy} = -1.35$ kgf*m

$V_{uy} = 0.47$ kgf

$M_{uz} = -1.26$ kgf*m

$V_{uz} = 0.00$ kgf

RESISTENCIAS LÍMITES:

$P_n = 14892.00$ kgf

$M_{ny} = 384.86$ kgf*m

$M_{nz} = 384.86$ kgf*m

$V_{ny} = 4590.00$ kgf

$V_{nz} = 4590.00$ kgf

COEFICIENTES:

$F_i b = 0.90$

$F_i t = 0.90$

$F_i v = 0.90$

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN:

UNS = no compacto

STI = no compacto

FÓRMULAS DE VERIFICACIÓN:

$P_u/(F_i t P_n) + 8/9*(M_{uy}/(F_i b M_{ny}) + M_{uz}/(F_i b M_{nz})) = 0.33 < 1.00$ LRFD (H1-1A)

$V_{uy}/(F_i v V_{ny}) + f_{uy, mx}/(0.6 F_i v F_y) = 0.00 < 1.00$ $V_{uz}/(F_i v V_{nz}) + f_{uz, mx}/(0.6 F_i v F_y) = 0.00 < 1.00$ LRFD (F2-2) (H2-2)

Perfil correcto !!!

CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *LRFD Specification for Structural Steel Buildings, December 29, 1999*

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 3 MONTANTES

BARRA: 21
m

PUNTOS: 3

COORDENADA: $x = 1.00$ $L = 1.26$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 8 COMB3 (1.2D+1.6Lr+0.8W BARLOVENTO+)

$1*1.20+2*1.60+3*0.80$

MATERIAL:

ACERO A36 $F_y = 2550.00$ kgf/cm²



PARÁMETROS DE LA SECCIÓN: Montantes

$d=5.00$ cm	$A_y=1.92$ cm ²	$A_z=1.92$ cm ²	$A_x=3.84$ cm ²
$b=5.00$ cm	$I_y=14.77$ cm ⁴	$I_z=14.77$ cm ⁴	$J=22.12$ cm ⁴
$tw=0.20$ cm	$S_y=5.91$ cm ³	$S_z=5.91$ cm ³	
$tf=0.20$ cm	$Z_y=6.92$ cm ³	$Z_z=6.92$ cm ³	

PARÁMETROS DE LA BARRA:

$L_y = 1.26$ m	$KL_y/ry = 64.24$	$L_b = 1.26$ m
$L_z = 1.26$ m	$KL_z/rz = 64.24$	$C_b = 1.00$

ESFUERZOS INTERNOS:

$M_{ux} = 0.46$ kgf*m	$f_{u_{vy,mx}} = 5.04$ kgf/cm ²
$P_u = -429.82$ kgf	$f_{u_{vz,mx}} = 5.04$ kgf/cm ²
$M_{uy} = 0.04$ kgf*m	$V_{uy} = 19.83$ kgf
$M_{uz} = -14.60$ kgf*m	$V_{uz} = 0.03$ kgf

RESISTENCIAS LÍMITES:

$P_n = 9792.00$ kgf	$V_{ny} = 3060.00$ kgf
$M_{ny} = 176.36$ kgf*m	$V_{nz} = 3060.00$ kgf
$M_{nz} = 176.36$ kgf*m	

COEFICIENTES:

$F_i b = 0.90$	$F_i t = 0.90$	$F_i v = 0.90$
----------------	----------------	----------------

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN:

UNS = compacto STI = compacto

FÓRMULAS DE VERIFICACIÓN:

$P_u/(2*F_i t*P_n) + (M_{uy}/(F_i b*M_{ny}) + M_{uz}/(F_i b*M_{nz})) = 0.12 < 1.00$ LRFD (H1-1B)

$V_{uy}/(F_i v*V_{ny}) + f_{u_{vy,mx}}/(0.6*F_i v*F_y) = 0.01 < 1.00$ $V_{uz}/(F_i v*V_{nz}) + f_{u_{vz,mx}}/(0.6*F_i v*F_y) = 0.00 < 1.00$ LRFD (F2-2) (H2-2)

Perfil correcto !!!

CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *LRFD Specification for Structural Steel Buildings, December 29, 1999*

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 4 DIAGONALES

BARRA: 56
m

PUNTOS: 2

COORDENADA: $x = 0.50$ $L = 0.82$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 8 COMB3 (1.2D+1.6Lr+0.8W BARLOVENTO+)
 $1*1.20+2*1.60+3*0.80$

MATERIAL:

ACERO A36 $F_y = 2550.00$ kgf/cm²



PARÁMETROS DE LA SECCIÓN: Diagonales

d=5.00 cm	$A_y=1.92$ cm ²	$A_z=1.92$ cm ²	$A_x=3.84$ cm ²
b=5.00 cm	$I_y=14.77$ cm ⁴	$I_z=14.77$ cm ⁴	$J=22.12$ cm ⁴
tw=0.20 cm	$S_y=5.91$ cm ³	$S_z=5.91$ cm ³	
tf=0.20 cm	$Z_y=6.92$ cm ³	$Z_z=6.92$ cm ³	

PARÁMETROS DE LA BARRA:

$L_y = 1.63$ m	$KL_y/r_y = 83.24$	$L_b = 1.63$ m
$L_z = 1.63$ m	$KL_z/r_z = 83.24$	$C_b = 1.00$

ESFUERZOS INTERNOS:

$M_{ux} = 0.20$ kgf*m	$f_{vy,mx} = 2.22$ kgf/cm ²
$P_u = 1064.08$ kgf	$f_{vz,mx} = 2.22$ kgf/cm ²
$M_{uy} = 1.03$ kgf*m	$V_{uy} = -0.43$ kgf
$M_{uz} = 1.36$ kgf*m	$V_{uz} = 0.00$ kgf

RESISTENCIAS LÍMITES:

$P_n = 9792.00$ kgf	$V_{ny} = 3060.00$ kgf
$M_{ny} = 176.36$ kgf*m	$V_{nz} = 3060.00$ kgf
$M_{nz} = 176.36$ kgf*m	

COEFICIENTES:

$F_i b = 0.90$	$F_i c = 0.85$	$F_i v = 0.90$
----------------	----------------	----------------

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN:

UNS = compacto STI = compacto

FÓRMULAS DE VERIFICACIÓN:

$P_u/(2*F_i c*P_n) + (M_{uy}/(F_i b*M_{ny}) + M_{uz}/(F_i b*M_{nz})) = 0.08 < 1.00$ LRFD (H1-1B)
 $V_{uy}/(F_i v*V_{ny}) + f_{vy,mx}/(0.6*F_i v*F_y) = 0.00 < 1.00$ $V_{uz}/(F_i v*V_{nz}) + f_{vz,mx}/(0.6*F_i v*F_y) = 0.00 < 1.00$ LRFD (F2-2) (H2-2)

Perfil correcto !!!

- DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3: Determinar la interoperabilidad entre Revit y Robot de un Techo Metálico Empleando Metodología BIM en la Institución Educativo Fe y Alegría N.º 49 Piura, 2020.

Una vez analizada y diseñada la estructura en el programa robot structural se procede a realizar la interoperabilidad de robot structural a Revit con la finalidad de proseguir con el detallamiento de los planos de estructuras

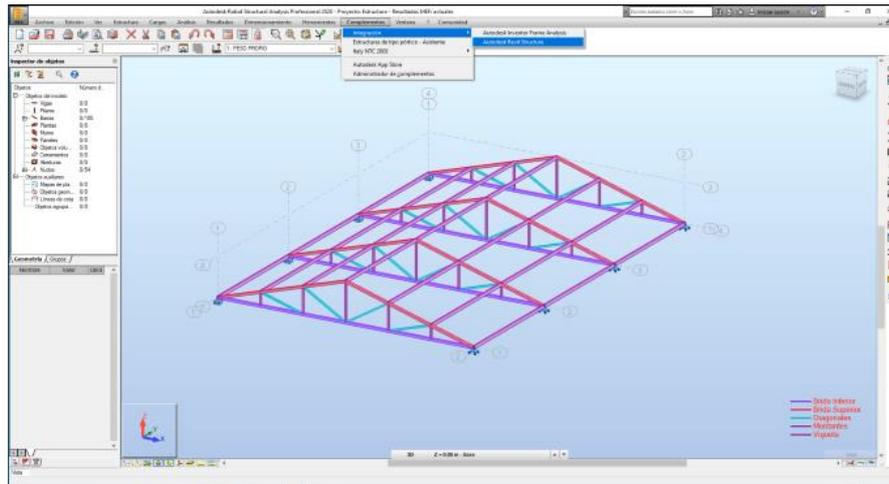


Figura Z: Complementos - integración a Autodesk Revit structure.

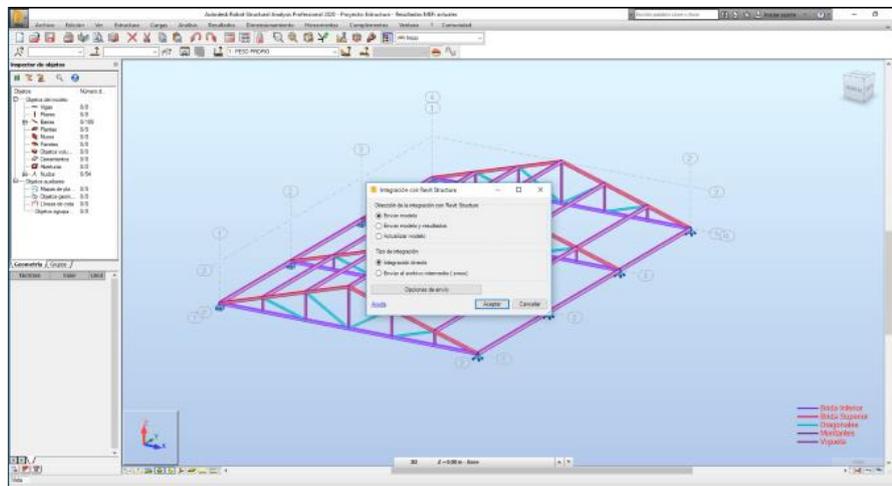


Figura AA: Integración a Autodesk Revit structure.

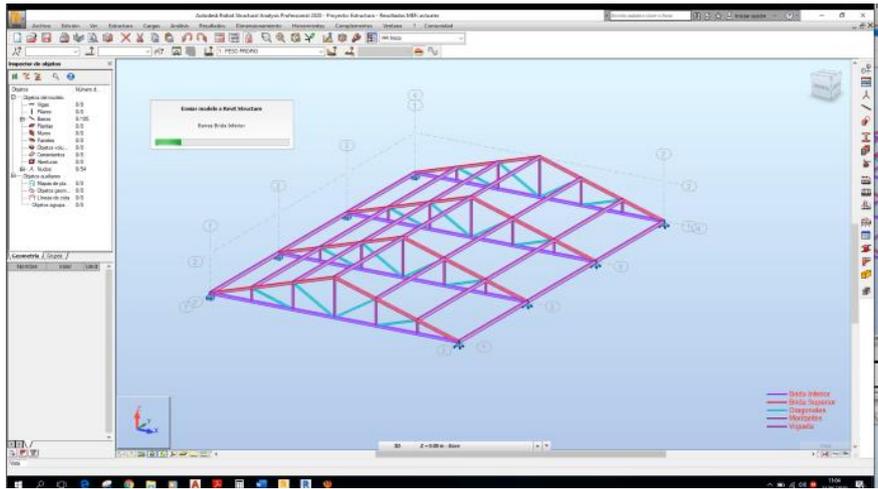


Figura AB: Procesamiento a Autodesk Revit structure.

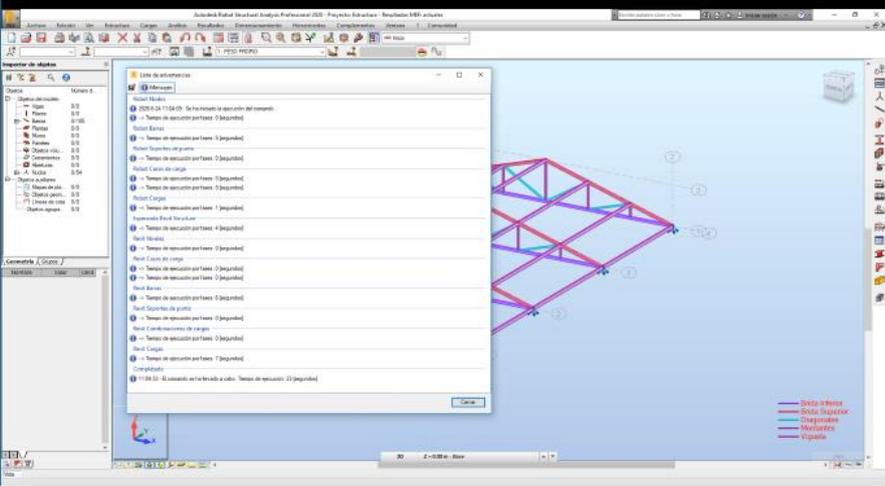


Figura AC: lista de observaciones – mensajes “OK” Autodesk Revit structure.

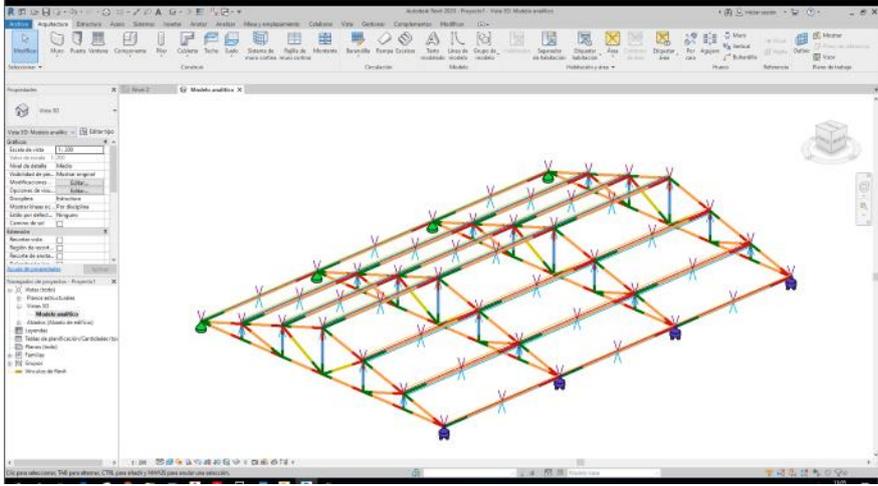


Figura AD: Modelo Analítico 3D exportado a Autodesk Revit structure.

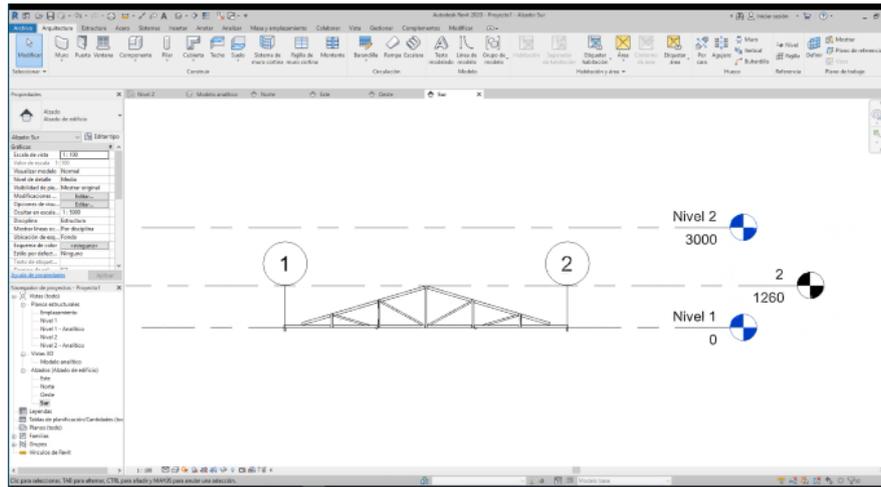


Figura AE: Elevación del techo metálico exportado de Revit structure.

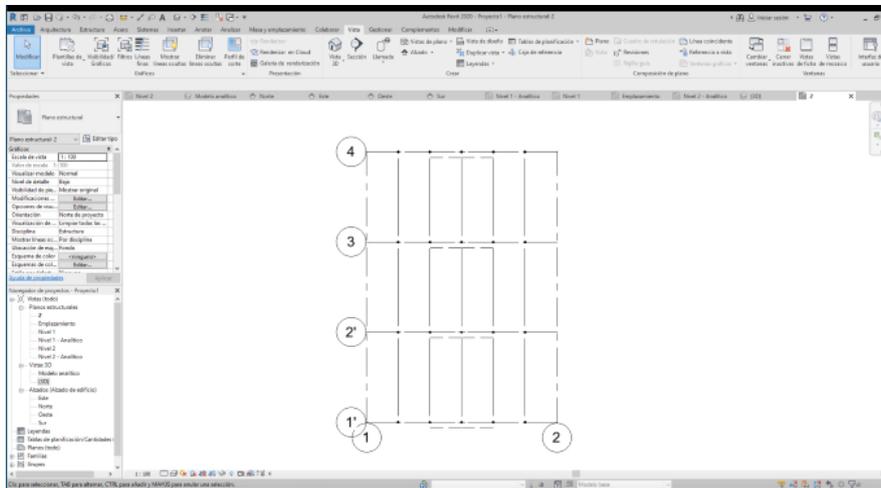


Figura AF: Planta del techo metálico exportado de Revit structure.