



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Planteamiento de un sistema estructural con pórticos arriostrados
excéntricos para el terminal terrestre de la ciudad de Pasaje.**

**TORRES MALO JESSICA ALEXANDRA
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Planteamiento de un sistema estructural con pórticos arriostrados
excéntricos para el terminal terrestre de la ciudad de Pasaje.**

**TORRES MALO JESSICA ALEXANDRA
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**Planteamiento de un sistema estructural con pórticos arriostrados
excéntricos para el terminal terrestre de la ciudad de Pasaje.**

**TORRES MALO JESSICA ALEXANDRA
INGENIERA CIVIL**

ORDOÑEZ FERNANDEZ JOSE LUIS

**MACHALA
2024**

PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL CON PÓRTICOS ARRIOSTRADOS EXCÉNTRICOS PARA EL TERMINAL TERRESTRE DE LA CIUDAD DE PASAJE

por Jessica Alexandra Torres Malo

Fecha de entrega: 06-ago-2024 08:43a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2428163355

Nombre del archivo: TESIS_TORRES_JESSICA.pdf (1.75M)

Total de palabras: 21644

Total de caracteres: 104012

PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL CON PÓRTICOS ARRIOSTRADOS EXCÉNTRICOS PARA EL TERMINAL TERRESTRE DE LA CIUDAD DE PASAJE

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|-------|
| 1 | sites.google.com Fuente de Internet | < 1 % |
| 2 | www.ecuadorencifras.gob.ec Fuente de Internet | < 1 % |
| 3 | dspace.univ-bouira.dz:8080 Fuente de Internet | < 1 % |
| 4 | pci.uas.edu.mx Fuente de Internet | < 1 % |
| 5 | id.scribd.com Fuente de Internet | < 1 % |
| 6 | Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante | < 1 % |
| 7 | www7.quito.gob.ec Fuente de Internet | < 1 % |
| 8 | www.tbook.it Fuente de Internet | < 1 % |

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, TORRES MALO JESSICA ALEXANDRA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Planteamiento de un sistema estructural con pórticos arriostrados excéntricos para el terminal terrestre de la ciudad de Pasaje., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



TORRES MALO JESSICA ALEXANDRA

0106290620

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a:

A mi madre Luisa Malo, que es mi centro, quien me ha dado su amor incondicional. Por siempre esforzarse por mi bienestar, por su paciencia y orientación que han sido fundamentales en mi crecimiento profesional y personal.

A mi familia, y especialmente a mis tíos Janeth Domínguez y Franklin Malo, por su apoyo y presencia constante en cada etapa de mi vida. Su amor, aliento y dedicación han sido muy importante para mí.

Jessica Alexandra Torres Malo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por siempre cuidarme y guiarme al momento de tomar decisiones, por darme sabiduría y fuerzas para emprender mis objetivos.

A mi familia, a mi madre, por su constante apoyo en mi vida. A mis tíos Janeth y Franklin, cuyo respaldo ha sido crucial para el desarrollo de mis estudios universitarios.

A mi tutor, el Ing. José Luis Ordóñez, por compartir su conocimiento con paciencia y dedicación. Agradezco el tiempo y esfuerzo que ha invertido en guiarme a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y compañeros, su disposición para colaborar y sus palabras de motivación han sido gratificantes.

Jessica Alexandra Torres Malo

RESUMEN

Este estudio se enfoca en el diseño de un terminal terrestre con estructuras metálicas, implementando arriostramientos excéntricos como una solución avanzada para mejorar la estabilidad y resistencia ante cargas laterales, como viento y sismos. Los arriostramientos excéntricos están compuestos por elementos diagonales dispuestos de manera asimétrica, lo que permite que las fuerzas laterales sean absorbidas y disipadas mediante deformaciones inelásticas controladas, reduciendo así las deformaciones y desplazamientos laterales. Para evaluar esta solución, se desarrolló un modelo estructural del terminal terrestre y se llevaron a cabo análisis dinámicos espectrales y no lineales para examinar el comportamiento de la estructura, así como las derivas de piso y los periodos. El análisis demostró que las derivas de piso y los periodos respondían a un buen comportamiento de la estructura. Se realiza el análisis de 6 bloques de la edificación, por cuestión de mejor desempeño.

Palabras clave: Estructuras de acero, arriostramientos excéntricos, elemento de enlace, derivas de piso.

ABSTRACT

This study focuses on the design of a land terminal with steel structures, implementing eccentric bracing as an advanced solution to improve stability and resistance to lateral loads, such as wind and earthquakes. Eccentric bracing is composed of diagonal elements arranged asymmetrically, allowing lateral forces to be absorbed and dissipated through controlled inelastic deformations, thus reducing lateral deformations and displacements. To evaluate this solution, a structural model of the land terminal was developed and spectral and nonlinear dynamic analyses were carried out to examine the behavior of the structure, as well as the story drifts and periods. The analysis showed that the story drifts and periods responded to a good behavior of the structure. The analysis of 6 blocks of the building is carried out, for the sake of better performance.

Keywords: Steel structures, eccentric bracing, link element, story drifts.

Índice

| | |
|---|----|
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| RESUMEN | 5 |
| Introducción..... | 11 |
| Importancia del tema..... | 11 |
| Actualidad de la problemática | 11 |
| Estructura del trabajo | 11 |
| 1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| 1.1 Antecedentes | 13 |
| 1.1.1 Datos de población | 13 |
| 1.1.2 Situaciones turísticas y sociales. | 14 |
| 1.1.3 Ordenamiento territorial Cantón Pasaje. | 14 |
| 1.1.4 Geología. | 14 |
| 1.1.5 Amenaza sísmica..... | 15 |
| 1.1.6 Transporte..... | 15 |
| 1.2 Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos) | 16 |
| 1.3 Formulación del problema (preguntas científicas). | 17 |
| 1.4 Delimitación del objeto de estudio | 18 |
| 1.5 Justificación | 18 |
| 1.6 Objetivos: general y específicos | 20 |
| 1.6.1 Objetivo general | 20 |
| 1.6.2 Objetivos específicos..... | 20 |
| 2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1. Antecedentes contextuales | 21 |
| 2.2. Antecedentes conceptuales | 24 |
| 2.2.1. Estructuras de acero..... | 24 |
| 2.2.2. Marcos con pórticos con arriostramientos excéntricos..... | 24 |
| 2.2.3. Ductilidad | 25 |
| 2.2.4. Propiedades de miembros de acero estructural..... | 26 |
| 2.2.5. Diseño estructural..... | 26 |
| 2.2.6. Diseño sismorresistente | 27 |
| 2.2.7. Factor R de reducción de fuerzas sísmicas | 27 |
| 2.2.8. Análisis no lineal | 27 |
| 2.2.9. Rigidez lateral..... | 28 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.2.10. | Desplazamiento lateral | 29 |
| 2.2.11. | Derivas de piso | 29 |
| 2.2.12. | Caracterización de suelos | 29 |
| 2.1. | Antecedentes referenciales..... | 30 |
| 3. | CAPITULO III: METODOLOGIA | 31 |
| 3.1. | Modalidad básica de la investigación | 31 |
| 3.2. | Tipo de investigación..... | 31 |
| 3.2.1. | Documental..... | 31 |
| 3.2.2. | Descriptiva..... | 31 |
| 3.3. | Objeto de estudio | 32 |
| 3.4. | Descripción de la población y muestra | 32 |
| 3.5. | Métodos teóricos con los materiales utilizados | 32 |
| 3.5.1. | Modelación | 32 |
| 3.5.2. | Detalles de los elementos estructurales | 34 |
| 3.5.3. | Distribución de cargas | 34 |
| 3.5.4. | Normativa para el análisis de la estructura..... | 35 |
| 3.5.5. | Análisis dinámico espectral | 35 |
| 3.5.6. | Espectro de diseño inelástico..... | 38 |
| 3.5.7. | Diseño de los elementos estructurales | 40 |
| 4. | CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 42 |
| 4.1. | Análisis e Interpretación de Resultados | 42 |
| 4.2. | Análisis Sísmico..... | 42 |
| 4.3. | Análisis y evaluación de las estructuras individuales | 44 |
| 4.3.1. | Resultados de diseño del Bloque 1(B1)..... | 44 |
| 4.3.2. | Resultados de diseño del Bloque 1(B2)..... | 46 |
| 4.3.3. | Resultados de diseño del Bloque 3(B3)..... | 49 |
| 4.3.4. | Resultados de diseño del Bloque 4(B4)..... | 51 |
| 4.3.5. | Resultados de diseño del Bloque 5(B5)..... | 54 |
| 4.3.6. | Resultados de diseño del Bloque 6(B6)..... | 56 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 59 |
| 5.1. | Conclusiones | 59 |
| 5.2. | Recomendaciones | 60 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 62 |
| | ANEXOS | 65 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Proyección de la población del cantón Pasaje, superficie y densidad poblacional..... | 13 |
| Tabla 2: Modelación de bloques individuales | 33 |
| Tabla 3: Perfil de suelo Tipo D | 35 |
| Tabla 4: Tipos de suelo y Factores de sitio Fa | 35 |
| Tabla 5: Tipo de sitio y Factor de sitio Fd..... | 36 |
| Tabla 6: Tipo de suelo y Factor de sitio Fs..... | 36 |
| Tabla 7: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura | 38 |
| Tabla 8: Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles | 39 |
| Tabla 9: Coeficientes de Espectro de diseño elástico..... | 42 |
| Tabla 10: Coeficientes de espectro de diseño inelástico | 43 |
| Tabla 11: Períodos y masa participativa de B1 | 44 |
| Tabla 12: Período de B1. Método 1..... | 45 |
| Tabla 13: Ajuste de cortante de B1 | 45 |
| Tabla 14: Aplicación de ajuste de corte en B1 | 46 |
| Tabla 15: Control de derivas de B1 | 46 |
| Tabla 16: Períodos y masa participativa de B2. | 47 |
| Tabla 17: Período de B2. Método 2..... | 48 |
| Tabla 18: Ajuste de cortante de B2 | 48 |
| Tabla 19: Aplicación de ajuste de cortante de B2 | 48 |
| Tabla 20: Control de derivas de B2..... | 49 |
| Tabla 21: Períodos y masa participativa de B3 | 49 |
| Tabla 22: Período de B3. Método 2..... | 50 |
| Tabla 23: Ajuste de cortante de B3 | 51 |
| Tabla 24: Control de derivas de B3..... | 51 |
| Tabla 25: Períodos y masa participativa de B4 | 51 |
| Tabla 26: Período de B4. Método 2..... | 52 |
| Tabla 27: Ajuste de cortante de B4 | 53 |
| Tabla 28: Control de derivas de B4..... | 53 |
| Tabla 29: Períodos y masa participativa de B5 | 54 |
| Tabla 30: Período de B5. Método 2..... | 55 |
| Tabla 31: Ajuste de cortante de B5 | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabla 32: Control de derivas de B5 | 56 |
| Tabla 33: Períodos y masa participativa del B6. | 56 |
| Tabla 34: Período de B6. Método 2..... | 57 |
| Tabla 35: Ajuste de cortante de B2 | 58 |
| Tabla 36: Control de derivas de BI..... | 58 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Árbol de causa y efecto | 16 |
| Figura 2: Zona de estudio | 18 |
| Figura 3: Estructura metálica en la fachada de un edificio en Tokio | 21 |
| Figura 4: Estructuras del Museo ArtScience Singapur..... | 22 |
| Figura 5: Modelo estructural en acero de la edificación completa..... | 33 |
| Figura 6: Configuración del espectro elástico de diseño..... | 37 |
| Figura 7: Espectro de diseño Pasaje | 43 |

Introducción

Importancia del tema

El cantón Pasaje, ubicado en la provincia de El Oro, Ecuador, es un área en crecimiento que necesita infraestructura moderna para sostener su desarrollo. Un terminal bien diseñado mejorará significativamente la conectividad y el desarrollo económico del cantón, facilitando el transporte y potenciando el turismo y el comercio local. Diseñar un terminal terrestre en estructuras metálicas para este cantón es de suma importancia debido a su capacidad para ofrecer una solución duradera, segura y eficiente. Las estructuras metálicas permiten una construcción más rápida y flexible, adaptándose a las necesidades específicas del entorno y proporcionando resistencia a factores climáticos adversos.

Actualidad de la problemática

No planificar el diseño estructural de un terminal terrestre para el cantón Pasaje representa un grave problema, ya que compromete la seguridad, eficiencia y durabilidad de la infraestructura. La falta de planificación puede resultar en estructuras inadecuadas, incapaces de soportar las cargas y las condiciones ambientales locales, lo que aumenta el riesgo de fallos estructurales. Además, se desaprovechan oportunidades de optimización en costos y tiempos de construcción. Sin una planificación adecuada, el terminal podría no cumplir con los requisitos de sostenibilidad y expansibilidad, limitando su capacidad para adaptarse al crecimiento futuro del cantón y afectando negativamente su desarrollo económico y social.

Estructura del trabajo

Este trabajo está compuesto por cuatro capítulos, los cuales se detallan a continuación:

El Capítulo I, titulado Planteamiento del problema, constituye la base esencial para entender la importancia del proyecto. En esta sección, se establece la línea base del proyecto, se describe la situación actual de la zona de estudio, se crean preguntas científicas para la formulación del problema, y se presentan tanto la justificación como los objetivos generales y específicos que pretende alcanzar este trabajo.

El Capítulo II, aborda el marco teórico. Mediante una exhaustiva investigación bibliográfica, se recopilarán antecedentes contextuales de trabajos realizados a nivel macro, meso y micro, así como antecedentes conceptuales que incluyan la terminología principal y el marco normativo relevante para el propósito del documento. Además, para los antecedentes referenciales, se considerarán trabajos previos encontrados en artículos científicos o tesis de maestría que utilicen la metodología que se empleará en el desarrollo de este trabajo.

En el Capítulo III, se detallan los métodos empíricos y teóricos aplicados en la investigación. Este capítulo expone minuciosamente el proceso metodológico seguido, incluyendo las técnicas y enfoques utilizados para recopilar y analizar datos. Se presenta una descripción de cada paso del método, asegurando una comprensión clara del procedimiento empleado para alcanzar los objetivos del estudio.

En el Capítulo IV, se detalla la aplicación de la metodología empleada, donde se demuestra el análisis e interpretación de resultados obtenidos a través de este trabajo sobre el Planteamiento de un sistema estructural con pórticos arriostrados excéntricos para el terminal terrestre de la ciudad de Pasaje.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

1.1.1 Datos de población

El Cantón de Pasaje pertenece a la provincia de El Oro, dentro de esta provincia, Pasaje se encuentra ubicado en el norte de la misma, sin tener acceso directo al Océano Pacífico, y limitando con cantones orenses, excepto en el extremo nororiental que lo hace con la provincia de Azuay.

Tabla 1: Proyección de la población del cantón Pasaje, superficie y densidad

| Parroquias | | Población 2020 | Superficie | | | Densidad poblacional (hab/ha) | Densidad poblacional (hab/km ²) |
|------------|-----------------|-------------------|-------------------|---|--|-------------------------------------|---|
| Urbana | Rural | | Hectáreas (ha) | Kilómetros cuadrados (km ²) | Porcentaje de la superficie cantonal (%) | | |
| Pasaje | | 64443,00 | 13126,21 | 131,26 | 0,29 | 4,91 | 490,95 |
| | Buenavista | 7881,00 | 4125,86 | 41,26 | 0,09 | 1,91 | 191,01 |
| | Progreso | 4780,00 | 14889,15 | 148,89 | 0,33 | 0,32 | 32,10 |
| | La Peaña | 4339,00 | 1658,24 | 16,58 | 0,04 | 2,62 | 261,66 |
| | Casacay | 2960,00 | 6124,75 | 61,25 | 0,13 | 0,48 | 48,33 |
| | Caña Quemada | 2216,00 | 2666,23 | 26,66 | 0,06 | 0,83 | 83,11 |
| | Uzhcurrumi | 1104,00 | 3023,30 | 30,23 | 0,07 | 0,37 | 36,52 |
| Total | | 87723,00 | 45613,74 | 456,14 | 1,00 | 1,92 | 192,32 |

poblacional.

Fuente: INEC (2010); Cartografía IGM (2019); Límites CONALI (2019).

Con base en la proyección poblacional al 2020, se puede apreciar en la Tabla 1, que la mayor densidad poblacional se encuentra en la cabecera cantonal de Pasaje, con 490,96 habitantes/Km² (4,91 habitantes/ha), y la mínima densidad se registra en la parroquia rural Progreso, con 32,10 habitantes/Km² (0,32 habitantes/ha). El cantón Pasaje, con relación a la densidad poblacional de la Provincia de El Oro, notamos que esta registra al año 2020, 192,32 habitantes/Km².

Una alta densidad de población se concentra en ciudades y territorios urbanos, como es el caso de la parroquia urbana Pasaje, lo cual determinará el número de colegios, parques,

centros de salud y hospitales, centros sociales, y demás equipamientos y servicios públicos, que son necesarios para atender a la población. Cada uno de estos servicios atenderá a una ratio poblacional, lo cual hace necesario establecer, entre otras cosas, su mejor ubicación y los 202 recursos que serán necesarios (tanto económicos como humanos), para ofrecer los servicios de calidad, con equidad de acceso, pero también con eficiencia, optimizando los recursos.

1.1.2 Situaciones turísticas y sociales.

El cantón cuenta con gran diversidad de atractivos turísticos que ofertar, lugares para el esparcimiento y de integración familiar, acogedores y seguros ubicados en las áreas urbanas y rurales. Con los recursos patrimoniales y turísticos el Gobierno Autónomo descentralizado de Pasaje a través de los departamentos de Cultura, Patrimonio y Turismo, busca repotenciar y posicionar a Pasaje como capital turística cultural y ambiental de la región sur.

1.1.3 Ordenamiento territorial Cantón Pasaje.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Pasaje, uno de los problemas que se presenta actualmente es la carencia de un espacio físico de embarque y desembarque de pasajeros en el cantón que se movilizan y circulan a nivel interno y externo. Por lo que la ciudadanía por sus propios derechos y corresponsabilidad ciudadana dentro del desarrollo integral del cantón, demanda de la necesidad de contar con un terminal terrestre, por cuanto la costumbre de movilización ha obligado la inclusión de diversas modalidades de transporte tanto interprovincial e interprovincial. Con esto, se podrá administrar la circulación de estas unidades por vías específicas sin afectar la movilidad en zonas comerciales y la afectación de las vías. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pasaje, 2019)

1.1.4 Geología.

Se conoce que el Cantón Pasaje es una zona de relieve variado desde zonas planas hasta zonas montañosas, con una tendencia alta a los movimientos en masa. Los suelos poseen características finas, fácilmente saturables en época lluviosa y no mantienen su estructura en época seca, formando costras; lo cual sumado al tipo de relieve los vuelve poco aptos para la agricultura. Se estima que la mayor parte de territorio cantonal corresponde a un relieve escarpado, el cual se vuelve abrupto hacia la parte occidental del cantón.

1.1.5 Amenaza sísmica.

Las zonas que tienen intensidad sísmica media se localizan en pequeñas extensiones de territorio en parte oriental del cantón Pasaje, ocupando una superficie de 23.179,4 Ha. que corresponde al 50,79 % de la superficie total del cantón. Por su parte las zonas con intensidad alta, ocupan una superficie de 22.456,7 ha, equivalente al 49, 21 % del área del cantón, ubicándose en la parte occidental cantonal, principalmente en Cañaquemada, La Peaña y Buenavista.

Donde existe mayor riesgo de movimientos en masa, son las zonas con relieve montañoso y escarpado, abarcando una extensión de 23.352, 5 ha (51,17 % del total del cantón), localizadas en la parte oriental del cantón, al noreste de Progreso, Casacay y Uzhcurrumi.

1.1.6 Transporte.

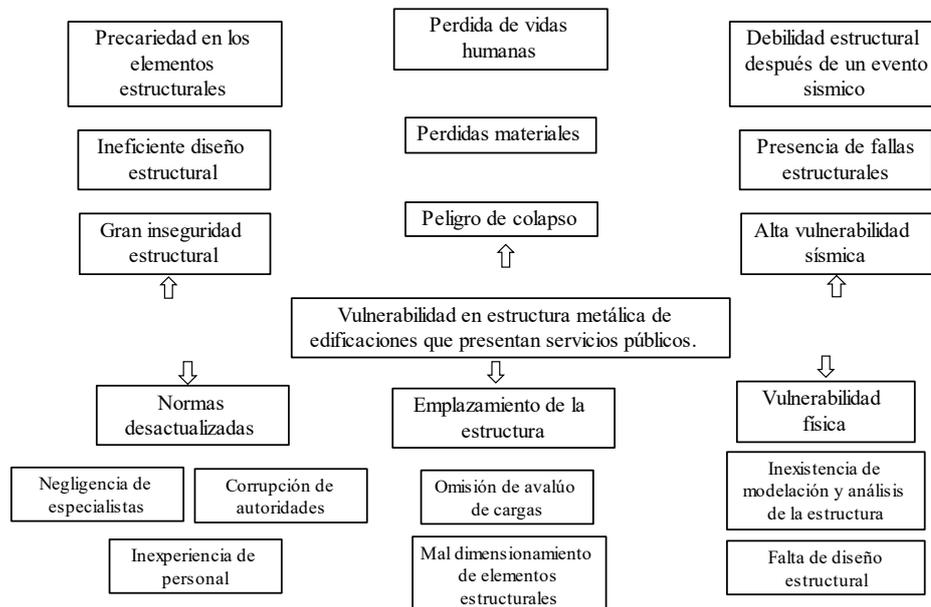
El transporte público urbano de pasajeros se hace a través de cooperativas de taxis y camionetas que recorren los barrios del Sur-este de la ciudad, por la Ochoa León o Avenida Río Jubones hacia los Naranjos, chóferes, Tierra Prometida, Loma de Franco y con menor frecuencia se realiza también a través de buses que van a sectores rurales tales como: Palenque, Casacay, la Peaña, Buenavista, el Progreso.

En cuanto a lo que tiene que ver el transporte público interurbano se da en baja frecuencia con Santa Rosa, El Guabo, Uzhcurrumi y en alta frecuencia con Machala, existiendo para estas últimas dos cooperativas de buses como son: El Oro Express y Calderón unidades que empiezan a laborar desde las 6 de la mañana y cada 5 minutos hasta las 7 de la tarde y operan con menos frecuencia hasta las 8 de la noche.

En el momento actual el Cantón De Pasaje no cuenta con un Terminal Terrestre, lo cual, es una necesidad de primer orden observada tanto por el propio consejo municipal, como por el conjunto de los vecinos. La creación de una edificación de este tipo supone dotar a la población de un espacio muy adecuado para optimizar en primer lugar, el servicio de transporte terrestre, que hasta ahora se distribuyen por toda la ciudad, dificultando el tránsito viario y suponiendo un peligro para los pasajeros a la hora de acceder o desembarcar de las unidades de transporte. Por otra parte, también supone un gran avance para los propios pasajeros, dado que facilita la organización e información de los mismos, permitiendo ahorrar tiempo, no sólo a los habitantes de Pasaje, sino los que utilizan la ciudad como punto donde realizar los trasbordos, especialmente los vecinos de parroquias y recintos que desean desplazarse a otros cantones.

1.2 Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos)

Figura 1: Árbol de causa y efecto



Fuente: Elaboración propia

La problemática central consiste en la vulnerabilidad en estructura metálica de edificaciones que prestan servicios públicos, lo cual tiene como resultado un sistema susceptible a daños sísmicos estructurales.

En principio, el uso inadecuado de la normativa de construcción, ocasiona un ineficiente diseño estructural, puesto que es necesario cumplir con los mínimos requisitos

establecidos por las pertinentes normas, y de esta manera garantizar seguridad y funcionalidad al sistema estructural.

Por otro lado, un mal dimensionamiento de elementos estructurales provoca una sobrecarga de material innecesario, y esto a su vez puede ocasionar grandes pérdidas económicas. Así mismo una omisión de avalúo de cargas en el desarrollo del proyecto, trae consigo inestabilidad estructural, poniendo en riesgo la seguridad del usuario.

Además, la falta de un correcto análisis y diseño estructural, consigue elevar el nivel de vulnerabilidad sísmica, ocasionando así debilidad estructural después de un evento sísmico de gran magnitud, dando paso a la pérdida de la integridad de la estructura, es decir que se puede generar una disminución de resistencia, rigidez y estabilidad.

1.3 Formulación del problema (preguntas científicas).

Es importante llevar un buen plan de desarrollo constructivo de una edificación de uso público, dado que en caso de no diseñarse un sistema eficiente que garantice seguridad ante eventos sísmicos de gran magnitud, el sistema estructural puede verse propenso a daños estructurales.

Ante todo, hay que considerar todos los requerimientos establecidos en las pertinentes normativas, según el tipo de edificación que corresponda, porque el no hacer esto, puede traer consigo un sistema estructural deficiente, incapaz de garantizar seguridad y durabilidad estructural.

Además, al no dimensionar correctamente los miembros estructurales, estos pueden terminar siendo poco resistentes, y acabar en colapso, poniendo en riesgo vidas humanas. Así mismo al no realizarse una adecuada evaluación de cargas, esto puede generar un inadecuado desempeño estructural de la edificación.

Por último, es fundamental un análisis estructural que permita conocer los efectos de las cargas en el sistema estructural, puesto que el no pasar por esta etapa en el diseño, esto puede afectar directamente a la respuesta estructural del sistema ante la presencia de cargas sísmicas.

encuentran las oficinas o edificaciones dificulta las operaciones de transporte, debido a que el tamaño de los buses y las vías circundantes complican las maniobras de giro, aparcamiento, carga y descarga de pasajeros. Los cruces de vehículos como autos livianos particulares, taxis, camionetas de carga, buses inter, buses urbanos, bicicletas, con los pasos peatonales, vuelven un sistema de tráfico caótico en la zona de influencia de las mini terminales.

Se considera un problema de priorización alta, por lo que, en el PDOT, se plantea tomar las siguientes acciones: Elaborar los estudios y diseños definitivos de un moderno Terminal Terrestre y gestionar su construcción, operación y administración, mediante la modalidad de inversión directa o Alianza Publico Privada APP. Este tema le compete a al Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Pasaje, a la Agencia Nacional de Tránsito, y a las empresas privadas nacional o internacional pertinentes. Se considera un problema de priorización alta, por lo que, en el PDOT, se plantea tomar las siguientes acciones: Elaborar los estudios y diseños definitivos de un moderno Terminal Terrestre y gestionar su construcción, operación y administración, mediante la modalidad de inversión directa o Alianza Publico Privada APP. Este tema le compete a al Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Pasaje, a la Agencia Nacional de Tránsito, y a las empresas privadas nacional o internacional pertinentes.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pasaje, 2019)

Por consiguiente, es necesario, dotar al Cantón Pasaje de una infraestructura suficiente para poder dar respuesta a la actual organización del transporte terrestre, creando un nuevo Terminal Terrestre, que permita reubicar a las unidades de autobús, a la vez que garantizar a los usuarios un espacios seguro, confortable y adecuado donde comprar, esperar o informarse de rutas y frecuencias de autobuses en el cantón.

Cabe mencionar que, de acuerdo a los requisitos académicos establecidos por la universidad técnica de Machala, he desarrollado este trabajo con el objetivo fundamental de culminar exitosamente mi programa de estudios y obtener el título de ingeniera civil, y confío en que este trabajo contribuirá positivamente a mi desarrollo profesional.

1.6 Objetivos: general y específicos

1.6.1 Objetivo general

Diseñar una estructura metálica con pórticos excéntricos para edificaciones que presten servicios públicos.

1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar tipologías estructurales para edificaciones metálicas, mediante investigación bibliográfica.

- Evaluar la vulnerabilidad de la estructura mediante la modelación estructural para analizar su comportamiento e identificar la mejor disposición para un óptimo desempeño estructural.

- Proponer un sistema estructural sismo resistente en estructura metálica para el terminal terrestre del cantón Pasaje.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes contextuales

El uso de estructuras metálicas como imagen arquitectónica principal es característico de la mayoría de diversos tipos de edificios y estructuras. La Figura 3 muestra un marco de carga vertical en la fachada de un edificio alto en Tokio. Las estructuras metálicas visibles forman parte integral del diseño estructural interno, pero se encargan de aportar singularidad a la construcción. Conforme la carga aumenta en los niveles inferiores, el marco adquiere una mayor robustez. (Averkiev, 2023)

Figura 3: Estructura metálica en la fachada de un edificio en Tokio



Fuente: Averkiev, 2023

En los últimos años las estructuras con sistema de patrón diamante se han vuelto populares, un ejemplo de esto es el Museo ArtScience en Singapur, en la Figura 4 se observa como la instalación se eleva sobre el suelo sostenida por columnas de colores oscuros y estructuras diagrid blancas. Las estructuras metálicas se usan con el fin de organizar espacios de grandes luces. (Averkiev, 2023)

Figura 4: Estructuras del Museo ArtScience Singapur



Fuente: Averkiev, 2023

Según Uang y Bruneau, el terremoto de Northridge (California) de 1994 podría haber tenido más impacto en la investigación sobre el acero sísmico, el diseño y la práctica de la construcción que cualquier otro acontecimiento sísmico en Estados Unidos. Anteriormente, los pórticos de acero resistentes a momentos especiales, conocidos simplemente como pórticos (SMF), eran considerados el sistema óptimo de resistencia sísmica, con el mayor nivel de resistencia a los terremotos o la menor rigidez desde la década de 1960. Se esperaba que la respuesta dúctil en forma de articulación a flexión de la viga en la cara del pilar, cesión a cortante en la zona del panel del pilar o una combinación de ambas, sea un mecanismo plástico dúctil en el armazón. Sin embargo, durante el evento de Northridge, con pocos signos de deformación plástica en las vigas, se produjo una fractura frágil en muchos edificios de acero de varios pisos. (Uang & Bruneau, 2018)

En Cuba, al diseñar construcciones sismorresistentes, se detallan los criterios a considerar al elaborar un proyecto en áreas específicas del país, según el grado de exposición a riesgos sísmicos. Además, se establecen las distintas configuraciones geométricas en elevación y planta de los edificios, siguiendo las definiciones establecidas y el método de

cálculo correspondiente, con el objetivo de determinar la respuesta estructural mediante el desarrollo de un modelo analítico apropiado y representativo.(Cu, 2021)

Diferentes investigaciones se han dedicado a analizar en detalle las causas subyacentes de daños en estructuras, abordando una serie de factores principales. Estos incluyen el armado insuficiente de las estructuras, la baja calidad del acero utilizado en la construcción, la falta de adecuados anclajes, la deficiente adherencia entre el acero y el hormigón, así como la baja calidad general de los materiales empleados en el proceso constructivo. Otros aspectos destacados son el uso de acero liso en lugar de acero corrugado, la presencia insuficiente de acero transversal, acompañada de una colocación y cierre deficientes.(Noelia Vidaud-Quintana et al., s. f.)

Según una investigación realizada en la ESPE, en Ecuador es habitual encontrar el uso extendido de sistemas que emplean pórticos duales para hacer frente a cargas laterales. Estos pórticos duales están configurados por pórticos resistentes a momentos, que pueden incluir elementos diagonales según los requisitos específicos de diseño. Esta práctica se ha vuelto común en el país como una medida para garantizar una respuesta estructural adecuada ante las fuerzas laterales, adaptándose así a las condiciones sísmicas y de carga específicas de la región ecuatoriana. (Cagua et al., 2021)

De acuerdo con la investigación sobre "Vulnerabilidad sísmica en edificaciones educativas ecuatorianas evaluadas mediante modelos matemáticos de análisis dinámico", es fundamental caracterizar las estructuras en Ecuador según el riesgo sísmico al que están expuestas. Esto permite identificar posibles daños en las edificaciones en caso de un terremoto de magnitud superior a la considerada durante el proceso de diseño. Razón por la cual la Norma Ecuatoriana de Construcción establece diferentes niveles de seguridad, que indican cómo criterio de diseño el nivel de seguridad de vida, ante un terremoto de 475 años de período de retorno y de igual forma, impedir el colapso total ante un sismo 2500 años de periodo de retorno.(Cesar Morocho-Orellana et al., 2022)

2.2. Antecedentes conceptuales

2.2.1. Estructuras de acero

Una de las ventajas del acero es que posee una resistencia intrínseca al fuego, lo que lo convierte en un material extremadamente confiable para aplicaciones estructurales. A diferencia de otros materiales como la madera o el hormigón, el acero no se inflama, no pierde su resistencia ni libera gases tóxicos cuando se expone a condiciones de incendio. Esta característica se debe principalmente a su elevado punto de fusión, que oscila entre 1370 °C y 1530 °C (2500 °F a 2790 °F). En consecuencia, el acero mantiene su integridad estructural y su capacidad de carga incluso a temperaturas extremas, proporcionando así una ventaja significativa frente a otros materiales de construcción. (Reza, 2023)

El acero estructural sometido a cargas de tracción exhibe, en general, tres fases distintas en su respuesta de estrés-deformación. Durante la fase elástica, la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal y se conoce como el módulo de elasticidad o módulo de Young (E). Esta fase lineal está limitada por el límite elástico (f_y). Posteriormente, se desarrolla una segunda fase, en la cual el material entra en una región de flujo plástico con una tensión aproximadamente constante, hasta alcanzar el endurecimiento por deformación. En este momento, el comportamiento plástico se detiene y comienza el endurecimiento por deformación. La tercera fase se produce más allá de este punto, donde la tensión se acumula nuevamente, pero a un ritmo decreciente, hasta alcanzar la tensión máxima, y finalmente, la deformación última de tracción. (Li et al., 2023)

2.2.2. Marcos con pórticos con arriostramientos excéntricos

El análisis titulado "Marcos de acero con eslabones absorbentes de energía debajo Evaluación del desempeño sísmico de sistemas arriostrados excéntricamente Terremotos secuenciales" aborda la implementación de arriostramientos excéntricos en pórticos de acero como una estrategia para mejorar la capacidad de disipación y absorción de energía durante eventos sísmicos secuenciales. Este estudio resalta la efectividad de los sistemas arriostrados excéntricamente en la mitigación de daños estructurales, aprovechando la deformación plástica controlada para absorber la energía inducida por los terremotos. La metodología empleada incluye un análisis detallado del comportamiento no lineal de los pórticos de acero, evaluando su desempeño bajo múltiples escenarios sísmicos para

optimizar el diseño estructural y garantizar una mayor resiliencia ante eventos sísmicos recurrentes. (Mohsenian et al., 2021)

En pórticos que presentan diagonales excéntricas, es habitual que la excentricidad entre estas diagonales se encuentre en las vigas, ya sea en los extremos laterales o en el centro. El elemento estructural que se encuentra entre las diagonales es conocido como elemento de enlace. Las funciones desarrolladas se centran únicamente en los elementos de enlace ubicados en el tramo central de las vigas. Además, el comportamiento no lineal de estos elementos depende de su longitud, definiendo así su respuesta ante cargas de corte o flexión, tal como se especifica en las normativas de diseño estructural. (Vol & Computing, 2023)

En estructuras de pórticos con diagonales excéntricas, es común que la excentricidad entre las diagonales se encuentre en las vigas, ya sea en los extremos laterales o en el centro. El componente que queda entre las diagonales se denomina elemento de enlace. Se sabe que su comportamiento no lineal está influenciado por la longitud del elemento, determinando así su respuesta ante fuerzas de corte o flexión, tal como se describe en las regulaciones de diseño estructural. (Gómez et al., 2023)

2.2.3. Ductilidad

La ductilidad de un entrepiso está esencialmente asociada a los desplazamientos relativos del entrepiso, mientras que la ductilidad global se expresa generalmente en términos de la ductilidad del entrepiso o de los desplazamientos absolutos del techo. Es ampliamente aceptado que la ductilidad local supera a la ductilidad del piso, y esta última es mayor que la ductilidad global. En términos técnicos, la ductilidad se define como la relación entre el desplazamiento inelástico máximo y el desplazamiento elástico. El desplazamiento inelástico máximo se calcula como el desplazamiento máximo que experimenta el sistema durante la aplicación de la carga total, mientras que el desplazamiento elástico se refiere al desplazamiento del sistema en el momento en que ocurre la primera fluencia. (Llanes-Tizoc et al., 2019)

Los enfoques tradicionales de diseño sismo-resistente se centran principalmente en garantizar la seguridad de vida mediante la provisión de resistencia y ductilidad a las estructuras. Al mismo tiempo, buscan controlar los daños asegurando que las distorsiones se mantengan dentro de límites permisibles. La ductilidad juega un papel crucial, ya que

permite que las estructuras absorban y disipen la energía sísmica de manera eficiente, evitando fallas catastróficas y minimizando los daños estructurales. Estos métodos aseguran que, bajo cargas sísmicas, las edificaciones puedan deformarse plásticamente sin perder su capacidad de soportar cargas, protegiendo así a los ocupantes y manteniendo la integridad estructural.(Ramon Gaxiola-Camacho, s. f.)

2.2.4. Propiedades de miembros de acero estructural

El acero ASTM A36 es ampliamente empleado y comercializado en Ecuador para aplicaciones estructurales. Este material es fundamental para la construcción de puentes, estructuras y otras aplicaciones que requieren una alta resistencia. La fabricación está regulada por la norma ASTM A36, que se aplica a placas y perfiles estructurales laminados en caliente. El esfuerzo de fluencia de este acero es de 250 MPa (36 Ksi) y la resistencia a la tracción es de 400 a 550 MPa (58 a 80 Ksi). Sus características mecánicas, que aseguran eficiencia y seguridad en las obras, contribuyen a su popularidad.(Homero Almendariz-Puente et al., 2021)

El acero ASTM A572 Gr.50 es un tipo de acero estructural de baja aleación que se solda y tiene microaleantes que refinan el grano del material. Para permitir una disminución en el grosor y el peso de las estructuras, estas características mejoran sus propiedades mecánicas en comparación con el acero ASTM A36. Este acero es ideal para uso en puentes, carrocerías y otras estructuras donde el rendimiento y la eficiencia del diseño deben ser maximizados. Una gran ventaja de este material es la capacidad de emplear secciones más delgadas sin sacrificar la resistencia.(Homero Almendariz-Puente et al., 2021)

2.2.5. Diseño estructural

La ingeniería civil abarca una amplia variedad de responsabilidades que incluyen la evaluación de viabilidad, planificación, supervisión, construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras. Según Díaz, este campo trabaja con numerosos parámetros, los cuales varían dependiendo de la rama o subdisciplina específica que se esté abordando. Cada especialización dentro de la ingeniería civil, como el diseño estructural, la ingeniería de transporte o la gestión de recursos hídricos, requiere un

análisis detallado de diferentes características y comportamientos de los elementos involucrados. Por lo tanto, los ingenieros civiles deben adaptar sus métodos y técnicas a las particularidades de cada disciplina para asegurar la eficacia y seguridad de las estructuras y sistemas que diseñan y mantienen.(Díaz et al., s. f.)

2.2.6. Diseño sismorresistente

Debido a las propiedades de ductilidad y homogeneidad del acero, las estructuras de este material son consideradas una opción excelente en zonas sísmicas. Las normas establecidas indican que tanto las uniones como las columnas deben ser suficientemente robustas para evitar que las vigas en pórticos sometidos a cargas laterales sufran daños o entren en acción inelástica. Para garantizar la seguridad de los ocupantes, es fundamental seguir estas directrices de diseño, ya que permiten prevenir el colapso estructural durante terremotos severos. La capacidad del acero para deformarse plásticamente sin perder resistencia contribuye significativamente a la protección contra eventos sísmicos, asegurando tanto la integridad estructural como la seguridad de los ocupantes. (Saravanan et al., 2018)

2.2.7. Factor R de reducción de fuerzas sísmicas

Para describir las fuerzas laterales generadas por sismos, los códigos de diseño sismorresistentes actuales utilizan los factores R de reducción de fuerzas sísmicas. Estos factores, al introducir el comportamiento inelástico de la estructura, proporcionan una estimación de su capacidad para absorber y disipar energía. En la definición de fuerzas laterales, como el cortante basal, este parámetro tiene un impacto significativo en el diseño del sistema estructural. Por lo tanto, es crucial definirlo con precisión. (Abd-Elhamid et al., 2020) En resumen, el factor de reducción de fuerzas sísmicas permite que la estructura disipe energía sin colapsar, asegurando así la integridad estructural y la seguridad de los ocupantes. La correcta aplicación de estos factores es esencial para diseñar edificaciones que puedan soportar eventos sísmicos sin sufrir daños catastróficos.

2.2.8. Análisis no lineal

El análisis no lineal es una técnica avanzada en la ingeniería y las ciencias aplicadas que evalúa el comportamiento de estructuras, materiales y sistemas bajo condiciones en las que la respuesta no es proporcional a las cargas aplicadas. A diferencia del análisis lineal, que asume una relación directa y predecible entre fuerzas y desplazamientos, el análisis no lineal incorpora factores como grandes deformaciones, efectos geométricos complejos, comportamiento no lineal de los materiales y condiciones de frontera variables. Este enfoque se vuelve indispensable cuando las suposiciones lineales no bastan para representar con precisión el comportamiento real del sistema. (Zhang et al., 2020)

Este método es especialmente crítico en escenarios donde las estructuras están sometidas a cargas extremas, materiales que sufren plastificación o fractura, y problemas de contacto entre componentes. El análisis no lineal ofrece una comprensión más detallada y precisa del desempeño y la seguridad de las estructuras bajo condiciones de servicio y carga severas. Al considerar estos efectos no lineales, los ingenieros pueden diseñar y evaluar estructuras de manera más efectiva, garantizando que cumplan con los estrictos requisitos de seguridad y funcionalidad en una variedad de situaciones.

2.2.9. Rigidez lateral

La rigidez lateral es una medida de la capacidad de una estructura para resistir deformaciones horizontales bajo la acción de cargas laterales, tales como vientos o terremotos. Se define técnicamente como la relación entre la fuerza lateral aplicada y el desplazamiento lateral resultante, y se expresa en unidades de fuerza por unidad de desplazamiento. Una estructura con alta rigidez lateral exhibe desplazamientos laterales mínimos cuando se somete a cargas significativas, lo que es fundamental para mantener la estabilidad y funcionalidad del edificio.

Desde una perspectiva técnica, la rigidez lateral es crucial para evaluar la resistencia estructural frente a fuerzas horizontales. Depende de la configuración geométrica, las propiedades de los materiales y las conexiones entre los elementos estructurales. Diseños que optimizan la rigidez lateral suelen incluir pórticos resistentes a momentos, muros de cortante y sistemas de arriostramiento. Estos componentes aumentan la capacidad de la estructura para absorber y distribuir las cargas laterales de manera uniforme, minimizando

los desplazamientos y garantizando la seguridad y el rendimiento óptimo del edificio bajo condiciones de carga lateral. (A. et al., 2020)

2.2.10. Desplazamiento lateral

Las estructuras de referencia fueron seleccionadas debido a que los pórticos perimetrales resistentes a momentos de acero en estos edificios están diseñados para soportar cargas laterales de manera eficiente. Esta capacidad para resistir fuerzas laterales permite el uso de secciones transversales relativamente pequeñas en las vigas y columnas. En consecuencia, las estructuras MRF de acero son particularmente eficaces en la absorción y transferencia de las fuerzas laterales, tales como las generadas por vientos o terremotos. La rigidez y solidez de las uniones entre vigas y columnas en estos pórticos perimetrales garantizan la estabilidad y seguridad del edificio, mientras que permiten la utilización de componentes estructurales más delgados, optimizando así el diseño y la utilización de materiales. (Jia et al., 2018)

2.2.11. Derivas de piso

Es relevante destacar que, en el contexto específico de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, los coeficientes de comportamiento son seleccionados en función de la tipología estructural y del material predominante en la estructura. Estos coeficientes también son empleados en el cálculo de los desplazamientos inelásticos de diseño, los cuales son posteriormente utilizados para determinar las derivas entre pisos. Estos valores se comparan con la deriva máxima admisible según la normativa, lo que permite verificar si el dimensionamiento de la estructura es satisfactorio o no. (Vielma & Cando, 2017)

2.2.12. Caracterización de suelos

Es esencial resaltar que la geología específica de la región puede ser un factor crucial que influye en la forma en que las ondas sísmicas se propagan. Cuando las ondas sísmicas encuentran una discontinuidad en su trayectoria, como cambios en las propiedades mecánicas del suelo, pueden experimentar reflexión o refracción, lo que resulta en variaciones en su velocidad. Por lo general, el análisis y la evaluación de las fuerzas sísmicas en las estructuras se realizan siguiendo los procedimientos, secuencias y definiciones establecidos en normativas y reglamentos relevantes. (Ferreira et al., 2019)

2.1. Antecedentes referenciales

En la etapa de diseño se investigan los efectos de la temperatura, las cargas y los efectos provocados por la deformación de la base de la estructura, así como las cargas sísmicas se investigan para aquellas áreas en las que se encuentra obligado a ser tenido en cuenta. En la etapa de desarrollo de la documentación de trabajo, se están desarrollando nuevas soluciones de diseño no estándar, se investiga y se hace recomendaciones para su diseño, así como los parámetros de los elementos principales. Al mismo tiempo, se introduce un método de cálculo específico que hasta ahora no se había utilizado en los documentos normativos y técnicos en vigor. Esta metodología considera las condiciones operativas actuales de la estructura y un proceso de cálculo detallado que incorpora las cargas reales, así como las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se han definido previamente. (Abu-Khasan et al., 2022)

Según un estudio hecho por el departamento de Ciencias y tierra de la construcción, la capacidad esperada de una diagonal debe analizarse bajo el criterio que todos los arriostramientos resisten fuerzas correspondientes a su resistencia para soportar compresión y tracción. Asimismo, se debe realizar un análisis considerando que todos los arriostramientos sujetos a tracción resisten fuerzas acordes a su capacidad prevista, mientras que se presupone que todos los arriostramientos bajo compresión resisten fuerzas basadas en su capacidad de resistencia a la compresión después del pandeo. (Pilatasig et al., 2021)

Dentro del contexto del diseño sismorresistente, se han explorado diversas estrategias para garantizar la capacidad de las estructuras para resistir tanto las cargas normales de uso como los efectos sísmicos. Entre estas estrategias, se ha considerado en primer lugar la aplicación de pórticos resistentes a momento. Estos pórticos se han destacado como una opción primordial debido a su capacidad para proporcionar una respuesta estructural adecuada frente a las fuerzas sísmicas, permitiendo así mitigar los efectos destructivos de los terremotos en las edificaciones. (Guerrero-Verdugo & Barbecho-Chuisaca, 2022)

3. CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1. Modalidad básica de la investigación

El presente trabajo lleva consigo una estrategia de investigación cuantitativa, en el mismo, se estudia un sistema estructural metálico con arriostramientos excéntricos, la capacidad de los elementos estructurales ante cargas gravitacionales y sismo, desplazamientos, derivas, entre otros. Este análisis se lleva a cabo gracias al uso de herramientas de modelado computacional que atienden a una certificación de normativas globales y locales, con el fin de evaluar de forma precisa sistemas de pórticos con arriostramientos excéntricos que contribuyen al aumento de la rigidez de la estructura y resistencia a cargas laterales.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Documental

Se realiza una investigación de tipo documental sustentada en artículos científicos, libros, códigos de diseño y normativas relacionadas al análisis de sistemas estructurales metálicos.

3.2.2. Descriptiva

El análisis y diseño de la estructura metálica se iniciará con una minuciosa revisión de los planos arquitectónicos, que servirán como base para la modelación digital. Utilizando el software especializado SAP2000, se procederá a modelar la estructura completa, que por cuestiones de diseño estará segmentada por seis bloques, incluyendo un predimensionamiento de los elementos estructurales.

El diseño detallado se llevará a cabo empleando acero de grado 36 y grado 50, analizando las dimensiones y secciones transversales de vigas, nervios, columnas y diagonales. Como característica especial, se incorporarán arriostramientos excéntricos en el sistema para mejorar su desempeño. Todo el proceso se regirá por las normativas del AISC (American Institute of Steel Construction) y la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), garantizando así el cumplimiento de los estándares internacionales y locales. La fase final consistirá en un análisis exhaustivo

de las respuestas obtenidas en los distintos estudios realizados sobre cada configuración estructural. Este análisis comparativo permitirá evaluar y determinar de manera efectiva el comportamiento global de la estructura, asegurando un diseño óptimo y seguro para la edificación metálica.

3.3. Objeto de estudio

El objeto de estudio es la estructura metálica de un terminal con la particularidad de contar con arriostramientos excéntricos que proporcionan estabilidad y una mejor capacidad de respuesta ante fuerzas laterales. El terminal estará ubicado en la provincia de El Oro, en la ciudad de Pasaje, y será de dominio público, por lo que cumple con parámetros de seguridad, eficiencia y bienestar para sus usuarios.

3.4. Descripción de la población y muestra

La población comprende las estructuras de acero presentes en las zonas urbanas de la ciudad de Pasaje, por otro lado, la muestra está definida por planos arquitectónicos existentes, que proporcionan detalles precisos sobre el diseño y las características estructurales del terminal.

3.5. Métodos teóricos con los materiales utilizados

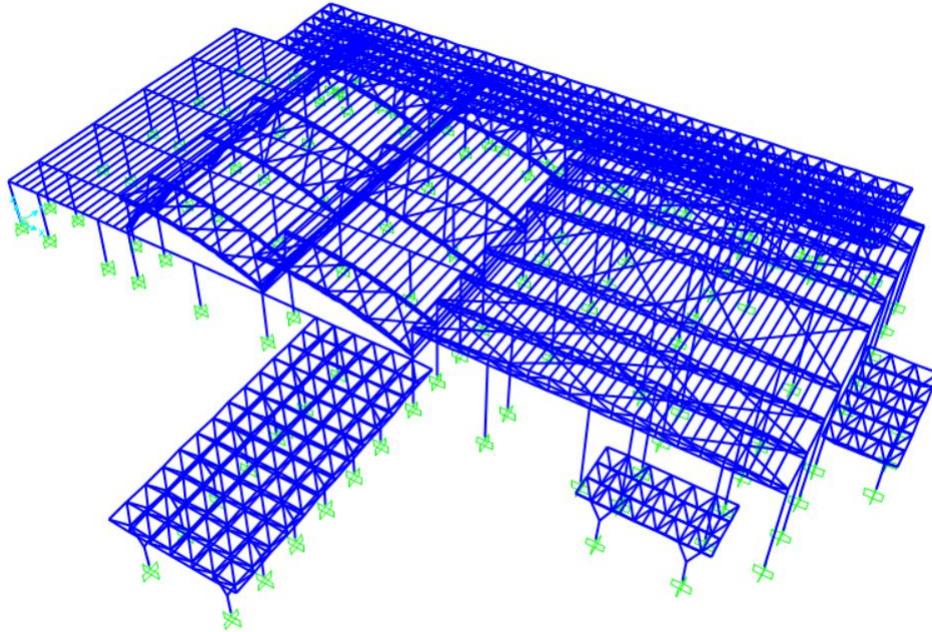
3.5.1. Modelación

Para su posterior análisis y diseño, se utiliza la información recopilada de planos arquitectónicos para modelar la estructura utilizando los elementos estructurales, la geometría y las características de los materiales que las componen. Se realizará la modelación, con el propósito de aumentar la precisión y facilitar el acceso, se utiliza software Sap2000.

Las vigas principales y secundarias están fabricadas en acero estructural ASTM A36 Gr 36, que posee un esfuerzo de fluencia (F_y) de 36 ksi (2531.05 kg/cm²). Para las columnas, se emplea acero estructural ASTM A572 Gr 50, con un esfuerzo de fluencia (F_y) de 50 ksi (3515.35 kg/cm²). Este acero tiene una mayor resistencia comparado con el ASTM A36. En la etapa inicial del análisis, se consideró la estructura como un único bloque como se aprecia en la Figura..... Esta aproximación permite una primera estimación de las capacidades estructurales antes de aplicar

métodos más detallados o desglosar la estructura en componentes individuales para un análisis más específico.

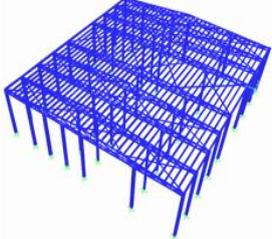
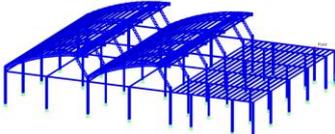
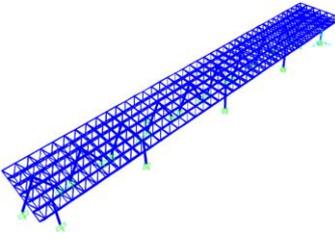
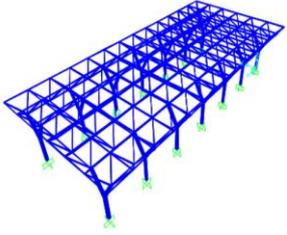
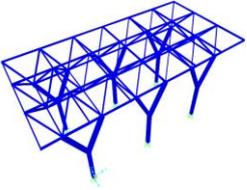
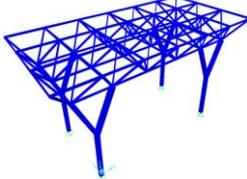
Figura 5: Modelo estructural en acero de la edificación completa



Fuente: Elaboración propia

Después se dividirá a la edificación en diferentes bloques como se muestra a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2: Modelación de bloques individuales

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 |
|  |  |  |
| Bloque 4 | Bloque 5 | Bloque 6 |

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. *Detalles de los elementos estructurales*

➤ Bloque 1

El bloque 1 está compuesto por correas, y diagonales en su cubierta, asimismo por vigas y columnas de acero para la composición de sus respectivos pórticos. (Ver anexo 1)

➤ Bloque 2

Asimismo, el bloque 2 está compuesto por correas, y diagonales en su cubierta, asimismo por vigas y columnas de acero para la composición de sus respectivos pórticos. (Ver anexo 2)

➤ Bloque 3

El bloque 2 está compuesto por correas, y diagonales en su cubierta, asimismo por vigas y columnas de acero para la composición de sus respectivos pórticos. (Ver anexo 3)

➤ Bloque 4

El bloque 4 en cambio está compuesto por columnas rectangulares huecas y estéreo celosía de aluminio para la cubierta. También incluye diagonales como soporte. (Ver anexo 4)

➤ Bloque 5

El bloque 5 se compone por un juego de estéreo celosía y columnas rectangulares huecas, más diagonales. (Ver anexo 5)

➤ Bloque 6

El bloque 6 asimismo cuenta con cubierta con estructura tipo estéreo celosía, y columnas cortas con diagonales. (Ver anexo 6)

3.5.3. *Distribución de cargas*

El análisis estructural está dividido en 6 bloques claramente definidos. En cada una de cubiertas de estos bloques, se considerará una carga viva de 70 kg/m² y una carga muerta de 70 kg/m².

3.5.4. Normativa para el análisis de la estructura

Para el análisis de la estructura, el trabajo se sustenta en lo estipulado por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) y la American Institute of Steel Construction (AISC).

3.5.5. Análisis dinámico espectral

El espectro de diseño inelástico se emplea para el análisis dinámico espectral. El tipo de suelo en el que se encuentra el objeto de estudio está muy relacionado con este espectro. Según la Norma Ecuatoriana de Construcción, este suelo se clasifica como tipo D, con características de suelo blanco, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3: Perfil de suelo Tipo D

| Perfil | Descripción | Definición |
|--------|---|---|
| D | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $360 \text{ m/s} > V_s \geq 1500 \text{ m/s}$ |
| | Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones | $50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$ |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente

Al determinar el tipo de perfil, se selecciona los coeficientes de perfil como se describe a continuación.

Tabla 4: Tipos de suelo y Factores de sitio Fa

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y Factor Z | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥ 0.5 |
| A | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 1.40 | 1.30 | 1.25 | 1.23 | 1.20 | 1.18 |
| D | 1.60 | 1.40 | 1.30 | 1.25 | 1.20 | 1.12 |
| E | 1.80 | 1.40 | 1.25 | 1.10 | 1.00 | 0.85 |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente

➤ **Amplificación de las ordenadas del espectro elásticos de respuesta de desplazamiento para diseño en roca (F_d)**

Tabla 5: Tipo de sitio y Factor de sitio F_d

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y Factor Z | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥ 0.5 |
| A | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.15 | 1.11 | 1.06 |
| D | 1.62 | 1.45 | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.11 |
| E | 2.1 | 1.75 | 1.70 | 1.65 | 1.60 | 1.50 |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente

➤ **Comportamiento no lineal de los suelos (F_s)**

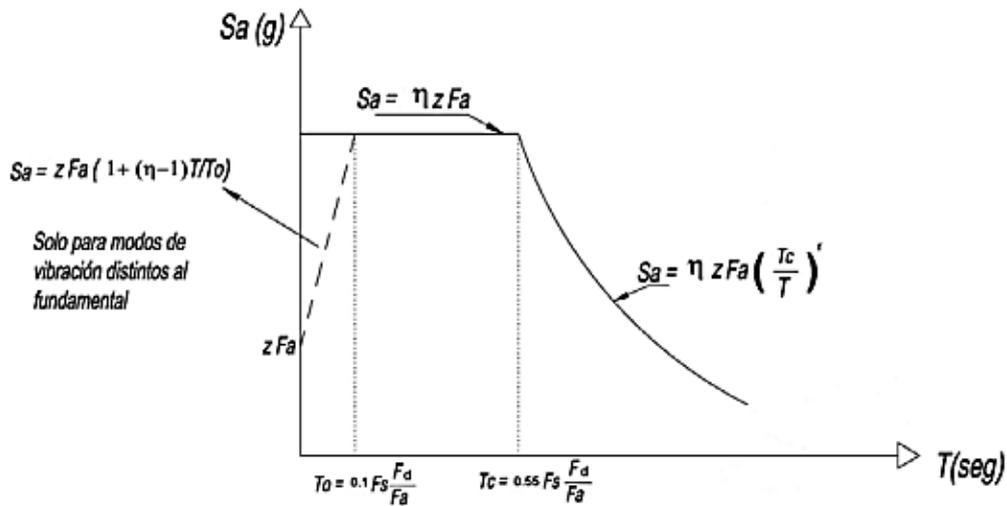
Tabla 6: Tipo de suelo y Factor de sitio F_s

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y Factor Z | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥ 0.5 |
| A | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| B | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| C | 0.85 | 0.94 | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.23 |
| D | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.19 | 1.28 | 1.40 |
| E | 1.50 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 1.90 | 2.00 |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente

Con los valores del factor de zona sísmica (z), el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y con los coeficientes de amplificación del suelo (F_a, F_d, F_s) se realiza el espectro elástico de diseño como indica la figura...

Figura 6: Configuración del espectro elástico de diseño



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente.

Donde:

η = Razón entre la aceleración espectral y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura.

T = Período fundamental de vibración de la estructura.

T_0 = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g .

Según la Norma ecuatoriana de la construcción el espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural T .

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

Donde

r = Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$ Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1.50$ Para tipo de suelo E

3.5.6. Espectro de diseño inelástico

Para el diseño del espectro de diseño inelástico, se considera los factores de configuración en planta (ϕ_P), configuración en elevación (ϕ_E), coeficiente de resistencia sísmica (R) y un coeficiente de importancia (I), del cual la norma estipula que el propósito de importancia permite incrementar la demanda sísmica de diseño, que por sus particularidades de uso e importancia deben de permanecer operativas o sufrir los menores daños posibles durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño (Ver tabla).

Tabla 7: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

| Categoría | Tipo de uso, destino e importancia | Coficiente I |
|--------------------------|--|--------------|
| Edificaciones esenciales | Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. | 1.50 |

| | | |
|-----------------------------------|---|------|
| | Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas. | |
| Estructuras de ocupación especial | Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente. | 1.30 |
| Otras estructuras | Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores. | 1.00 |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente

En el caso del factor de reducción de resistencia sísmica (R), este dependerá de algunas variables, como el tipo de estructura, suelo, periodo de vibración y factores duales sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite. La Norma Ecuatoriana de Construcción propone algunos valores (R), para sistemas estructurales dúctiles, tal y como se puede visualizar en la Tabla.

Tabla 8: Coeficientes R para sistemas estructurales dúctiles

| Sistemas Estructurales Dúctiles | R |
|--|----------|
| Sistemas Duales | |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores (sistemas duales). | 8 |
| Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadores (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado. | 8 |
| Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadores (excéntricas o concéntricas). | 8 |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores. | |
| Pórticos resistentes a momentos | |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas. | 8 |

| | |
|---|---|
| Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas. | 8 |
| Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente. | 8 |
| Otros sistemas estructurales para edificaciones | |
| Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado. | 5 |
| Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda. | 5 |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente.

➤ Irregularidad en planta y en la elevación

En relación con los coeficientes en planta y elevación, la normativa establece dos configuraciones estructurales, configuración en planta regular, y en elevación irregular.

3.5.7. Diseño de los elementos estructurales

3.5.7.1. Diseño del elemento del enlace de los arriostramientos excéntricos

La resistencia al corte de diseño del vínculo, $\phi_v V_n$, y la resistencia permisible al corte, V_n / Ω_v , deben ser el valor más bajo obtenido de acuerdo con los estados límite de fluencia al corte en el alma y fluencia a flexión en la sección bruta. Para ambos estados límite:

$$\phi_v = 0.90 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_v = 1.67 \text{ (ASD)}$$

(a) Para la fluencia al corte

$$V_n = V_p$$

donde

$$V_p = 0.6 F_y A_{lw} \text{ para } \alpha_y P_r / P_y \leq 0.15$$

$$V_p = 0.6 F_y A_{lw} \sqrt{1 - (\alpha_y P_r / P_y)^2} \text{ para } \alpha_y P_r / P_y > 0.15$$

A_{lw} = área del alma del vínculo (excluyendo los patines), en. 2 (mm 2)

$A_{lw} = (d - 2t_f)t_w$ para secciones en I

$A_{lw} = (d - 2t_f)t_w$ para secciones en caja

F_y = esfuerzo mínimo especificado de fluencia, ksi (MPa)

P_r = fuerza axial requerida usando combinaciones de carga LRFD o ASD, kips (N)

P_y = fuerza axial de fluencia, kips (N)
 $P_y = F_y A_g$
 d = profundidad total del vínculo, in. (mm)
 t_f = espesor del patín, in. (mm)
 t_w = espesor del alma, in. (mm)

(b) Para la fluencia a flexión

$$V_n = 2M_p / e$$

donde

$$M_p = F_y Z \text{ para } \alpha_y P_r / P_y \leq 0.15$$

$$M_p = F_y Z (1 - \alpha_y P_r / P_y) / 0.85 \text{ para } \alpha_y P_r / P_y > 0.15$$

Z = módulo plástico respecto al eje de flexión, in.³ (mm³)

e = longitud del vínculo, definida como la distancia clara entre los extremos de dos diagonales o entre la diagonal y la viga, in. (mm)

➤ Longitud del vínculo.

Si $\alpha_y P_r / P_y > 0.15$, la longitud del vínculo se limitará de la siguiente manera:

Cuando $\rho' \leq 0.5$

$$e \leq \frac{1.6M_p}{V_p}$$

Cuando $\rho' > 0.5$

$$e \leq \frac{1.6M_p}{V_p} (1.15 - 0.3\rho')$$

Donde

$$\rho' = \frac{P_r / P_y}{V_r / V_y}$$

Donde:

V_r = resistencia a la corte requerida.

V_y = resistencia al corte al rendimiento.

4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

Se presentan los resultados de los análisis efectuados para la estructura previamente mencionada. Se realizó un análisis lineal considerando las cargas laterales y gravitacionales, permitiendo determinar su resistencia y comportamiento frente a diferentes tipos de cargas. Además, se implementaron arriostramientos excéntricos en dos de los bloques del sistema para garantizar la estabilidad de la estructura ante las fuerzas laterales.

4.2. Análisis Sísmico

Se realizó un análisis dinámico espectral de la estructura de acero, utilizando el espectro de diseño en aceleraciones correspondiente a la ciudad de Pasaje, teniendo en cuenta un suelo blando clasificado como tipo D.

Tabla 9: Coeficientes de Espectro de diseño elástico

| | Zona | Z | η | Fa | Fd | Fs |
|---------------|-------------|----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Tipo D | IV | 0,35 | 1,8 | 1,25 | 1,28 | 1,19 |

Fuente: Elaboración propia

También se desarrolla el espectro de diseño inelástico, en busca de la optimización del diseño estructural. Se considera que el nivel de importancia de la estructura es de 1.3, dado que se trata de una edificación de uso público constante.

Con el fin de provocar deformaciones significativas sin comprometer la capacidad de carga, la estructura sugerida tiene la intención de comportarse de manera dúctil. Considerando que los sistemas estructurales que componen la edificación tienen un comportamiento inelástico favorable y una alta capacidad de disipación de energía, se emplea un factor de reducción igual a 5.

La edificación en estudio muestra una configuración regular en planta, sin presentar desviaciones o anomalías en su distribución horizontal. Sin embargo, al analizar la elevación del edificio, se identifican irregularidades significativas. Estas irregularidades en la elevación pueden influir en el comportamiento estructural de la

edificación, afectando su respuesta ante cargas dinámicas y sísmicas. Por lo tanto, se cuentan con los coeficientes mostrados en la Tabla 10 para determinar el espectro de diseño inelástico.

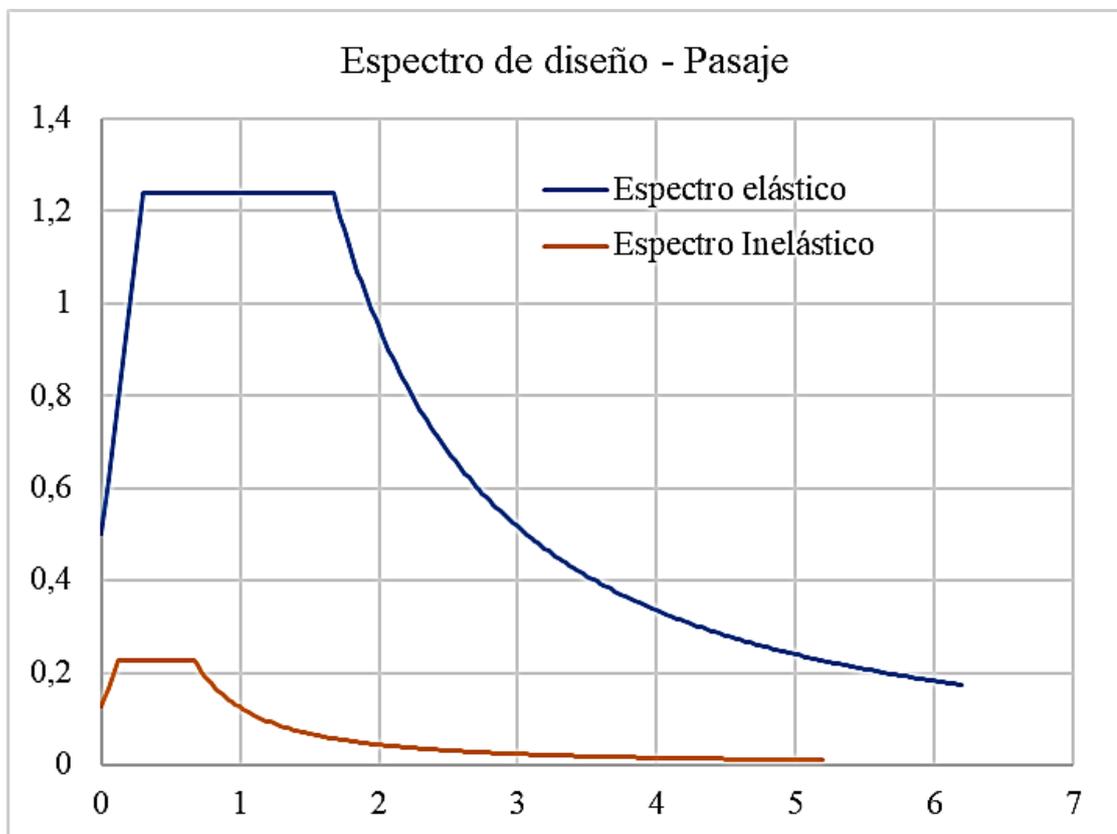
Tabla 10: Coeficientes de espectro de diseño inelástico

| | |
|----------------------------|-----|
| R | 5 |
| I | 1,3 |
| Φ_p | 1 |
| Φ_e | 0,9 |

Fuente: Elaboración propia

Se determina las curvas de los espectros de diseño elástico e inelástico, se puede apreciar los resultados para un período de retorno de 475 años, conforme a la ciudad de Pasaje.

Figura 7: Espectro de diseño Pasaje



Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis y evaluación de las estructuras individuales

Se realizó el análisis estructural por los distintos bloques ya planteados, a continuación, se indica los resultados de cada uno según corresponde:

4.3.1. Resultados de diseño del Bloque 1(B1)

4.3.1.1. Periodo fundamental y masa participativa.

Para el análisis de esta estructura se aplicará una carga sísmica reactiva para casos especiales descrito en la NEC-SE-DS de 100 % de la carga muerta total de la estructura más el 25 % de la carga viva.

Tabla 11: Períodos y masa participativa de B1

| Modos de vibración | Periodo | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ |
|--------------------|-----------------|---------------|---------------|----------|--------|-----------|
| | Sec | | | | | |
| 1 | 0,338562 | 7,54E-06 | 0,9329 | 7,54E-06 | 0,9329 | 0,0005463 |
| 2 | 0,32835 | 0,9884 | 7,24E-06 | 0,9884 | 0,9329 | 4,26E-05 |
| 3 | 0,300276 | 0,0001959 | 1,35E-05 | 0,9886 | 0,9329 | 0,0005541 |
| 4 | 0,275125 | 8,13E-05 | 0,0002228 | 0,9887 | 0,9331 | 0,6032 |
| 5 | 0,227173 | 5,36E-05 | 0,0001559 | 0,9887 | 0,9333 | 0,0073 |
| 6 | 0,225632 | 3,08E-06 | 0,0028 | 0,9887 | 0,936 | 0,1004 |
| 7 | 0,208854 | 1,61E-05 | 0,0013 | 0,9888 | 0,9374 | 0,222 |
| 8 | 0,187795 | 7,70E-07 | 0,0072 | 0,9888 | 0,9446 | 0,0032 |
| 9 | 0,172531 | 1,61E-06 | 7,13E-08 | 0,9888 | 0,9446 | 0,0002313 |
| 10 | 0,171472 | 5,18E-05 | 1,23E-08 | 0,9888 | 0,9446 | 1,64E-05 |
| 11 | 0,169672 | 9,45E-08 | 7,94E-07 | 0,9888 | 0,9446 | 0,0004137 |
| 12 | 0,158674 | 1,13E-06 | 9,71E-07 | 0,9888 | 0,9446 | 4,00E-05 |
| 13 | 0,151554 | 1,28E-10 | 6,96E-07 | 0,9888 | 0,9446 | 7,95E-09 |
| 14 | 0,151447 | 1,60E-11 | 5,52E-11 | 0,9888 | 0,9446 | 2,24E-11 |
| 15 | 0,151048 | 6,93E-10 | 6,66E-06 | 0,9888 | 0,9446 | 7,36E-08 |
| 16 | 0,150753 | 5,91E-11 | 1,50E-08 | 0,9888 | 0,9446 | 1,50E-10 |
| 17 | 0,149972 | 3,18E-10 | 0,0004406 | 0,9888 | 0,945 | 3,92E-06 |
| 18 | 0,143397 | 1,17E-06 | 4,99E-09 | 0,9888 | 0,945 | 1,71E-07 |
| 19 | 0,143187 | 5,09E-07 | 7,82E-09 | 0,9888 | 0,945 | 5,90E-08 |
| 20 | 0,141671 | 2,41E-05 | 2,80E-07 | 0,9888 | 0,945 | 5,88E-05 |
| 21 | 0,140021 | 2,06E-05 | 1,65E-08 | 0,9889 | 0,945 | 8,41E-07 |
| 22 | 0,137726 | 1,47E-07 | 1,37E-08 | 0,9889 | 0,945 | 3,58E-07 |
| 23 | 0,136132 | 9,12E-09 | 2,05E-06 | 0,9889 | 0,945 | 4,41E-07 |
| 24 | 0,136008 | 1,51E-07 | 8,66E-05 | 0,9889 | 0,9451 | 1,46E-05 |

Fuente: Elaboración propia

Con una masa participativa de 98.84 % en dirección x y de 93.23 % en dirección y, los periodos fundamentales de la estructura para cada dirección, pertenecen al primer y al segundo modo de vibración. Los períodos fundamentales so en dirección x, período de 0.3283 segundos en dirección x, período igual a 0.3385 segundos en dirección y. Asimismo se observa que la estructura no presenta problemas de excedencia de torsión.

4.3.1.2. Verificación de período

El periodo calculado con el método 1 para este caso es el que se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Período de B1. Método 1

| Cálculo de Periodo Método 1 | | |
|------------------------------------|---------------|---|
| Ct | 0,073 | |
| hn | 11,5 | m |
| a | 0,75 | |
| T | 0,4559 | s |

Fuente: Elaboración propia

El período fundamental de la estructura, tanto en dirección X o como en Y no supera en un 30% al período calculado por la aplicación del método 1, por lo que cumple con lo recomendado en normativa.

4.3.1.3. Revisión de cortante basal

Se realiza la verificación del cortante basal según la norma ecuatoriana de la construcción. El valor del cortante dinámico en el base, calculado por cualquier método de análisis dinámico, para estructuras irregulares, no debe ser inferior al 85 % del cortante basal obtenido por el análisis estático.

Tabla 13: Ajuste de cortante de B1

| Ajuste de cortante | | | Sd/Sx |
|---------------------------|----------|------|--------|
| Sx | -53,1023 | tonf | -0,989 |
| Sdx | 52,4938 | tonf | |
| Sy | -53,1023 | tonf | -0,933 |
| Sdy | 49,5644 | tonf | |

Fuente: Elaboración propia

La relación calculada del control de ajuste de cortantes es menor al 85%, por lo que si es necesario aplicar ajuste de cortante según la normativa.

Tabla 14: Aplicación de ajuste de corte en B1

| Valores ajustados | | |
|-------------------|---------|------|
| Sx | -53,102 | tonf |
| Sdx | 59,7798 | tonf |
| Sy | -53,102 | tonf |
| Sdy | 59,7801 | tonf |

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.4. Derivas de piso

Tabla 15: Control de derivas de B1

| | | |
|---------------------|------------|--------------|
| Desplazamiento x | 0,67 | cm |
| Deriva elástica x | 0,00155814 | 0,16% |
| Deriva inelástica x | 0,00584302 | 0,58% |
| Desplazamiento Y | 0,69576 | cm |
| Deriva elástica Y | 0,00161805 | 0,16% |
| Deriva inelástica Y | 0,00606767 | 0,61% |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 14 muestra que los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y son 0.67 cm y 0.69576 cm, respectivamente. Las derivas elásticas son de 0.16% en ambas direcciones, indicando un buen comportamiento dentro del rango elástico. Las derivas inelásticas son de 0.58% en la dirección X y 0.61% en la dirección Y, lo que sugiere una adecuada capacidad de deformación sin comprometer la integridad estructural. La mínima diferencia entre las derivas en ambas direcciones indica una respuesta uniforme de la estructura frente a cargas laterales.

4.3.2. Resultados de diseño del Bloque 1(B2)

4.3.2.1. Periodo fundamental y masa participativa.

Para las el bloque 2 se tiene lo resultados correspondientes a participación de masas y períodos de vibración expuestos en la Tabla 16

Tabla 16: Períodos y masa participativa de B2.

| Modos de vibración | Periodo | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | SeG | | | | | |
| 1 | 0,4272 | 0,2223 | 0,4518 | 0,2223 | 0,4518 | 0,0558 |
| 2 | 0,3956 | 0,5029 | 0,1535 | 0,7252 | 0,6054 | 0,0842 |
| 3 | 0,3679 | 0,0003 | 0,0000 | 0,7255 | 0,6054 | 0,0001 |
| 4 | 0,3668 | 0,0140 | 0,0000 | 0,7395 | 0,6054 | 0,0039 |
| 5 | 0,3581 | 0,1059 | 0,0315 | 0,8454 | 0,6369 | 0,1172 |
| 6 | 0,3367 | 0,0084 | 0,0003 | 0,8537 | 0,6372 | 0,2238 |
| 7 | 0,3174 | 0,0000 | 0,0081 | 0,8537 | 0,6453 | 0,0062 |
| 8 | 0,2955 | 0,0000 | 0,0064 | 0,8537 | 0,6517 | 0,0000 |
| 9 | 0,2865 | 0,0095 | 0,0001 | 0,8632 | 0,6518 | 0,0090 |
| 10 | 0,2856 | 0,0001 | 0,0000 | 0,8633 | 0,6518 | 0,0001 |
| 11 | 0,2793 | 0,0537 | 0,0000 | 0,9170 | 0,6519 | 0,0586 |
| 12 | 0,2422 | 0,0000 | 0,0537 | 0,9170 | 0,7056 | 0,0455 |
| 13 | 0,2172 | 0,0032 | 0,0264 | 0,9202 | 0,7320 | 0,0128 |
| 14 | 0,1989 | 0,0029 | 0,1258 | 0,9231 | 0,8578 | 0,1995 |
| 15 | 0,1926 | 0,0011 | 0,0016 | 0,9243 | 0,8594 | 0,0008 |
| 16 | 0,1880 | 0,0000 | 0,0315 | 0,9243 | 0,8909 | 0,0048 |
| 17 | 0,1879 | 0,0009 | 0,0150 | 0,9252 | 0,9059 | 0,0002 |
| 18 | 0,1869 | 0,0010 | 0,0087 | 0,9262 | 0,9146 | 0,0007 |
| 19 | 0,1868 | 0,0000 | 0,0003 | 0,9262 | 0,9149 | 0,0001 |
| 20 | 0,1863 | 0,0001 | 0,0030 | 0,9263 | 0,9179 | 0,0007 |
| 21 | 0,1859 | 0,0001 | 0,0019 | 0,9264 | 0,9198 | 0,0009 |
| 22 | 0,1838 | 0,0002 | 0,0066 | 0,9266 | 0,9265 | 0,0054 |
| 23 | 0,1823 | 0,0000 | 0,0003 | 0,9266 | 0,9268 | 0,0002 |
| 24 | 0,1815 | 0,0000 | 0,0061 | 0,9266 | 0,9328 | 0,0039 |

Fuente: Elaboración propia

Con una masa participativa de 50.29 % en dirección X y de 45.18 % en dirección Y, los periodos fundamentales de la estructura para cada dirección, pertenecen al primer y al segundo modo de vibración. Los períodos fundamentales so en dirección x, período de 0.3956 segundos en dirección X, período igual a 0.4272 segundos en dirección Y.

4.3.2.2. Verificación de período

El periodo calculado con el método 1 para este caso es el que se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Período de B2. Método 2

| Cálculo de Periodo Método 1 | | |
|------------------------------------|--------|---|
| Ct | 0,073 | |
| hn | 11 | m |
| a | 0,75 | |
| T | 0,4409 | s |

Fuente. Elaboración propia

El período fundamental de la estructura del bloque 2, tanto en dirección X, como en Y, no supera en un 30% al período calculado por la aplicación del método 1, por lo que es aceptable.

4.3.2.3.Revisión de cortante basal

Se verifica el cortante basal de acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción

Tabla 18: Ajuste de cortante de B2

| Ajuste de cortante | | | SD/ES |
|---------------------------|---------|------|-------|
| Sx | 70,3343 | tonf | 0,742 |
| Sdx | 52,1796 | tonf | |
| Sy | 70,3343 | tonf | 0,621 |
| Sdy | 43,6971 | tonf | |

Fuente: Elaboración propia

La relación calculada del control de ajuste de cortantes es menor al 85%, por lo que si es necesario aplicar ajuste de cortante.

Tabla 19: Aplicación de ajuste de cortante de B2

| Valores ajustados | | | SD/SE |
|--------------------------|---------|------|-------|
| Sx | 70,334 | tonf | 0,85 |
| Sdx | 59,7798 | tonf | |
| Sy | 70,334 | tonf | 0,85 |
| Sdy | 59,7801 | tonf | |

Después de haber aplicado un factor de ajuste se llega a los valores necesarios expuestos en la Tabla 19.

4.3.2.4.Derivas de piso

Tabla 20: Control de derivas de B2

| | | |
|---------------------|-----------|--------------|
| Desplazamiento x | 1,2 | cm |
| Deriva elástica x | 0,002 | 0,20% |
| Deriva inelástica x | 0,0075 | 0,75% |
| Desplazamiento Y | 1,47 | cm |
| Deriva elástica Y | 0,00245 | 0,25% |
| Deriva inelástica Y | 0,0091875 | 0,92% |

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 20 indica que los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y son 1.2 cm y 0.69576 cm, respectivamente. Las derivas elásticas son de 0.20% en dirección X y en dirección Y un 0.225%. Las derivas inelásticas son de 0.75% en la dirección X y 0.92% en la dirección Y, lo que sugiere una adecuada capacidad de deformación sin comprometer la integridad estructural, dado que no sobrepasan el 2%.

4.3.3. Resultados de diseño del Bloque 3(B3)

Para las el bloque 3 se tiene lo resultados correspondientes a participación de masas y períodos de vibración expuestos en la Tabla 21

Tabla 21: Períodos y masa participativa de B3

| Modos de vibración | Periodo | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Seg | | | | | |
| 1 | 0,3859 | 0,0000 | 0,9535 | 0,0000 | 0,9535 | 0,0000 |
| 2 | 0,3702 | 0,9994 | 0,0000 | 0,9994 | 0,9535 | 0,0000 |
| 3 | 0,3343 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9994 | 0,9535 | 0,9926 |
| 4 | 0,2523 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9994 | 0,9535 | 0,0007 |
| 5 | 0,2452 | 0,0000 | 0,0444 | 0,9994 | 0,9979 | 0,0000 |
| 6 | 0,2307 | 0,0003 | 0,0000 | 0,9997 | 0,9979 | 0,0000 |
| 7 | 0,1964 | 0,0000 | 0,0004 | 0,9997 | 0,9982 | 0,0000 |
| 8 | 0,1799 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9997 | 0,9982 | 0,0000 |
| 9 | 0,1626 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9997 | 0,9982 | 0,0034 |
| 10 | 0,1544 | 0,0000 | 0,0014 | 0,9997 | 0,9996 | 0,0000 |
| 11 | 0,1456 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9997 | 0,9996 | 0,0029 |
| 12 | 0,1442 | 0,0001 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9996 | 0,0000 |
| 13 | 0,1351 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9996 | 0,0000 |
| 14 | 0,0996 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9996 | 0,0000 |
| 15 | 0,0990 | 0,0000 | 0,0001 | 0,9999 | 0,9997 | 0,0000 |
| 16 | 0,0811 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 0,0000 |
| 17 | 0,0808 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 0,0000 |
| 18 | 0,0794 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 0,0002 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 19 | 0,0793 | 0,0000 | 0,0001 | 0,9999 | 0,9998 | 0,0000 |
| 20 | 0,0728 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,0000 |
| 21 | 0,0706 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,0000 |
| 22 | 0,0693 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,0000 |
| 23 | 0,0690 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,0000 |
| 24 | 0,0686 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,0000 |

Fuente: Elaboración propia

Con una masa participativa de 99.94 % en dirección X y de 95.35 % en dirección Y, los periodos fundamentales de la estructura para cada dirección, pertenecen al primer y al segundo modo de vibración. Los períodos fundamentales so en dirección x, período de 0.3702 segundos en dirección X, período igual a 0.3859 segundos en dirección Y.

4.3.3.1. Verificación de período

El periodo calculado con el método 1 para este caso es el que se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22: Período de B3. Método 2

| Cálculo de Periodo Método 1 | |
|-----------------------------|----------|
| Ct | 0,072 |
| hn | 6 m |
| a | 0,8 |
| T | 0,3019 s |

Fuente. Elaboración propia

El período fundamental de la estructura del bloque 3, tanto en dirección X, como en Y no supera en un 30% al período calculado por la aplicación del método 1, por lo que cumple con lo recomendado en normativa.

4.3.3.2. Revisión de cortante basal

Se realiza la verificación del cortante basal según la norma ecuatoriana de la construcción. El valor del cortante dinámico en el base, calculado por cualquier método de análisis dinámico, para estructuras irregulares, no debe ser inferior al 85 % del cortante basal obtenido por el análisis estático.

Tabla 23: Ajuste de cortante de B3

| Ajuste de cortante | | | SD/SE |
|--------------------|---------|------|-------|
| Sx | 28,5353 | tonf | 0,999 |
| Sdx | 28,5196 | tonf | |
| Sy | 28,5353 | tonf | 0,957 |
| Sdy | 27,2941 | tonf | |

Fuente: Elaboración propia

La relación calculada del control de ajuste de cortantes es mayor al 85%, por lo que no es necesario realizar ajuste de cortante.

4.3.3.3. Derivas de piso

Tabla 24: Control de derivas de B3

| | | |
|---------------------|------------|--------------|
| Desplazamiento x | 0,7648 | cm |
| Deriva elástica x | 0,00162723 | 0,16% |
| Deriva inelástica x | 0,00610213 | 0,61% |
| Desplazamiento Y | 0,958 | cm |
| Deriva elástica Y | 0,0020383 | 0,20% |
| Deriva inelástica Y | 0,00764362 | 0,76% |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 24 indica que los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y son 0.7648 cm y 0.958 cm, respectivamente. Las derivas elásticas son de 0.16% en dirección X y en dirección Y un 0.20%. Las derivas inelásticas son de 0.61% en la dirección X y 0.76% en la dirección Y, lo que sugiere una adecuada capacidad de deformación sin comprometer la integridad estructural, dado que no sobrepasan el límite permisible.

4.3.4. Resultados de diseño del Bloque 4(B4)

Para las el bloque 4 se tiene los resultados correspondientes a participación de masas y períodos de vibración expuestos en la Tabla 25

Tabla 25: Períodos y masa participativa de B4

| Modos de vibración | Periodo | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ |
|--------------------|---------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | Sec | | | | | |
| 1 | 0,2419 | 0,9876 | 0,0000 | 0,9876 | 0,0000 | 0,0000 |

| | | | | | | |
|----|---------------|--------|---------------|--------|---------------|---------------|
| 2 | 0,2402 | 0,0000 | 0,0646 | 0,9876 | 0,0646 | 0,9239 |
| 3 | 0,2184 | 0,0000 | 0,9285 | 0,9876 | 0,9930 | 0,0633 |
| 4 | 0,1591 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9876 | 0,9930 | 0,0000 |
| 5 | 0,1161 | 0,0000 | 0,0008 | 0,9876 | 0,9938 | 0,0008 |
| 6 | 0,0989 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9876 | 0,9938 | 0,0000 |
| 7 | 0,0936 | 0,0000 | 0,0008 | 0,9876 | 0,9946 | 0,0013 |
| 8 | 0,0916 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9877 | 0,9946 | 0,0000 |
| 9 | 0,0909 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9877 | 0,9946 | 0,0000 |
| 10 | 0,0905 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9877 | 0,9946 | 0,0000 |
| 11 | 0,0853 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9877 | 0,9946 | 0,0000 |
| 12 | 0,0846 | 0,0004 | 0,0000 | 0,9880 | 0,9946 | 0,0000 |
| 13 | 0,0820 | 0,0000 | 0,0006 | 0,9880 | 0,9952 | 0,0015 |
| 14 | 0,0819 | 0,0002 | 0,0000 | 0,9882 | 0,9952 | 0,0000 |
| 15 | 0,0813 | 0,0000 | 0,0001 | 0,9882 | 0,9952 | 0,0002 |
| 16 | 0,0792 | 0,0003 | 0,0000 | 0,9885 | 0,9952 | 0,0000 |
| 17 | 0,0788 | 0,0002 | 0,0000 | 0,9887 | 0,9952 | 0,0000 |
| 18 | 0,0763 | 0,0005 | 0,0000 | 0,9892 | 0,9952 | 0,0000 |
| 19 | 0,0750 | 0,0000 | 0,0001 | 0,9892 | 0,9953 | 0,0001 |
| 20 | 0,0747 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9892 | 0,9953 | 0,0001 |
| 21 | 0,0713 | 0,0001 | 0,0000 | 0,9893 | 0,9953 | 0,0000 |
| 22 | 0,0702 | 0,0000 | 0,0001 | 0,9893 | 0,9954 | 0,0040 |
| 23 | 0,0690 | 0,0000 | 0,0002 | 0,9893 | 0,9956 | 0,0005 |
| 24 | 0,0687 | 0,0071 | 0,0000 | 0,9964 | 0,9956 | 0,0000 |

Fuente: Elaboración propia

Con una masa participativa de 98.76 % en dirección X y de 92.85 % en dirección Yy, los periodos fundamentales de la estructura para cada dirección, pertenecen al primer y al segundo modo de vibración. Los períodos fundamentales so en dirección x, período de 0.2419 segundos en dirección X, período igual a 0.2184segundos en dirección Y.

4.3.4.1.Verificación de período

El periodo calculado con el método 1 para este caso es el que se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26: Período de B4. Método 2

| Cálculo de Periodo Método 1 | |
|------------------------------------|----------|
| Ct | 0,072 |
| hn | 6 m |
| a | 0,8 |
| T | 0,3019 s |

Fuente. Elaboración propia

El período fundamental de la estructura del bloque 2, tanto en dirección X, como en Y no supera en un 30% al período calculado por la aplicación del método 1, por lo que cumple con lo recomendado en normativa.

4.3.4.2.Revisión de cortante basal

Se verifica el cortante basal de acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción

Tabla 27: Ajuste de cortante de B4

| Ajuste de cortante | | | SD/SE |
|--------------------|---------|------|-------|
| Sx | 56,9191 | tonf | 0,988 |
| Sdx | 56,2176 | tonf | |
| Sy | 56,9191 | tonf | 0,964 |
| Sdy | 54,8621 | tonf | |

Fuente: Elaboración propia

La relación calculada del control de ajuste de cortantes es menor al 85%, por lo que no es necesario realizar ajuste de cortante.

4.3.4.3.Derivas de piso

Tabla 28: Control de derivas de BI

| | | |
|---------------------|------------|--------------|
| Desplazamiento x | 0,24402 | cm |
| Deriva elástica x | 0,00093854 | 0,09% |
| Deriva inelástica x | 0,00351952 | 0,35% |
| Desplazamiento Y | 0,14265 | cm |
| Deriva elástica Y | 0,00054865 | 0,05% |
| Deriva inelástica Y | 0,00205745 | 0,21% |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 28 demuestra que los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y son 0.24402 cm y 0.14265 cm, respectivamente. Las derivas elásticas son de 0.09% en dirección X y en dirección Y un 0.05%. Las derivas inelásticas son de 0.35% en la dirección X y 0.21% en la dirección Y, lo que sugiere una adecuada capacidad de deformación sin exceder lo permisible.

4.3.5. Resultados de diseño del Bloque 5(B5)

Para las el bloque 5 se tiene lo resultados correspondientes a participación de masas y períodos de vibración expuestos en la Tabla 29.

Tabla 29: Períodos y masa participativa de B5

| Modos de vibración | Periodo | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Seg | | | | | |
| 1 | 0,382522 | 0,014800 | 0,000101 | 0,014800 | 0,000101 | 0,983400 |
| 2 | 0,371390 | 0,981900 | 0,000002 | 0,996600 | 0,000103 | 0,014800 |
| 3 | 0,311599 | 0,000000 | 0,998700 | 0,996600 | 0,998800 | 0,000102 |
| 4 | 0,079619 | 0,000062 | 0,000000 | 0,996700 | 0,998800 | 0,000000 |
| 5 | 0,074676 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996700 | 0,998800 | 0,000030 |
| 6 | 0,062918 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996700 | 0,998800 | 0,000000 |
| 7 | 0,059757 | 0,000000 | 0,001100 | 0,996700 | 0,999900 | 0,000000 |
| 8 | 0,057672 | 0,000008 | 0,000000 | 0,996700 | 0,999900 | 0,000000 |
| 9 | 0,055348 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996700 | 0,999900 | 0,000013 |
| 10 | 0,051373 | 0,000000 | 0,000040 | 0,996700 | 0,999900 | 0,000000 |
| 11 | 0,050335 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996700 | 0,999900 | 0,000000 |
| 12 | 0,046391 | 0,000051 | 0,000000 | 0,996700 | 0,999900 | 0,000000 |
| 13 | 0,042510 | 0,000171 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 14 | 0,042165 | 0,000004 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000005 |
| 15 | 0,041281 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 16 | 0,040971 | 0,000000 | 0,000001 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 17 | 0,039893 | 0,000001 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000050 |
| 18 | 0,038648 | 0,000007 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 19 | 0,036140 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 20 | 0,036128 | 0,000001 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 21 | 0,036060 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 22 | 0,036032 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 23 | 0,033781 | 0,000000 | 0,000002 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |
| 24 | 0,032399 | 0,000000 | 0,000000 | 0,996900 | 0,999900 | 0,000000 |

Fuente: Elaboración propia

Con una masa participativa de 98.19 % en dirección X y de 99.87 % en dirección Y, los periodos fundamentales de la estructura para cada dirección, pertenecen al segundo y al tercer modo de vibración. Los períodos fundamentales so en dirección X, período de 0.3713 segundos en dirección x, período igual a 0.3115 segundos en dirección y.

4.3.5.1. Verificación de período

El periodo calculado con el método 1 para este caso es el que se muestra en la Tabla 12.

Tabla 30: Período de B5. Método 2

| Cálculo de Periodo Método 1 | | |
|-----------------------------|--------|---|
| Ct | 0,072 | |
| hn | 6 | m |
| a | 0,8 | |
| T | 0,3019 | s |

Fuente. Elaboración propia

El período fundamental de la estructura del bloque 5, tanto en dirección X, como en Y no supera en un 30% al período calculado por la aplicación del método 1, por lo que cumple con lo recomendado en normativa.

4.3.5.2. Revisión de cortante basal

Se realiza la verificación del cortante basal según la norma ecuatoriana de la construcción. El valor del cortante dinámico en el base, calculado por cualquier método de análisis dinámico, para estructuras irregulares, no debe ser inferior al 85 % del cortante basal obtenido por el análisis estático.

Tabla 31: Ajuste de cortante de B5

| Ajuste de cortante | | | SD/ES |
|--------------------|---------|------|-------|
| Sx | 3,993 | tonf | 0,995 |
| Sdx | 3,9748 | tonf | |
| Sy | 3,993 | tonf | 0,999 |
| Sdy | 43,6971 | tonf | |

Fuente: Elaboración propia

La relación calculada del control de ajuste de cortantes es menor al 85%, por lo que no es necesario aplicar ajuste de cortante en el bloque 5.

4.3.5.3. Derivas de piso

Tabla 32: Control de derivas de B5

| | | |
|---------------------|------------|--------------|
| Desplazamiento x | 0,51181 | cm |
| Deriva elástica x | 0,0019685 | 0,20% |
| Deriva inelástica x | 0,00738188 | 0,74% |
| Desplazamiento Y | 0,52626 | cm |
| Deriva elástica Y | 0,00202408 | 0,20% |
| Deriva inelástica Y | 0,00759029 | 0,76% |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 32 indica que los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y son 0.51181 cm y 0.52626 cm, respectivamente. Las derivas elásticas son de 0.20% en dirección X y en dirección Y. Las derivas inelásticas son de 0.74% en la dirección X y 0.76% en la dirección Y, lo que demuestra desplazamientos permisibles.

4.3.6. Resultados de diseño del Bloque 6(B6)

Para las el bloque 5 se tiene lo resultados correspondientes a participación de masas y períodos de vibración expuestos en la Tabla 33.

Tabla 33: Períodos y masa participativa del B6.

| Modos de vibración | Periodo | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Sec | | | | | |
| 1 | 0,3143 | 0,0000 | 0,9956 | 0,0000 | 0,9956 | 0,0000 |
| 2 | 0,2830 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9956 | 0,9965 |
| 3 | 0,2685 | 0,9988 | 0,0000 | 0,9988 | 0,9956 | 0,0000 |
| 4 | 0,0777 | 0,0000 | 0,0001 | 0,9988 | 0,9957 | 0,0000 |
| 5 | 0,0613 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9988 | 0,9957 | 0,0000 |
| 6 | 0,0469 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9988 | 0,9957 | 0,0001 |
| 7 | 0,0384 | 0,0000 | 0,0003 | 0,9988 | 0,9960 | 0,0000 |
| 8 | 0,0378 | 0,0010 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0000 |
| 9 | 0,0367 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0000 |
| 10 | 0,0363 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0000 |
| 11 | 0,0335 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0000 |
| 12 | 0,0314 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0000 |
| 13 | 0,0304 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0000 |
| 14 | 0,0296 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9960 | 0,0027 |
| 15 | 0,0293 | 0,0000 | 0,0004 | 0,9999 | 0,9964 | 0,0000 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 16 | 0,0287 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9964 | 0,0000 |
| 17 | 0,0287 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 0,9964 | 0,0000 |
| 18 | 0,0284 | 0,0000 | 0,0036 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0000 |
| 19 | 0,0267 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0004 |
| 20 | 0,0259 | 0,0001 | 0,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0000 |
| 21 | 0,0257 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0003 |
| 22 | 0,0243 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0000 |
| 23 | 0,0230 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0000 |
| 24 | 0,0225 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0000 |

Fuente: Elaboración propia

Con una masa participativa de 99.88 % en dirección X y de 99.56 % en dirección Y, los periodos fundamentales de la estructura para cada dirección, pertenecen al primer y al segundo modo de vibración. Los períodos fundamentales so en dirección x, período de 0.2685 segundos en dirección X, período igual a 0.3143 segundos en dirección Y.

4.3.6.1. Verificación de período

El periodo calculado con el método 1 para este caso es el que se muestra en la Tabla 34 que se indica a continuación.

Tabla 34: Período de B6. Método 2

| Cálculo de Periodo Método 1 | |
|-----------------------------|----------|
| Ct | 0,072 |
| hn | 6 m |
| a | 0,8 |
| T | 0,3019 s |

Fuente. Elaboración propia

El período fundamental de la estructura del bloque 6, tanto en dirección X, como en Y no supera en un 30% al período calculado por la aplicación del método 1, por lo que cumple con lo recomendado en normativa.

4.3.6.2. Revisión de cortante basal

Se verifica el cortante basal de acuerdo con la norma de construcción ecuatoriana. Para estructuras irregulares, el valor del cortante dinámico en el base, calculado por

cualquier método de análisis dinámico, no debe ser inferior al 85 % del cortante basal obtenido por el análisis estático.

Tabla 35: Ajuste de cortante de B2

| Ajuste de cortante | | | SD/ES |
|--------------------|---------|------|-------|
| Sx | 1,9321 | tonf | 0,999 |
| Sdx | 1,9299 | tonf | |
| Sy | 1,9321 | tonf | 0,996 |
| Sdy | 43,6971 | tonf | |

Fuente: Elaboración propia

La relación calculada que se demuestra en la Tabla 35 del control de ajuste de cortantes es menor al 85%, por lo que no es necesario aplicar ajuste de cortante.

4.3.6.3. Derivas de piso

Tabla 36: Control de derivas de BI

| | | |
|---------------------|------------|--------------|
| Desplazamiento x | 0,37098 | cm |
| Deriva elástica x | 0,00142685 | 0,14% |
| Deriva inelástica x | 0,00535067 | 0,54% |
| Desplazamiento Y | 0,36978 | cm |
| Deriva elástica Y | 0,00142223 | 0,14% |
| Deriva inelástica Y | 0,00533337 | 0,53% |

Fuente: Elaboración propia

Los desplazamientos máximos en las direcciones X y Y son 0.37098 cm y 0.3697 cm, según la Tabla 24. En la dirección X, las derivas elásticas son del 0.14% y en la dirección Y son del 0.14%. El 0.54% en la dirección X y el 0.53% en la dirección Y indican una capacidad de deformación adecuada sin comprometer la integridad estructural, ya que no superan el límite permisible.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Tras el análisis de los seis bloques de la edificación, se ha determinado que la mayor deriva inelástica observada en dirección Y es de 0.92%, mientras que en dirección X es de 0.75%. Estos valores máximos se han registrado en el Bloque 2, el cual está compuesto por dos módulos con diferentes alturas. Por tanto, la edificación no presenta problemas de desplazamientos excesivos frente a cargas sísmicas.
- Se identificó que solo en los dos primeros bloques fue necesario realizar ajuste de cortante, conforme a los requisitos establecidos en la norma ecuatoriana de la construcción. Aplicando en el Bloque 1 un factor de ajuste de 8.43 en dirección X, y 8.93 en dirección Y. En el bloque 2 se aplicó un factor de ajuste de 11.23 en el eje X, y de 13.42 en el eje Y. Estos ajustes fueron fundamentales para asegurar la estabilidad y el cumplimiento de la normativa
- Se ha verificado que el valor del periodo de cada uno de los correspondientes bloques, calculado según el método correspondiente, no excede en más del 30% al valor del periodo obtenido con el Método 1. Este cumplimiento asegura que la edificación se ajusta a las especificaciones establecidas en la norma ecuatoriana de la construcción, garantizando así su estabilidad y comportamiento adecuado frente a cargas sísmicas.
- Respecto a la longitud del elemento de enlace de los arriostramientos excéntricos, en el bloque 1, no se requiere de un límite longitud, mientras que en el bloque 2 si existe la necesidad de calcular la longitud del elemento enlace dado que la carga axial que está actuando es mayor a la del primer bloque.
- Cuando se someten a las fuerzas que resultan del sismo de diseño, los vínculos de los pórticos arriostrados excéntricamente deben ser capaces de resistir deformaciones inelásticas importantes. Para garantizar la seguridad estructural de la edificación en situaciones

sísmicas y un desempeño adecuado, es fundamental que estos vínculos sean altamente dúctiles.

- La aplicación de arriostramientos excéntricos en la estructura ha sido fundamental debido a su capacidad para mejorar la ductilidad y controlar los desplazamientos laterales durante eventos sísmicos. Estos arriostramientos permiten que exista una deformación controlada, disipando energía sísmica a través de deformaciones inelásticas en los vínculos excéntricos. Además, distribuyen las fuerzas sísmicas de manera uniforme, reduciendo los esfuerzos en los elementos estructurales principales y aumentando la capacidad de carga lateral.

5.2. Recomendaciones

- Antes de iniciar la modelación en el software de diseño estructural, es fundamental realizar una verificación exhaustiva de las dimensiones de los espacios en los planos arquitectónicos. Esto implica la comprobación y validación de todas las medidas para garantizar que se representen con exactitud en el modelo digital.
- Identificar claramente los elementos que forman parte del sistema estructural, diferenciándolos de aquellos que no contribuyen a la resistencia y estabilidad del edificio. Esta identificación debe ser precisa para asegurar que solo los elementos estructurales sean considerados en el análisis y diseño, optimizando así el diseño y modelación.
- La utilización de análisis no lineales es fundamental para la evaluación estructural de una estructura, ya que estos permiten la creación de una propuesta de reforzamiento que rehabilite sísmicamente la estructura. Las características de cada estructura determinarán la aplicación de análisis dinámico y estático no lineal; sin embargo, no se pueden utilizar de manera simultánea en todos los casos.
- Es esencial verificar que todos los elementos estructurales cumplan con los criterios de ductilidad según corresponda, considerando los controles establecidos por la Norma AISC. Esto implica una revisión minuciosa de las

especificaciones y requisitos para asegurar que los componentes puedan deformarse adecuadamente bajo cargas sísmicas, manteniendo su integridad estructural y proporcionando el comportamiento dúctil necesario para la seguridad y estabilidad del edificio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A., K., Batra, A., & Gupta, S. (2020). ANALYSIS OF TALL BUILDING WITH DIFFERENT LATERAL FORCE RESISTING SYSTEM. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 8(3). <https://doi.org/10.21276/ijrcst.2020.8.3.26>
- Abd-Elhamid, S. G., El-Tahawy, R. M. G. E., & El-Din Fayed, M. N. (2020). Dynamic behavior of multi-story concrete buildings based on non-linear pushover & time history analyses. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(2), 143-153. <https://doi.org/10.25046/aj050219>
- Abu-Khasan, M., Egorov, V., Rudenko, N., & Dergachev, A. (2022). The Use of Metal Structures in the Construction of Unique Buildings and Structures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 988(5). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/988/5/052036>
- Averkiev, V. A. (2023). Metal structures as the basis of architectural design. *E3S Web of Conferences*, 457, 03006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345703006>
- Cagua, B., Aguiar, R., Pilatasig, J., & Bonilla, A. (2021). NEW FUNCTIONS OF CEINCI-LAB FOR THE ANALYSIS AND DESIGN OF STEEL FRAME WITH ECCENTRIC BRACING NUEVAS FUNCIONES DE CEINCI-LAB PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE PÓRTICOS DE ACERO CON ARRIOSTRAMIENTOS EXCÉNTRICOS RESUMEN. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26, 523-585. <https://doi.org/10.24133/riie.v26i3.2344>
- Cesar Morocho-Orellana, J. I., Javier Cornejo-Reyes III, P., & Patricio Mena-Reinoso, Á. I. (2022). Sismic vulnerability in educational buildings of Ecuador evaluated through mathematical models of dynamic analysis Vulnerabilidade sísmica em edifícios educacionais equatorianos avaliada por modelos matemáticos de análise dinâmica *Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Revisión*. 7, 2073-2092. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3937>
- Cu, O.-T. C. (2021). Análisis comparativo entre el método estático equivalente y el método de análisis modal en estructuras regulares de muros portantes de hormigón armado. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193966527003>
- Díaz, G., Herrera, R. F., Muñoz -, F. C., Rivera, L., & Atencio, E. (s. f.). *Applications of generative design in structural engineering Aplicaciones del diseño generativo en la ingeniería estructural*. www.ricuc.cl
- Ferreira, T. M., Mendes, N., & Silva, R. (2019). Multiscale seismic vulnerability assessment and retrofit of existing masonry buildings. *Buildings*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/buildings9040091>
- Gómez, C., Jordano, B., Caizaguano, P., Edith, J., Falconí, A., Rodrigo Brian Jordano Cagua Gómez, R., Edith Pilatasig Caizaguano, J., Rodrigo Aguiar Falconí, R., & Politécnica Nacional, E. (2023). Análisis Estático No Lineal de Pórticos de Acero empleando OpenSees y CEINCI LAB Non-linear Static Analysis of Steel Frames

- using OpenSees and CEINCI LAB. *Periodicidad: Semestral*, 10(1), 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7504018>
- Guerrero-Verdugo, O. I., & Barbecho-Chuisaca, J. I. (2022). *Análisis por desempeño de pórticos de acero arriostrados excéntricamente tipo Y con diferentes longitudes de vínculos Performance analysis of eccentrically braced Y-type steel frames with different link lengths Análise de desempenho de pórticos de aço tipo Y com contraventamento excêntrico com diferentes comprimentos de elos Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación*. 7(5), 1275-1292. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i5.4027>
- Homero Almendariz-Puente, M. I., Patricio Vaca-Guadalupe, R. I., Pahola Medina-Guaman III, E., & Magister en, I. (2021). *Estudio de los Efectos de la Temperatura de Pre calentamiento sobre la Microestructura y Propiedades Mecánicas de Aceros ASTM A36 y A572 GR. 50 Study of the Effects of Preheating temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of Steels ASTM A36 y A572 GR. 50 Estudo dos efeitos da temperatura de pré-aquecimento na microestrutura e propriedades mecánicas dos aços ASTM A36 e A572 GR. cinquenta Ciencias técnicas y aplicadas Artículo de revisión*. 6, 1313-1337. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i1.2227>
- Jia, L.-J., Asce, A. M., Xiang, P., Wu, ; Minger, & Nishitani, A. (2018). *Swing Story-Lateral Force Resisting System Connected with Dampers: Novel Seismic Vibration Control System for Building Structures*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943)
- Li, Y., Lee, C. C., & Cai, Y. (2023). Recent Research Advances in High-Performance Steel Tubular Members: Material Properties, Stub Columns, and Beams. *Buildings*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/buildings13112713>
- Llanes-Tizoc, M. D., Reyes-Salazar, A., Bojorquez, E., Bojorquez, J., Lopez-Barraza, A., Rivera-Salas, J. L., & Gaxiola-Camacho, J. R. (2019). Local, story, and global ductility evaluation for complex 2D steel buildings: Pushover and dynamic analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/app9010200>
- Mohsenian, V., Filizadeh, R., Hajirasouliha, I., & Garcia, R. (2021). Seismic performance assessment of eccentrically braced steel frames with energy-absorbing links under sequential earthquakes. *Journal of Building Engineering*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101576>
- Noelia Vidaud-Quintana, I., Paulette Frómeta-Salas Eduardo de Jesús Vidaud-Quintana, Z., Paulette Frómeta-Salas, Z., & de Jesús Vidaud-Quintana, E. (s. f.). *QUALITY CONTROL IN CONCRETE STRUCTURES FOR CONSTRUCTION IN HIGH ZONES SEISMIC HAZARD Autores*.
- Pilatasig, J., Aguiar, R., Cagua, B., Andachi, O., & Cerón, P. (2021). Analysis of the reinforcement of a steel structure with concentric diagonals. manta uvc case. *Revista Ingenieria de Construccion*, 36(3), 294-310. <https://doi.org/10.7764/ric.00004.21>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pasaje*. (2019).

- Ramon Gaxiola-Camacho, J. (s. f.). *DISEÑO SÍSMICO BASADO EN DESEMPEÑO-REVISIÓN DE UNA FILOSOFÍA ALTERNATIVA DE DISEÑO*.
- Reza, A. (2023). *Journal of Steel Structures and Constructions Steel Fire Resistance: Enhancing Structural Safety and Performance in High-Temperature Environments*. <https://doi.org/10.37421/2472-0437.2023.9.194>
- Saravanan, M., Goswami, R., & Palani, G. S. (2018). Replaceable Fuses in Earthquake Resistant Steel Structures: A Review. En *International Journal of Steel Structures* (Vol. 18, Número 3, pp. 868-879). Korean Society of Steel Construction. <https://doi.org/10.1007/s13296-018-0035-9>
- Uang, C.-M., & Bruneau, M. (2018). State-of-the-Art Review on Seismic Design of Steel Structures. *Journal of Structural Engineering*, 144(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)st.1943-541x.0001973](https://doi.org/10.1061/(asce)st.1943-541x.0001973)
- Vielma, J. C., & Cando, M. A. (2017). Evaluación del factor de comportamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción para estructuras metálicas porticadas. *Revista Internacional de Metodos Numericos para Calculo y Diseno en Ingenieria*, 33(3-4), 271-279. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.09.001>
- Vol, L.-A. J. O. C. (lajc), & Computing, X. ; L.-A. J. O. (2023). ARTICLE HISTORY Nonlinear Static Analysis of Steel Frames using OpenSees and CEINCI LAB. *ARTICLE HISTORY LATIN-AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING (LAJC)*, IX(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7504018>
- Zhang, X., Wu, C., Xue, J., & Ma, H. (2020). Fast Nonlinear Analysis of Traditional Chinese Timber-Frame Building with Dou-Gon. *International Journal of Architectural Heritage*, 14(8), 1252-1268. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1604847>

ANEXOS

ANEXO 1

Diseño de los elementos del Bloque 1

| Correas | | | | |
|------------------|------------|-----------------------------------|---------------|-----------|
| B | 150 | mm | | |
| H | 250 | mm | | |
| t | 5 | mm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Sx | 266,2302 | cm ³ | | |
| Ag | 38,5082 | cm ² | | |
| Diseño a Flexión | | | | |
| Mu | 223,84 | tonf-cm | Combo: | 1.2D+1.6L |
| φMn | 606,46 | tonf-cm | φ | 0,9 |
| D/C | 37% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Diagonal cubierta | | | | |
|-------------------|-------|-----------------|--|--|
| b | 75 | mm | | |
| h | 100 | mm | | |
| t | 3 | mm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Ag | 9,89 | cm ² | | |
| r | 3,03 | cm | | |
| L | 13,33 | m | | |

| Tensión | | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------------|----------|-----|
| Fluencia en la sección | | | | |
| Tu | 2,94 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 22,53 | tonf | | |
| D/C | 13% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Compresión | | | | |
|--|------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------|
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | | | Control | Valor Límite |
| | | | 22,73 | 133,68 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | | | Fe | 38,95 tonf/cm ² |
| | | | Fn | 2,46 tonf/cm ² |
| | | | Pu | 5,70 tonf |
| | | | φPn | 21,92 tonf |
| D/C | 26% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Diagonal cubierta 100X50 | | |
|--------------------------|-------|-----------------|
| b | 50 | mm |
| h | 100 | mm |
| t | 3 | mm |
| E | 29000 | ksi |
| Fy | 36 | ksi |
| Ag | 8,4 | cm ² |
| r | 2,07 | cm |
| L | 13,33 | m |

Tensión

| Fluencia en la sección | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------------|----------|
| Tu | 2,94 | tonf | φ |
| φPn | 16,71 | tonf | |
| D/C | 18% | El elemento soporta los esfuerzos | |

Compresión

| | | | |
|--|----------------|-----------------------------------|--|
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | |
| | 15,53 | 133,68 | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 83,45 tonf/cm ² | |
| | Fn | 2,50 tonf/cm ² | |
| | Pu | 17,02 tonf | |
| | φPn | 18,89 tonf | |
| D/C | 90% | El elemento soporta los esfuerzos | |

Columnas 300

| | | |
|-----------|-----------|-----------------|
| L | 9,7 | m |
| r | 7,0295 | cm |
| E | 29000 | ksi |
| Fy | 50 | ksi |
| Zx | 1561,2144 | cm ³ |
| Ag | 146,1015 | cm ² |

Diseño a Flexo-compresión

Compresión

| | | |
|--|----------------|---------------------------|
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite |
| | 137,99 | 113,43 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 1,06 tonf/cm ² |
| | Fn | 0,93 tonf/cm ² |
| | Pu | 22,23 tonf |
| | Pn | 121,87 tonf |

| Flexión | | | | |
|---|--|---|--|-------------------------|
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | | |
| $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | | | | |
| Iy | 19853,38 cm ⁴ | | J | 3073,87 cm ⁴ |
| Cw | 2252800000,00 mm ⁶ | | ho | 0,34 m |
| Sx | 1323,56 cm ³ | | Lb | 9,70 m |
| rts | 2,25 cm | | Lp | 2,98 m |
| c | 1 | | Lr | 13,53 m |
| Emplear caso b de la AISC 360 Diseño a flexión Capítulo F2 | | | | |
| Cb | 1 | | Mp | 5488,211762 |
| Mux | 133,57 tonf*cm | | Mnx | 4066,55 tonf*cm |
| Muy | 188,80 tonf*cm | | Mny | 4066,55 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos | |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | 17% | | |

| Vigas IPE 200 | | | |
|----------------------|----------|-----------------|--|
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 209,6596 | cm ³ | |
| Ag | 27,248 | cm ² | |

| Flexión | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----|-------------------|
| φ | 0,9 | Mn | 477,59313 tonf*cm |
| Mu | 24,96 tonf*cm | D/C | 5% |
| El elemento resiste los esfuerzos | | | |

| Vigas IPE 400 | | | |
|----------------------|----------|-----------------|--|
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 1318,309 | cm ³ | |
| Ag | 85,088 | cm ² | |

| Flexión | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----|--------------------|
| φ | 0,9 | Mn | 3003,03597 tonf*cm |
| Mu | 134,30 tonf*cm | D/C | 4% |
| El elemento resiste los esfuerzos | | | |

| Cercha diagonal | | | |
|--|----------------|---------------------------|--|
| L | 5,30 | m | |
| r | 5,9627 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 127,93 | cm ³ | |
| Ag | 23,36 | cm ² | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | |
| Compresión | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | |
| | 88,85 | 133,68 | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877F_e$ | Fe | 2,55 tonf/cm ² | |
| | Fn | 1,67 tonf/cm ² | |
| | Pu | 14,49 tonf | |
| | Pn | 35,12 tonf | |

| Flexión | | | |
|---|--|---|--|
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | |
| $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | | | |
| Iy | 830,53 cm ⁴ | J | 1244,85 cm ⁴ |
| Cw | 10066800,00 mm ⁶ | ho | 0,07 m |
| Sx | 110,74 cm ³ | Lb | 5,30 m |
| r_{ts} | 0,91 cm | Lp | 2,98 m |
| c | 1 | Lr | 36,03 m |
| Emplear caso b de la AISC 360 Diseño a flexión Capítulo F2 | | | |
| Cb | 1 | Mp | 323,7972889 |
| Mux | 30,55 tonf*cm | Mnx | 314,84 tonf*cm |
| Muy | 134,00 tonf*cm | Mny | 314,84 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ 88% | El elemento soporta los esfuerzos |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | |

| C 100X50X3 | | |
|-------------------|-------|-----------------|
| L | 2,00 | m |
| r | 2,07 | cm |
| E | 29000 | ksi |
| Fy | 36 | ksi |
| Ag | 8,4 | cm ² |

| Tensión | | | | |
|------------------------|---------------|-----------------------------------|----------|-----|
| Fluencia en la sección | | | | |
| Tu | 7,82 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 19,13 | tonf | | |
| D/C | 40,87% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| C 150X100X3 | | |
|--------------------|-------|-----------------|
| L | 2,48 | m |
| r | 4,10 | cm |
| E | 29000 | ksi |
| Fy | 36 | ksi |
| Ag | 18,93 | cm ² |

| Tensión | | | | |
|------------------------|---------------|-----------------------------------|----------|-----|
| Fluencia en la sección | | | | |
| Tu | 19,36 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 43,12 | tonf | | |
| D/C | 44,90% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| VERTICAL | | |
|--|----------------|--------------------------------------|
| L | 1,20 | m |
| r | 1,8963 | cm |
| E | 29000 | ksi |
| Fy | 36 | ksi |
| Zx | 9,365 | cm ³ |
| Ag | 5,6 | cm ² |
| Diseño a compresión | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite |
| | 63,28 | 133,68 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 5,03 tonf/cm ² |
| | Fn | 2,05 tonf/cm ² |
| | Pu | 9,34 tonf |
| | Pn | 10,33 tonf |
| D/C | 90% | El elemento no soporta los esfuerzos |

ANEXO 2

Diseño de los elementos del Bloque 2

| Correas Modulo 3 | | | | |
|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|-----------|
| B | 150 | mm | | |
| H | 200 | mm | | |
| t | 6 | mm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Sx | 235,8627 | cm3 | | |
| Ag | 40,56 | cm2 | | |
| Diseño a Flexión | | | | |
| Mu | 244,589 | tonf-cm | Combo: | 1.2D+1.6L |
| φMn | 537,28 | tonf-cm | φ | 0,9 |
| D/C | 46% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Correas Modulo 2 | | | | |
|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|-----------|
| B | 150 | mm | | |
| H | 200 | mm | | |
| t | 6 | mm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Sx | 235,8627 | cm3 | | |
| Ag | 40,56 | cm2 | | |
| Diseño a Flexión | | | | |
| Mu | 267,255 | tonf-cm | Combo: | 1.2D+1.6L |
| φMn | 537,28 | tonf-cm | φ | 0,9 |
| D/C | 50% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Diagonal cubierta | | | | |
|--------------------------|-------|-----|--|--|
| b | 100 | mm | | |
| h | 100 | mm | | |
| t | 5 | mm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Ag | 19 | cm2 | | |
| r | 3,883 | cm | | |
| L | 10,27 | m | | |

| Tensión | | | | |
|--|----------------|-----------------------------------|----------|-----|
| Fluencia en la sección | | | | |
| Tu | 3,33 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 43,28 | tonf | | |
| D/C | 8% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Compresión | | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | | |
| | 37,80 | 133,68 | | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 14,08 tonf/cm ² | | |
| | Fn | 2,35 tonf/cm ² | | |
| | Pu | 5,91 tonf | | |
| φPn | 40,14 tonf | | | |
| D/C | 15% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Columnas 180 | | | | |
|--|----------------|---------------------------|--|--|
| L | 7 | m | | |
| r | 7,0295 | cm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 50 | ksi | | |
| Zx | 355,264 | cm ³ | | |
| Ag | 55,04 | cm ² | | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | | |
| Compresión | | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | | |
| | 99,58 | 113,43 | | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 2,03 tonf/cm ² | | |
| | Fn | 1,70 tonf/cm ² | | |
| | Pu | 42,07 tonf | | |
| | Pn | 84,33 tonf | | |

| Flexión | | | | |
|---|--|---|--|-------------------------|
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | | |
| $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | | | | |
| Iy | 2719,71 cm ⁴ | | J | 4070,76 cm ⁴ |
| Cw | 112448000,00 mm ⁶ | | ho | 0,17 m |
| Sx | 302,19 cm ³ | | Lb | 7,00 m |
| rts | 1,35 cm | | Lp | 2,98 m |
| c | 1 | | Lr | 27,36 m |
| Emplear caso b de la AISC 360 Diseño a flexión Capítulo F2 | | | | |
| Cb | 1 | | Mp | 1248,876556 |
| Mux | 297,13 tonf*cm | | Mnx | 1165,54 tonf*cm |
| Muy | 129,62 tonf*cm | | Mny | 1165,54 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos | |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | 82% | | |

| Columnas 300 | | | | |
|---|--|----------------|---------------------------|--|
| L | 6 m | | | |
| r | 11,7287 cm | | | |
| E | 29000 ksi | | | |
| Fy | 50 ksi | | | |
| Zx | 1607,294 cm ³ | | | |
| Ag | 149,24 cm ² | | | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | | |
| Compresión | | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y$ | Control | Valor Límite | |
| | | 51,16 | 113,43 | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $F_n = 0.877F_e$ | Fe | 7,69 tonf/cm ² | |
| | | Fn | 2,90 tonf/cm ² | |
| | | Pu | 42,07 tonf | |
| | | Pn | 389,94 tonf | |

| Flexión | | | | |
|---|--|---------------------------------|--|--------------------------|
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | | | | |
| Iy | 20529,95 cm ⁴ | | J | 30731,87 cm ⁴ |
| Cw | 2252860000,00 mm ⁶ | | ho | 0,29 m |
| Sx | 1368,66 cm ³ | | Lb | 6,00 m |
| r_{ts} | 2,23 cm | | Lp | 4,97 m |
| c | 1 | | Lr | 45,05 m |
| Emplear caso b de la AISC 360 Diseño a flexión Capítulo F2 | | | | |
| Cb | 1 | | Mp | 5650,197588 |
| Mux | 567,00 tonf*cm | | Mnx | 5591,63 tonf*cm |
| Muy | 613,28 tonf*cm | | Mny | 5591,63 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ 27% | El elemento soporta los esfuerzos | |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | | |

| Arriotramientos excentricos 100 | | | | |
|--|----------------------|-----------------------------------|--|--|
| L | 6,66 | m | | |
| r | 3,77 | cm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| $\frac{\alpha_s P_r}{F_y} \leq 0.15$ | 36 | ksi | | |
| $\frac{A_g \alpha_s F_r}{P_y} \leq 0.15$ | 29,44 | cm ² | | |
| tp | 6,35 | mm | | |
| Compresión | | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y$ | Control | Valor Límite | | |
| | 176,66 | 133,68 | | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 0,64 tonf/cm ² | | |
| | F_n | 0,57 tonf/cm ² | | |
| | Pu | 14,09 tonf | | |
| φPn | 14,98 tonf | | | |
| D/C | 94% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Tensión | | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|
| Fluencia en la sección | | | | |
| Tu | 13,41 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 67,06 | tonf | | |
| D/C | 20,00% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Rotura | | | | |
| Fu | 58 | ksi | φ | 0,75 |
| b | 46,03 | mm | x | 32,09 mm |
| L | 13,00 | cm | U | 0,75 |
| An | 30,00 | cm ² | Ae | 22,60 cm ² |
| φRn | 69,10 | tonf | D/C | 19,41% |
| El elemento soporta los esfuerzos | | | | |

| Arriotramientos excentricos 150 | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| L | 6,66 | m | |
| r | 5,81 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Ag | 45,44 | cm2 | |
| tp | 6,35 | mm | |

| Compresión | | | |
|--|------------|-----------------------------------|---------------------------|
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | | Control | Valor Límite |
| | | 114,71 | 133,68 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | | Fe | 1,53 tonf/cm ² |
| | | Fn | 1,27 tonf/cm ² |
| | | Pu | 21,19 tonf |
| | | φPn | 51,78 tonf |
| D/C | 41% | El elemento soporta los esfuerzos | |

| Tensión | | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|
| Fluencia en la sección | | | | |
| Tu | 13,77 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 103,51 | tonf | | |
| D/C | 13,30% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Rotura | | | | |
| Fu | 58 | ksi | φ | 0,75 |
| b | 71,03 | mm | x | 50,81 mm |
| L | 13,00 | cm | U | 0,61 |
| An | 50,00 | cm2 | Ae | 30,46 cm ² |
| φRn | 93,15 | tonf | D/C | 14,78% |
| El elemento soporta los esfuerzos | | | | |

| Viga de Enlace | | | |
|----------------|---------|-----|--|
| L | 2,37 | m | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 205,308 | cm3 | |
| Ag | 41,76 | cm2 | |

| Resistencia por corte | | | | |
|---|----------|----------------|-----------|------------|
| Fluencia por corte en el alma | | | | |
| αs | 1 | LRFD | φv | 0,9 |
| $\frac{\alpha_s P_r}{P_y} \leq 0.15 \quad V_p = 0.6 F_y A_{lw}$ | | Pr | 21,19 | tonf |
| | | Py | 105,70 | tonf |
| $\frac{\alpha_s P_r}{P_y} > 0.15 \quad V_p = 0.6 F_y A_{lw} \sqrt{1 - \left(\frac{\alpha_s P_r}{P_y}\right)^2}$ | | Control | 0,20 | |
| | | Alw | 23,76 | cm2 |
| | | Vp | 35,35 | tonf |
| | | φVn | 31,82 | tonf |

| Fluencia por flexión en la sección | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--------|---------|
| $\frac{\alpha_s P_r}{P_y} \leq 0.15$ | $M_p = F_y Z_x$ | Mp | 519,64 | tonf*cm |
| | | e | 25,00 | cm |
| $\frac{\alpha_s P_r}{P_y} > 0.15$ | $M_p = F_y Z_x \left(\frac{1 - \frac{\alpha_s P_r}{P_y}}{0.95} \right)$ | Vn | 41,57 | tonf |
| | | ϕVn | 37,41 | tonf |
| Vu | 19,95 tonf | ϕVn | 37,41 | tonf |
| D/C | 53% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

Longitud máxima del enlace

| | | | | |
|-------------|-------|------|---------------------------|------|
| Vy | 35,93 | tonf | ρ' | 0,36 |
| emax | 25,00 | cm | Cumple | |

Vigas IPE 200

| | | | | |
|-----------|----------|-----|--|--|
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Zx | 222,4139 | cm3 | | |
| Ag | 28,688 | cm2 | | |

Flexión

| | | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------|------------|---------|
| ϕ | 0,9 | Mn | 506,646729 | tonf*cm |
| Mu | 78,63 tonf*cm | D/C | 16% | |
| El elemento resiste los esfuerzos | | | | |

| Vigas IPE 220 | | | |
|----------------------|----------|-----|--|
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 287,3709 | cm3 | |
| Ag | 33,5744 | cm2 | |

| Flexión | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----|--------------------|
| ϕ | 0,9 | Mn | 654,615231 tonf*cm |
| Mu | 437,48 tonf*cm | D/C | 67% |
| El elemento resiste los esfuerzos | | | |

| Cercha diagonal | | | |
|--|----------------|---------------------------|--|
| L | 5,30 | m | |
| r | 5,9627 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 127,93 | cm3 | |
| Ag | 23,36 | cm2 | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | |
| Compresión | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | |
| | 88,85 | 133,68 | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 2,55 tonf/cm ² | |
| | Fn | 1,67 tonf/cm ² | |
| | Pu | 14,49 tonf | |
| | Pn | 35,12 tonf | |

Flexión

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$$

| | | | | |
|--|--|---------------|--|-------------------------|
| Iy | 830,53 cm ⁴ | | J | 1244,85 cm ⁴ |
| Cw | 10066800,00 mm ⁶ | | ho | 0,15 m |
| Sx | 110,74 cm ³ | | Lb | 5,30 m |
| r_{ts} | 0,91 cm | | Lp | 2,98 m |
| c | 1 | | Lr | 25,30 m |
| Emplear caso b de la AISC 360 Diseño a flexión Capítulo F2 | | | | |
| Cb | 1 | | Mp | 323,7972889 |
| Mux | 30,55 tonf*cm | | Mnx | 310,54 tonf*cm |
| Muy | 134,00 tonf*cm | | Mny | 310,54 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos | |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | | |
| | | 88% | | |

Cercha cubierta

| | | | | |
|-----------|-------|-----------------|--|--|
| L | 6,07 | m | | |
| r | 3,96 | cm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Ag | 11,64 | cm ² | | |

Tensión

Fluencia en la sección

| | | | | |
|------------|---------------|-----------------------------------|----------|-----|
| Tu | 9,41 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 26,52 | tonf | | |
| D/C | 35,49% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

Cercha cubierta ext

| | | | | |
|-----------|-------|-----------------|--|--|
| L | 6,40 | m | | |
| r | 3,35 | cm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Ag | 9,84 | cm ² | | |

Tensión

Fluencia en la sección

| | | | | |
|------------|---------------|-----------------------------------|----------|-----|
| Tu | 7,38 | tonf | φ | 0,9 |
| φPn | 22,41 | tonf | | |
| D/C | 32,92% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

| Unión de arco | | | |
|----------------------|--------|-----------------|--|
| L | 6,42 | m | |
| r | 1,9227 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 9,954 | cm ³ | |
| Ag | 5,64 | cm ² | |

Tensión

| Fluencia en la sección | | | |
|-------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------|
| Tu | 0,79 | tonf | ϕ |
| ϕPn | 12,85 | tonf | |
| D/C | 6,15% | El elemento soporta los esfuerzos | |

| Vigas cer | | | |
|------------------|--------|-----------------|--|
| B | 150 | mm | |
| H | 150 | mm | |
| t | 5 | mm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 157,75 | cm ³ | |
| Ag | 29 | cm ² | |

Diseño a Flexión

| | | | |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------------|--------|
| Mu | 0,48 | tonf-cm | ϕ |
| ϕMn | 359,35 | tonf-cm | |
| D/C | 0,13% | El elemento soporta los esfuerzos | |

ANEXO 3

Diseño de los elementos del Bloque 3

| Columnas | | | | |
|---|--|----------------------------|--|--------------------------|
| L | 2,6 | m | | |
| r | 10,0618 | cm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Zx | 1607,294 | cm ³ | | |
| Ag | 149,24 | cm ² | | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | | |
| Compresión | | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | | |
| | 25,84 | 133,68 | | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 30,14 tonf/cm ² | | |
| | Fn | 2,44 tonf/cm ² | | |
| | Pu | 30,00 tonf | | |
| | Pn | 328,22 tonf | | |
| Flexión | | | | |
| $L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ $L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$ | | | | |
| Iy | 20529,95 cm ⁴ | | J | 30731,87 cm ⁴ |
| Cw | 2252860000,00 mm ⁶ | | ho | 0,29 m |
| Sx | 1368,66 cm ³ | | Lb | 2,60 m |
| r_{ts} | 2,23 cm | | Lp | 5,03 m |
| c | 1 | | Lr | 62,57 m |
| No aplica el estado límite de panteo lateral torsional | | | | |
| Mux | 853,76 tonf*cm | | Mnx | 3661,33 tonf*cm |
| Muy | 709,39 tonf*cm | | Mny | 3661,33 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos | |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | 47% | | |

| Estereo celosía | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| L | 1,92 | m | | |
| E | 10100 | ksi | | |
| Fy | 35 | ksi | | |
| Ag | 40,96 | cm ² | | |
| rmin | 1,4025 | cm | | |
| Fluencia en la sección | | | | |
| $\phi P_{nt} = \phi F_{ty} A_g$ | | ϕ | 0,9 | |
| Combo: 1.2D+1.6L | | ϕP_n | 90,71 | tonf |
| | | Tu | 14,25 | tonf |
| D/C | 16% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Tensión por ruptura | | | | |
| $\phi P_{nt} = \frac{\phi F_{tu} A_e}{k_t}$ | | ϕ | 0,75 | |
| | | Ftu | 38,00 | ksi |
| | | Ae | 40,96 | cm ² |
| | | ϕP_{nt} | 82,07 | tonf |
| D/C | 17% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Compresión | | | | |
| ϕ | 0,9 | Fc | 4,52 | ksi |
| Bc | 2,92 tonf/cm ² | | Dc | 0,02 tonf/cm ² |
| Cc | 52,19 | | λ | 136,90 |
| Pu | 11,107 | tonf | Combo: 1.2D+1.6L | |
| ϕP_{nc} | 11,72 | tonf | ϕ | 0,9 |
| D/C | 95% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

ANEXO 4

Diseño de los elementos del Bloque 4

| Columnas | | | |
|---|--|---|--|
| L | 2,6 | m | |
| r | 10,0618 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 1501,388 | cm ³ | |
| Ag | 160,16 | cm ² | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | |
| Compresión | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | |
| | 25,84 | 133,68 | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877F_e$ | Fe | 30,14 tonf/cm ² | |
| | Fn | 2,44 tonf/cm ² | |
| | Pu | 45,24 tonf | |
| | Pn | 352,23 tonf | |
| Flexión | | | |
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | |
| $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | | | |
| Iy | 16214,44 cm ⁴ | J | 30779,71 cm ⁴ |
| Cw | 73740200000,00 mm ⁶ | ho | 0,34 m |
| Sx | 1297,16 cm ³ | Lb | 2,60 m |
| rts | 5,16 cm | Lp | 5,03 m |
| c | 1 | Lr | 137,70 m |
| No aplica el estado límite de panteo lateral torsional | | | |
| Mux | 587,79 tonf*cm | Mnx | 4332,17 tonf*cm |
| Muy | 542,47 tonf*cm | Mny | 3420,08 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | 36% | |

| Arriotramientos | | | |
|-----------------|----------|-----|--|
| L | 2,37 | m | |
| r | 11,93 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 1023,424 | cm3 | |
| Ag | 93,44 | cm2 | |

| Compresión | | |
|--|----------------|----------------------------|
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite |
| | 19,88 | 133,68 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877F_e$ | Fe | 50,92 tonf/cm ² |
| | Fn | 2,48 tonf/cm ² |
| | Pu | 24,82 tonf |
| | Pn | 80,32 tonf |

Flexión

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$$

| | | | |
|-----------------------|------------------------------|-----------|--------------------------|
| Iy | 13288,41 cm ⁴ | J | 19917,67 cm ⁴ |
| Cw | 644272000,00 mm ⁶ | ho | 0,29 m |
| Sx | 885,89 cm ³ | Lb | 2,37 m |
| r_{ts} | 1,82 cm | Lp | 5,96 m |
| c | 1 | Lr | 50,61 m |

No aplica el estado límite de panteo lateral torsional

| | | | |
|-----|----------------|-----|-----------------|
| Mux | 269,46 tonf*cm | Mnx | 2331,30 tonf*cm |
| Muy | 255,09 tonf*cm | Mny | 2331,30 tonf*cm |

| | | |
|--|---------------|--|
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \quad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | |
| | 51% | |

| Estereo celosía | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| L | 2,03 | m | | |
| E | 10100 | ksi | | |
| Fy | 35 | ksi | | |
| Ag | 39,6 | cm ² | | |
| rmin | 1,4864 | cm | | |
| Fluencia en la sección | | | | |
| $\phi P_{nt} = \phi F_{ty} A_g$ | | ϕ | 0,9 | |
| | | ϕP_n | 87,70 | tonf |
| Combo: 1.2D+1.6L | | Tu | 9,709 | tonf |
| D/C | 11% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Tensión por ruptura | | | | |
| $\phi P_{nt} = \frac{\phi F_{tu} A_e}{k_t}$ | | ϕ | 0,75 | |
| | | Ftu | 38,00 | ksi |
| | | Ae | 39,6 | cm ² |
| | | ϕP_{nt} | 79,35 | tonf |
| D/C | 12% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Compresión | | | | |
| ϕ | 0,9 | Fc | 4,55 | ksi |
| Bc | 2,92 tonf/cm ² | | Dc | 0,02 tonf/cm ² |
| Cc | 52,19 | | λ | 136,39 |
| Pu | 9,6858 | tonf | Combo: 1.2D+1.6L | |
| ϕP_{nc} | 11,41 | tonf | ϕ | 0,9 |
| D/C | 85% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

ANEXO 5

Diseño de los elementos del Bloque 5

| Columnas | | | | |
|---|--|----------------------------|--|-------------------------|
| L | 2,6 | m | | |
| r | 5,8839 | cm | | |
| E | 29000 | ksi | | |
| Fy | 36 | ksi | | |
| Zx | 186,732 | cm ³ | | |
| Ag | 34,56 | cm | | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | | |
| Compresión | | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | | |
| | 44,19 | 133,68 | | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 10,31 tonf/cm ² | | |
| | Fn | 2,28 tonf/cm ² | | |
| | Pu | 7,25 tonf | | |
| | Pn | 71,04 tonf | | |
| Flexión | | | | |
| $L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ $L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$ | | | | |
| Iy | 1196,47 cm ⁴ | | J | 1791,59 cm ⁴ |
| Cw | 28311500,00 mm ⁶ | | ho | 0,14 m |
| Sx | 159,53 cm ³ | | Lb | 2,60 m |
| r_{ts} | 1,07 cm | | Lp | 2,94 m |
| c | 1 | | Lr | 30,10 m |
| No aplica el estado límite de panteo lateral torsional | | | | |
| Mux | 91,96 tonf*cm | | Mnx | 425,37 tonf*cm |
| Muy | 86,56 tonf*cm | | Mny | 425,37 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos | |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | 47% | | |

| Arriotramientos | | |
|-----------------|---------|-----|
| L | 2,37 | m |
| r | 5,96 | cm |
| E | 29000 | ksi |
| Fy | 36 | ksi |
| Zx | 127,928 | cm3 |
| Ag | 23,36 | cm2 |

| Compresión | | |
|--|----------------|----------------------------|
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite |
| | 39,76 | 133,68 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877F_e$ | Fe | 12,73 tonf/cm ² |
| | Fn | 2,33 tonf/cm ² |
| | Pu | 4,20 tonf |
| | Pn | 75,46 tonf |

| Flexión | |
|---|--|
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | |
| $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | |

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------|
| Iy | 830,53 cm ⁴ | J | 1244,85 cm ⁴ |
| Cw | 10066800,00 mm ⁶ | ho | 0,15 m |
| Sx | 110,74 cm ³ | Lb | 2,37 m |
| r_{ts} | 0,91 cm | Lp | 2,98 m |
| c | 1 | Lr | 25,30 m |

| | | | |
|--|---------------|---------------|--|
| No aplica el estado límite de panteo lateral torsional | | | |
| Mux | 39,18 tonf*cm | Mnx | 291,41 tonf*cm |
| Muy | 14,30 tonf*cm | Mny | 291,41 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \quad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | 21% | |

| Estereo celosía | | |
|-----------------|--------|-----|
| L | 2,03 | m |
| E | 10100 | ksi |
| Fy | 35 | ksi |
| Ag | 22,34 | cm2 |
| rmin | 0,9144 | cm |

| Fluencia en la sección | | | |
|---------------------------------|------------|-----------------------------------|------|
| $\phi P_{nt} = \phi F_{ty} A_g$ | ϕ | 0,9 | |
| | ϕP_n | 49,48 | tonf |
| Combo: 1.2D+1.6L | Tu | 1,2864 | tonf |
| D/C | 3% | El elemento soporta los esfuerzos | |

| Tensión por ruptura | | | |
|---|---------------|-----------------------------------|------|
| $\phi P_{nt} = \frac{\phi F_{tu} A_e}{k_t}$ | ϕ | 0,75 | |
| | Ftu | 38,00 | ksi |
| | Ae | 22,34 | cm2 |
| | ϕP_{nt} | 44,76 | tonf |
| D/C | 3% | El elemento soporta los esfuerzos | |

| Compresión | | | | |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| ϕ | 0,9 | Fc | 1,72 | ksi |
| Bc | 2,92 tonf/cm ² | | Dc | 0,02 tonf/cm ² |
| Cc | 52,19 | | λ | 221,71 |
| Pu | 1,9432 | tonf | Combo: 1.2D+1.6L | |
| ϕP_{nc} | 2,44 | tonf | ϕ | 0,9 |
| D/C | 80% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

ANEXO 6

Diseño de los elementos del Bloque 6

| Columnas | | | |
|---|--|-----------------|----------------------------|
| L | 2,6 | m | |
| r | 5,8839 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 186,732 | cm ³ | |
| Ag | 34,56 | cm | |
| Diseño a Flexo-compresión | | | |
| Compresión | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite |
| | | 44,19 | 133,68 |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $F_n = 0.877 F_e$ | Fe | 10,31 tonf/cm ² |
| | | Fn | 2,28 tonf/cm ² |
| | | Pu | 4,23 tonf |
| | | Pn | 71,04 tonf |

| Flexión | | | |
|--|--|---|--|
| $L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | |
| $L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$ | | | |
| Iy | 1196,47 cm ⁴ | J | 1791,59 cm ⁴ |
| Cw | 28311500,00 mm ⁶ | ho | 0,14 m |
| Sx | 159,53 cm ³ | Lb | 2,60 m |
| r_{ts} | 1,07 cm | Lp | 2,94 m |
| c | 1 | Lr | 30,10 m |
| No aplica el estado límite de panteo lateral torsional | | | |
| Mux | 62,60 tonf*cm | Mnx | 425,37 tonf*cm |
| Muy | 69,59 tonf*cm | Mny | 425,37 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ | $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}}\right) \leq 1$ | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ | $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}}\right) \leq 1$ | 34% | |

| Arriotramientos | | | |
|--|----------------|----------------------------|--|
| L | 2,37 | m | |
| r | 5,96 | cm | |
| E | 29000 | ksi | |
| Fy | 36 | ksi | |
| Zx | 127,928 | cm3 | |
| Ag | 23,36 | cm2 | |
| Compresión | | | |
| $\frac{kL_c}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$ | Control | Valor Límite | |
| | 39,76 | 133,68 | |
| $\frac{kL_c}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_n = 0.877F_e$ | Fe | 12,73 tonf/cm ² | |
| | Fn | 2,33 tonf/cm ² | |
| | Pu | 2,66 tonf | |
| | Pn | 75,46 tonf | |

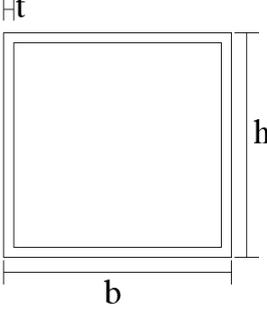
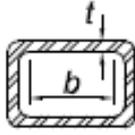
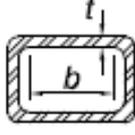
| Flexión | | | |
|---|-----------------------------|---|--|
| $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$ | |
| $L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$ | | | |
| Iy | 830,53 cm ⁴ | J | 1244,85 cm ⁴ |
| Cw | 10066800,00 mm ⁶ | ho | 0,15 m |
| Sx | 110,74 cm ³ | Lb | 2,37 m |
| r_{ts} | 0,91 cm | Lp | 2,98 m |
| c | 1 | Lr | 25,30 m |
| No aplica el estado límite de panteo lateral torsional | | | |
| Mux | 27,44 tonf*cm | Mnx | 291,41 tonf*cm |
| Muy | 10,80 tonf*cm | Mny | 291,41 tonf*cm |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | $\frac{D}{C}$ | El elemento soporta los esfuerzos |
| $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \quad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \right) \leq 1$ | | 15% | |

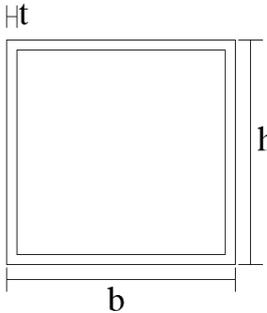
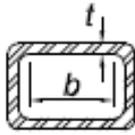
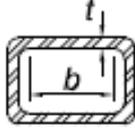
| Estereo celosía | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| L | 2,03 | m | | |
| E | 10100 | ksi | | |
| Fy | 35 | ksi | | |
| Ag | 22,34 | cm2 | | |
| rmin | 0,9144 | cm | | |
| Fluencia en la sección | | | | |
| $\phi P_{nt} = \phi F_{ty} A_g$ | | ϕ | 0,9 | |
| | | ϕP_n | 49,48 | tonf |
| Combo: 1.2D+1.6L | | Tu | 1,1179 | tonf |
| D/C | 2% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Tensión por ruptura | | | | |
| $\phi P_{nt} = \frac{\phi F_{tu} A_e}{k_t}$ | | ϕ | 0,75 | |
| | | Ftu | 38,00 | ksi |
| | | Ae | 22,34 | cm2 |
| | | ϕP_{nt} | 44,76 | tonf |
| D/C | 2% | El elemento soporta los esfuerzos | | |
| Compresión | | | | |
| ϕ | 0,9 | Fc | 1,72 | ksi |
| Bc | 2,92 tonf/cm ² | | Dc | 0,02 tonf/cm ² |
| Cc | 52,19 | | λ | 221,71 |
| Pu | 1,2279 | tonf | Combo: 1.2D+1.6L | |
| ϕP_{nc} | 2,44 | tonf | ϕ | 0,9 |
| D/C | 50% | El elemento soporta los esfuerzos | | |

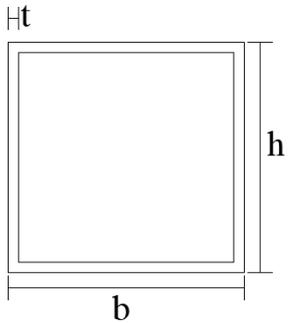
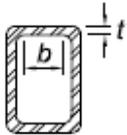
ANEXO 7

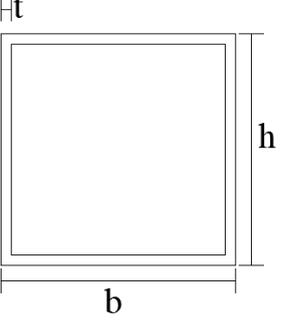
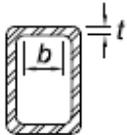
VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES (AISC 341- ISC 360)

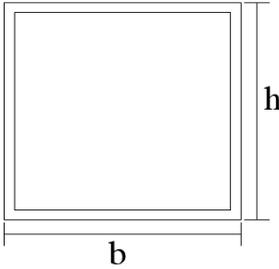
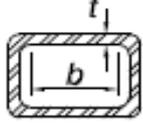
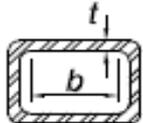
Boque 1

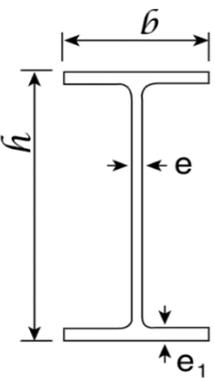
| Columnas 300 | | | |
|--|--------------------------------------|------------------------|--|
| b | 300,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 300,00 mm | R_y | 1,1 |
| t | 13,00 mm | F_y | 50 ksi |
| Esbeltez AISC 360 | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 33,72 | 21,08 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 22,96 | 21,08 | Cumple |

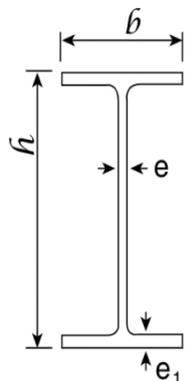
| Columnas 400 | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------|---|
| b | 350,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 350,00 mm | R_y | 1,1 |
| t | 15,00 mm | F_y | 50 ksi |
| Esbeltez AISC 360 | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 33,72 | 21,33 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 22,96 | 21,33 | Cumple |

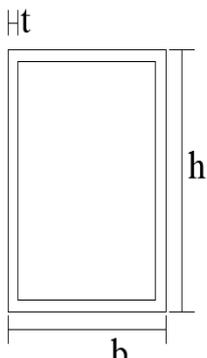
| Correas | | | | |
|---|---|---|---|-----|
| b | 150,00 mm | E | 29000 | ksi |
| h | 250,00 mm | R_y | 1,3 | |
| t | 5,00 mm | F_y | 36 | ksi |
| Compacidad AISC 360 | | | | |
| Patines de sección rectangular HSS | | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | 31,79 | 28,00 | Cumple | |
| | Almas de sección rectangular HSS | | | |
| Valor Límite | Relación ancho-espesor | | | |
| $2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t}$ |  | | |
| 68,69 | 48,00 | Cumple | | |

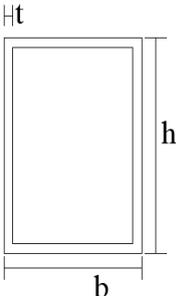
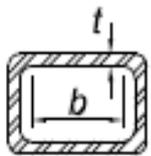
| Enlace | | | | |
|---|---|---|---|-----|
| b | 100,00 mm | E | 29000 | ksi |
| h | 150,00 mm | R_y | 1,3 | |
| t | 9,00 mm | F_y | 36 | ksi |
| Altamente dúctil AISC 341 | | | | |
| Patines de sección rectangular HSS | | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | $0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | 13,69 | 9,11 | Cumple | |
| | Almas de sección rectangular HSS | | | |
| Valor Límite | Relación ancho-espesor | | | |
| $0.64 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{h}{t}$ |  | | |
| 15,93 | 14,67 | Cumple | | |

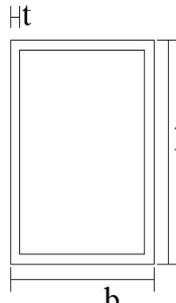
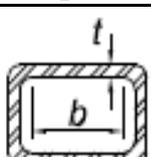
| Arriostramientos excentricos 100 | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------|---|
| b | 100,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 5,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Ry | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 18,00 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $0.76 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| 18,92 | 18,00 | Cumple | |
| Pandeo Flexionante | | | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | L | 2,3707 | m |
| | r | 5,02 | cm |
| | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 47,23 | Cumple |

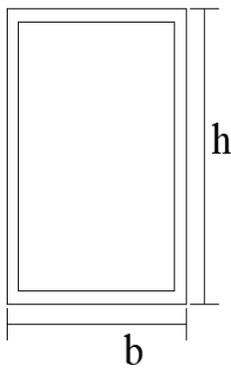
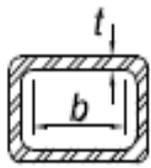
| Viga IPE 200 | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| H | 200,00 mm | E | 29000 ksi |
| t2 | 100,00 mm | Fy | 36 ksi |
| tf | 8,50 mm | Elementos no rigidizados | |
| tw | 5,60 mm | Valor Límite | Relación ancho-espesor |
|  | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ | |
| | 10,785 | 5,88 | Cumple |
| | Elementos rigidizados | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t_w}$ | |
| | 106,72 | 32,68 | Cumple |

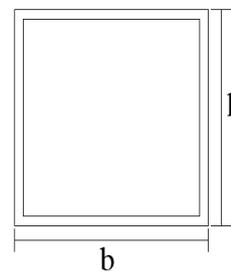
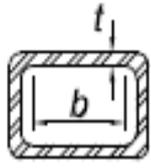
| Viga IPE 400 | | | | |
|---|-----------|---------------------------------|------------------------|--------|
| H | 400,00 mm | E | 29000 | ksi |
| t2 | 180,00 mm | Fy | 36 | ksi |
| tf | 13,50 mm | Elementos no rigidizados | | |
| tw | 8,60 mm | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
|  | | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ | |
| | | 10,785 | 6,67 | Cumple |
| | | Elementos rigidizados | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t_w}$ | |
| | | 106,72 | 43,37 | Cumple |

| Diagonales Cubierta | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------|--|
| b | 50,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 100,00 mm | Fy | 36 | ksi | |
| t | 3,00 mm | Ry | 1,3 | | |
|  | Esbeltez AISC 360 | | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ | | |
| | | 39,74 | 31,33 | Cumple | |
| | Pandeo Flexionante | | | | |
| | | L | 10,27 | m | |
| | | r | 2,08 | cm | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | | Valor Límite | Relación | | |
| | | 200 | 493,44 | No Cumple | |

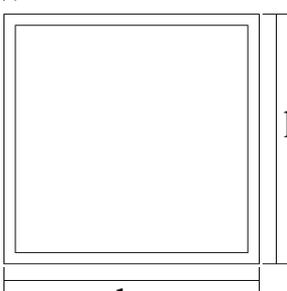
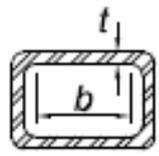
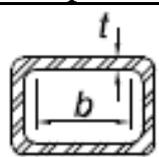
| Diagonal cubierta 2 | | | | |
|---|-----------|-----------------------------|------------------------|---|
| b | 75,00 mm | E | 29000 | ksi |
| h | 100,00 mm | Fy | 36 | ksi |
| t | 3,00 mm | Ry | 1,3 | |
| Esbeltez AISC 360 | | | | |
|  | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | | 39,74 | 31,33 | Cumple |
| | | Pandeo Flexionante | | |
| | | L | 5,30 | m |
| | | r | 3,05 | cm |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | | Valor Límite | Relación | |
| | | 200 | 173,79 | Cumple |

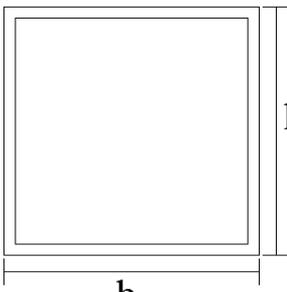
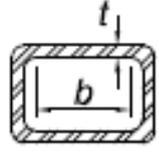
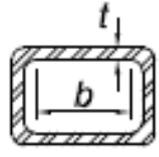
| C 100X50X3 | | | | |
|---|-----------|-----------------------------|------------------------|---|
| b | 50,00 mm | E | 29000 | ksi |
| h | 100,00 mm | Fy | 36 | ksi |
| t | 3,00 mm | Ry | 1,3 | |
| Esbeltez AISC 360 | | | | |
|  | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | | 39,74 | 31,33 | Cumple |
| | | Pandeo Flexionante | | |
| | | L | 6,07 | m |
| | | r | 2,08 | cm |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | | Valor Límite | Relación | |
| | | 200 | 291,40 | No Cumple |

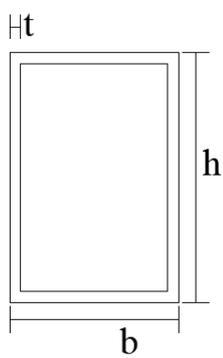
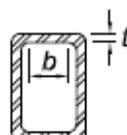
| C 150X100X3 | | | | | |
|---|-----------------------------|-----------|------------------------|---|--|
| b | 100,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 150,00 mm | Fy | 36 | ksi | |
| t | 4,00 mm | Ry | 1,3 | | |
|  | Esbeltez AISC 360 | | | | |
| | Valor Límite | | Relación ancho-espesor | | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | 39,74 | | 35,50 | Cumple | |
| | Pandeo Flexionante | | | | |
| | L | 6,40 | | m | |
| r | 4,12 | | cm | | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | | Relación | | |
| | 200 | | 155,36 | Cumple | |

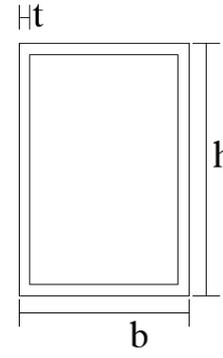
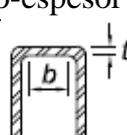
| VERTICALES | | | | | |
|---|-----------------------------|-----------|------------------------|---|--|
| b | 50,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 50,00 mm | Fy | 36 | ksi | |
| t | 3,00 mm | Ry | 1,3 | | |
|  | Esbeltez AISC 360 | | | | |
| | Valor Límite | | Relación ancho-espesor | | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | 39,74 | | 14,67 | Cumple | |
| | Pandeo Flexionante | | | | |
| | L | 6,40 | | m | |
| r | 1,92 | | cm | | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | | Relación | | |
| | 200 | | 332,87 | No Cumple | |

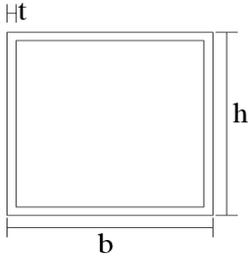
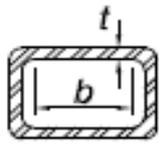
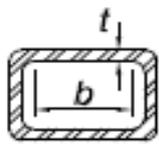
Bloque 2

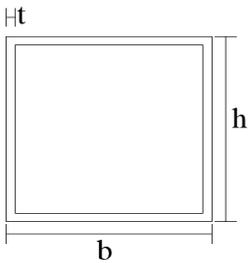
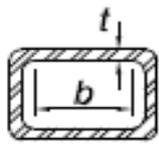
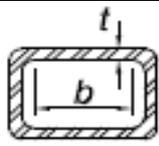
| Columnas 300 | | | |
|---|--------------------------------------|--|---|
| b | 300,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 300,00 mm | R_y | 1,1 |
| t | 13,00 mm | F_y | 50 ksi |
| Esbeltez AISC 360 | | | |
|  | Valor Límite | | Relación ancho-espesor |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 33,72 | 21,08 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | | Relación ancho-espesor |
| $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| 22,96 | 21,08 | Cumple | |

| Columnas 180 | | | |
|---|--------------------------------------|---|---|
| b | 180,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 180,00 mm | R_y | 1,1 |
| t | 8,00 mm | F_y | 50 ksi |
| Esbeltez AISC 360 | | | |
|  | Valor Límite | | Relación ancho-espesor |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 33,72 | 20,50 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | | Relación ancho-espesor |
| $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| 22,96 | 20,50 | Cumple | |

| Correas (Módulo 2 y 3) | | | | |
|---|---|---|---|-----|
| b | 150,00 mm | E | 29000 | ksi |
| h | 200,00 mm | R_y | 1,3 | |
| t | 6,00 mm | F_y | 36 | ksi |
| Compacidad AISC 360 | | | | |
| Patines de sección rectangular HSS | | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | 31,79 | 20,00 | Cumple | |
| | Almas de sección rectangular HSS | | | |
| Valor Límite | Relación ancho-espesor | | | |
| $2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t}$ |  | | |
| 68,69 | 28,33 | Cumple | | |

| Enlace | | | | |
|---|---|---|---|-----|
| b | 100,00 mm | E | 29000 | ksi |
| h | 150,00 mm | R_y | 1,3 | |
| t | 9,00 mm | F_y | 36 | ksi |
| Altamente dúctil AISC 341 | | | | |
| Patines de sección rectangular HSS | | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | $0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | 13,69 | 9,11 | Cumple | |
| | Almas de sección rectangular HSS | | | |
| Valor Límite | Relación ancho-espesor | | | |
| $0.64 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{h}{t}$ |  | | |
| 15,93 | 14,67 | Cumple | | |

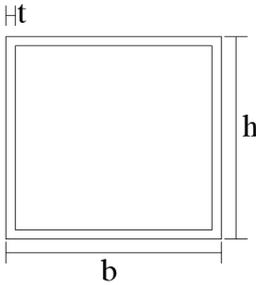
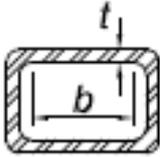
| Arriostramientos excentricos 100 | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------|---|
| b | 100,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 8,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Ry | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 10,50 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $0.76 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| 18,92 | 10,50 | Cumple | |
| Pandeo Flexionante | | | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | L | 2,3707 | m |
| | r | 5,02 | cm |
| | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 47,23 | Cumple |

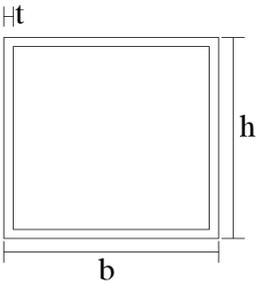
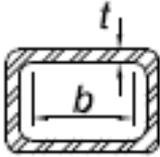
| Arriostramientos excentricos 150 | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------|---|
| b | 150,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 8,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Ry | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 16,75 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $0.76 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| 18,92 | 16,75 | Cumple | |

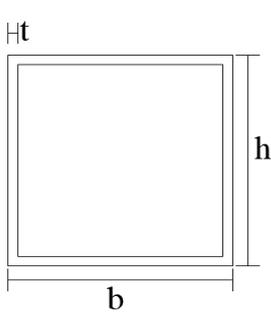
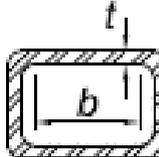
| Pandeo Flexionante | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------|
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | L | 2,3707 | m |
| | r | 5,8063 | cm |
| | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 40,83 | Cumple |

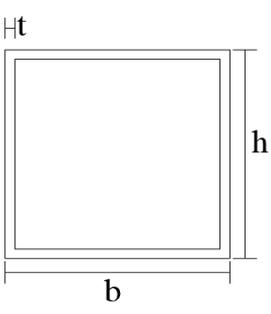
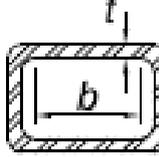
| Viga IPE 200 | | | | |
|---------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| H | 200,00 mm | E | 29000 ksi | |
| t2 | 100,00 mm | Fy | 36 ksi | |
| tf | 8,50 mm | Elementos no rigidizados | | |
| tw | 5,60 mm | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ | |
| | | 10,785 | 5,88 | Cumple |
| | | Elementos rigidizados | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | | $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t_w}$ |
| | | | 106,72 | 32,68 |

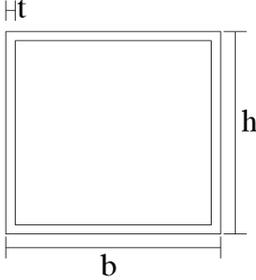
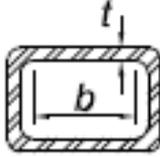
| Viga IPE 220 | | | | |
|---------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| H | 220,00 mm | E | 29000 ksi | |
| t2 | 110,00 mm | Fy | 36 ksi | |
| tf | 9,20 mm | Elementos no rigidizados | | |
| tw | 5,90 mm | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ | |
| | | 10,785 | 5,98 | Cumple |
| | | Elementos rigidizados | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | | | $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t_w}$ |
| | | | 106,72 | 34,17 |

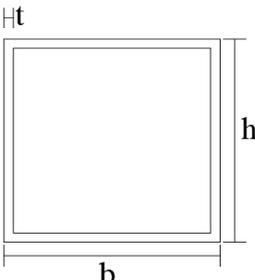
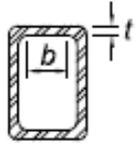
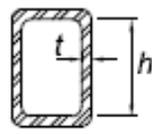
| Diagonales Cubierta | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|---|
| b | 100,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 100,00 mm | F_y | 36 ksi |
| t | 5,00 mm | R_y | 1,3 |
|  | Esbeltez AISC 360 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 18,00 | Cumple |
| | Pandeo Flexionante | | |
| | L | 10,27 | m |
| r | 3,88 | cm | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 264,48 | No Cumple |

| Cercha diagonal | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|---|
| b | 150,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 150,00 mm | F_y | 36 ksi |
| t | 4,00 mm | R_y | 1,3 |
|  | Esbeltez AISC 360 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 35,50 | Cumple |
| | Pandeo Flexionante | | |
| | L | 5,30 | m |
| r | 5,96 | cm | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 88,85 | Cumple |

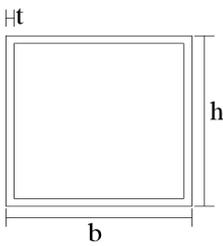
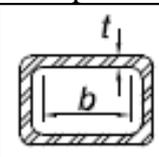
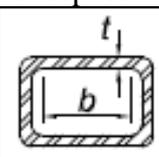
| Cercha cubierta | | | | | |
|---|--------------|-----------------------------|------------------------|---|--|
| b | 100,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 100,00 mm | F_y | 36 | ksi | |
| t | 3,00 mm | R_y | 1,3 | | |
|  | | Esbeltez AISC 360 | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | | 39,74 | 31,33 | Cumple | |
| | | Pandeo Flexionante | | | |
| | | L | 6,07 | m | |
| r | 3,96 | cm | | | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | Relación | | | |
| | 200 | 153,11 | Cumple | | |

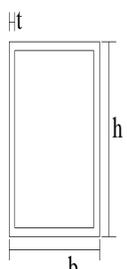
| Cercha cubierta ext | | | | | |
|---|--------------|-----------------------------|------------------------|---|--|
| b | 85,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 85,00 mm | F_y | 36 | ksi | |
| t | 3,00 mm | R_y | 1,3 | | |
|  | | Esbeltez AISC 360 | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | | 39,74 | 26,33 | Cumple | |
| | | Pandeo Flexionante | | | |
| | | L | 6,40 | m | |
| r | 3,35 | cm | | | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | Relación | | | |
| | 200 | 191,05 | Cumple | | |

| Unión de arco | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|------------------------|---|--|
| b | 50,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 50,00 mm | F_y | 36 | ksi | |
| t | 3,00 mm | R_y | 1,3 | | |
|  | | Esbeltez AISC 360 | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | | 39,74 | 14,67 | Cumple | |
| | | Pandeo Flexionante | | | |

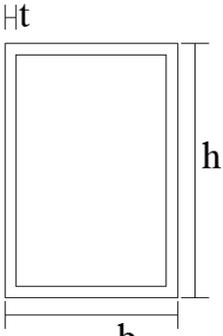
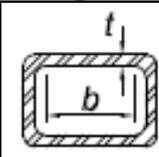
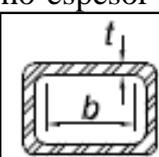
| Vigas cer | | | | | |
|---|-----------|------------------------------|------------------------|---|--|
| b | 150,00 mm | E | 29000 | ksi | |
| h | 150,00 mm | F_y | 36 | ksi | |
| t | 5,00 mm | R_y | 1,3 | | |
|  | | Elementos rigidizados | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| | | 31,79 | 28,00 | Cumple | |
| | | Elementos rigidizados | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| | | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{h}{t}$ |  | |
| 68,69 | 28,00 | Cumple | | | |

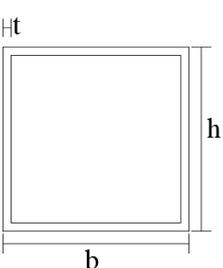
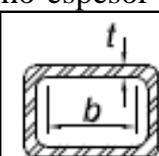
Bloque 3

| Columnas | | | |
|---|--------------------------------------|---|---|
| b | 300,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 300,00 mm | R_y | 1,3 |
| t | 13,00 mm | F _y | 36 ksi |
| Esbeltez AISC 360 | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 21,08 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| Valor Límite | Relación ancho-espesor | | |
| $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| 24,89 | 21,08 | Cumple | |

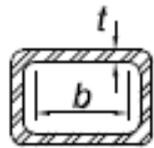
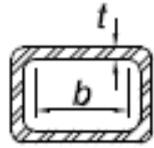
| Estereo celosía | | | |
|---|---|------------------------|----------------------------|
| B | 60,00 mm | E | 10100 ksi |
| H | 250,00 mm | F _{cy} | 35 ksi |
| tf | 9,00 mm | k | 1 ksi |
| tw | 13,00 mm | B _p | 3,164 tonf/cm ² |
|  | D _p | 0,02112 | tonf/cm ² |
| | Elementos apoyados en un borde | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $\lambda_1 = \frac{B_p - F_{cy}}{5D_p}$ | $\frac{b}{t}$ | |
| | 6,659 | 5,222222222 | Cumple |
| | Elementos apoyados en ambos bordes | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| $\lambda_1 = \frac{B_p - F_{cy}}{1.6D_p}$ | $\frac{b}{t}$ | | |
| 20,810 | 17,85 | Cumple | |

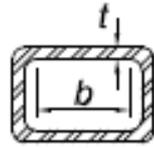
Bloque 4

| Columnas | | | |
|---|--------------------------------------|---|---|
| b | 250,00 mm | E | 29000 ksi |
| h | 350,00 mm | Ry | 1,3 |
| t | 14,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Esbeltez AISC 360 | | | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 23,00 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| 24,89 | 23,00 | Cumple | |

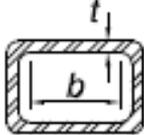
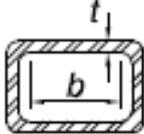
| Diagonales | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------|---|
| b | 300,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 8,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Ry | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
|  | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 35,50 | Cumple |
| | Pandeo Flexionante | | |
| | L | 2,3707 | m |
| r | 7,9635 | cm | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 29,77 | Cumple |

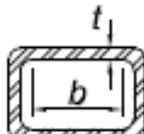
Bloque 5

| Columnas | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| b | 150,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 6,00 mm | F _y | 36 ksi |
| R_y | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 23,00 | Cumple |
| | Moderadamente dúctil AISC 341 | | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  | |
| 24,89 | 23,00 | Cumple | |

| Diagonales | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|---|
| b | 150,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 4,00 mm | F _y | 36 ksi |
| R_y | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
| | Valor Límite | Relación ancho-espesor | |
| | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$ |  |
| | 39,74 | 35,50 | Cumple |
| | Pandeo Flexionante | | |
| | L | 2,3707 | m |
| r | 7,9635 | cm | |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | Valor Límite | Relación | |
| | 200 | 29,77 | Cumple |

Bloque 6

| Columnas | | | |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------------|---|
| b | 150,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 6,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Ry | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$  |
| | | 39,74 | 23,00 Cumple |
| Moderadamente dúctil AISC 341 | | | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor |
| | | $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $\frac{b}{t}$  |
| | | 24,89 | 23,00 Cumple |

| Diagonales | | | |
|---------------------------|-----------|-----------------------------|---|
| b | 150,00 mm | E | 29000 ksi |
| t | 4,00 mm | Fy | 36 ksi |
| Ry | 1,3 | Esbeltez AISC 360 | |
| | | Valor Límite | Relación ancho-espesor |
| | | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $\frac{b}{t}$  |
| | | 39,74 | 35,50 Cumple |
| Pandeo Flexionante | | | |
| | | L | 2,3707 m |
| | | r | 7,9635 cm |
| $\frac{kL}{r} \leq 200$ | | Valor Límite | Relación |
| | | 200 | 29,77 Cumple |

| Estereo celosía | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|----------|
| B | 40,00 mm | E | 10100 | ksi |
| H | 200,00 mm | F _{cy} | 35 | ksi |
| tf | 7,00 mm | k | 1 | ksi |
| tw | 9,00 mm | B _p | 3,164 | tonf/cm2 |
| | | D _p | 0,02112 | tonf/cm2 |
| Elementos apoyados en un borde | | | | |
| Valor Límite | | Relación ancho-espesor | | |
| $\lambda_1 = \frac{B_p - F_{cy}}{5D_p}$ | | $\frac{b}{t}$ | | |
| 6,659 | | 4,428571429 | Cumple | |
| Elementos apoyados en ambos bordes | | | | |
| Valor Límite | | Relación ancho-espesor | | |
| $\lambda_1 = \frac{B_p - F_{cy}}{1.6D_p}$ | | $\frac{b}{t}$ | | |
| 20,810 | | 20,67 | Cumple | |