



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE MARIA AUXILIADORA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN GALPÓN PARA USO COMERCIAL UBICADO EN EL
CANTÓN DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

AUTORES: Merly Jaritza Carreño Peñafiel

Anderson Joel Salas Mancilla

TUTOR: ING. FABIÁN MACAS JARAMILLO, MSC.

Guayaquil-Ecuador

2025

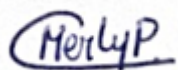
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Merly Jaritza Carreño Peñafiel con documento de identificación N° 0956465793 y Anderson Joel Salas Mancilla con documento de identificación N° 0928849991; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

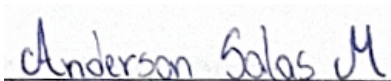
Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Merly Jaritza Carreño Peñafiel

CI. 0956465793



Anderson Joel Salas Mancilla

CI. 0928849991

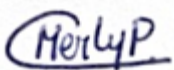
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Merly Jaritza Carreño Peñafiel con documento de identificación N° 0956465793 y Anderson Joel Salas Mancilla con documento de identificación N° 0928849991, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: DISEÑO DE UN GALPÓN PARA USO COMERCIAL UBICADO EN EL CANTÓN DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

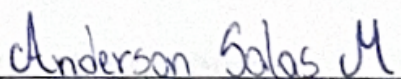
Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Merly Jaritza Carreño Peñafiel

CI. 0956465793



Anderson Joel Salas Mancilla

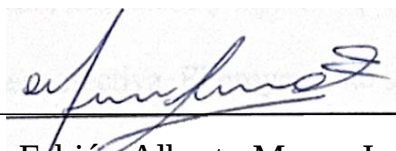
CI. 0928849991

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, FABIAN ALBERTO MACAS JARAMILLO; con documento de identificación N° 0704808625, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN GALPÓN PARA USO COMERCIAL UBICADO EN EL CANTÓN DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS, realizado por Merly Jaritza Carreño Peñafiel con documento de identificación N° 0956465793 y por Anderson Joel Salas Mancilla con documento de identificación N° 0928849991, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Fabián Alberto Macas Jaramillo

RESÚMEN

El presente trabajo de titulación desarrolla el diseño estructural de un galpón sismorresistente para uso comercial, localizado en el cantón Daule, provincia del Guayas, Ecuador. Esta zona, caracterizada por una alta actividad sísmica debido a su cercanía a fallas tectónicas activas, demanda infraestructuras capaces de resistir movimientos telúricos, asegurando tanto la seguridad de sus ocupantes como la protección de los bienes. El proyecto se enfoca en la creación de espacios comerciales seguros, funcionales y sostenibles, alineados con el crecimiento urbano y demográfico de la región. El diseño del galpón se sustenta en un análisis exhaustivo que abarca el estudio de las condiciones geotécnicas y climáticas del terreno, el dimensionamiento estructural mediante perfiles de acero y el uso de herramientas avanzadas como el software Robot Structural Analysis. Este método permite modelar y analizar con precisión el comportamiento de la estructura bajo diversas cargas, como las sísmicas, de viento y permanentes, cumpliendo con las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15). La propuesta incorpora elementos esenciales como cimentaciones diseñadas para las condiciones del suelo, sistemas de disipación de energía, contraventeos y cubiertas metálicas ligeras, que contribuyen a mejorar la eficiencia estructural y minimizar los desplazamientos laterales durante eventos sísmicos. Además, se prioriza el uso del acero estructural debido a su resistencia, ductilidad y ligereza, propiedades fundamentales para enfrentar las fuerzas sísmicas de manera efectiva. El proyecto no solo se ajusta a los requisitos normativos, sino que también promueve un desarrollo urbano sostenible mediante la adopción de estrategias de eficiencia energética y construcción responsable. Asimismo, se propone como un modelo replicable en otras regiones con condiciones sísmicas similares, sirviendo como referencia técnica para el

diseño de estructuras resilientes y funcionales. El alcance del diseño trasciende la seguridad estructural, generando beneficios económicos y sociales al ofrecer espacios comerciales adaptables y seguros que responden a las necesidades locales. De esta forma, se contribuye al fortalecimiento de la resiliencia urbana frente a desastres naturales, creando un entorno más seguro y eficiente para la comunidad.

ABSTRACT

The present project focuses on the structural design of a seismic-resistant warehouse intended for commercial use, located in the canton of Daule, in the province of Guayas. This area, characterized by high seismic activity due to its proximity to active tectonic faults, requires infrastructure capable of withstanding seismic events, ensuring both the safety of its occupants and the protection of stored goods. The project aims to create safe, functional, and sustainable commercial spaces aligned with the urban and demographic growth of the region. The warehouse design is based on a comprehensive analysis that includes the study of geotechnical and climatic conditions of the site, structural sizing using steel profiles, and advanced tools such as Robot Structural Analysis software. This approach allows for precise modeling and analysis of the structure's behavior under various loads, including seismic, wind, and permanent forces, ensuring compliance with the specifications outlined in the Ecuadorian Construction Standard (NEC-15). Key elements of the proposal include foundations tailored to the soil conditions, energy dissipation systems, bracing, and lightweight metallic roofs, which enhance structural efficiency and minimize lateral displacements during seismic events. Additionally, structural steel is prioritized for its strength, ductility, and lightness—essential properties for effectively resisting seismic forces. The project not only adheres to regulatory requirements but also promotes sustainable urban development by incorporating energy efficiency strategies and responsible construction practices. Moreover, it is proposed as a replicable model for other regions with similar seismic conditions, serving as a technical reference for the design of resilient and functional structures. The scope of the design extends beyond structural safety, providing economic and social benefits by offering adaptable and secure commercial spaces that meet local

needs. In this way, the project contributes to strengthening urban resilience against natural disasters, creating a safer and more efficient environment for the community

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradecemos a nuestras familias, quienes con su amor, paciencia y apoyo incondicional nos motivaron a seguir adelante en los momentos más desafiantes.

También extendemos nuestro agradecimiento a nuestros amigos de universidad, Jordán Larrea, Melanie Aguilar, Jesús Pinos, Daniel Barros. quienes desde tercer semestre se convirtieron en parte fundamental de este proceso. Gracias por hacer el camino más llevadero con su compañía, los momentos inolvidables que compartimos, que con sus palabras de aliento y colaboración enriquecieron este proceso.

A nuestro tutor, Fabián Macas Jaramillo y nuestro gran ejemplo, el Ing. Leonardo Echeverría Fabre, gracias por sus valiosas guías, dedicación y enseñanzas, que fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Finalmente, reconocemos el esfuerzo y compromiso mutuo, que nos permitió trabajar en equipo y superar los retos de este proyecto académico, fortaleciendo no solo nuestro conocimiento, sino también nuestra capacidad de trabajar juntos hacia un objetivo común.

Anderson Joel Salas Mancilla y Merly Jaritza Carreño Peñafiel.

Dedicatoria

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han sido fundamentales en la realización de esta tesis y en mi camino académico.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por su amor y comprensión durante todo este proceso. Su presencia y palabras siempre fueron una fuente de fortaleza, y tu fe en mí me impulsó a seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi pareja, por su incondicional apoyo, paciencia y por estar a mi lado en cada paso de este proceso. Gracias por brindarme tus sabios consejos y por motivarme a no rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos de la universidad, por ser parte de esta aventura. Por los momentos de risas, por los estudios compartidos y por hacer de cada día una experiencia inolvidable. Gracias por estar siempre presentes en los momentos más difíciles y por celebrar juntos los logros.

A los profesores y tutores, por compartir su vasto conocimiento y por su paciencia a lo largo de todo este proceso. Gracias por inspirarme a crecer como persona y como profesional, por cada consejo y por cada momento de orientación que me permitió mejorar y avanzar.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Sin su apoyo, esta tesis no habría sido posible.

Anderson Joel Salas Mancilla

Dedicatoria

Quisiera dedicar este espacio para expresar mi más profundo agradecimiento a quienes hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación, ante todo, a Dios, quien me ha dado fuerza, sabiduría y la oportunidad de alcanzar este momento tan significativo en mi vida.

Agradecerle a mi familia, por su amor incondicional y su constante guía en cada paso de mi camino, por creer siempre en mí y por estar presentes en los momentos más difíciles. A mi tío, Javier Carreño, quien ya no está entre nosotros, pero cuyo amor y ejemplo siguen presente en mi corazón. Este trabajo es un homenaje a su memoria, a su sabiduría y a todo lo que dejó en mí.

También para esa persona que estuvo a mi lado en este proceso, brindándome su apoyo y comprensión, sin importar las dificultades. Su presencia fue crucial en cada etapa de este proceso, y sin él, no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

A mi fiel compañera Sky, que siempre estuvo a mi lado en las largas noches de estudio, por esa presencia tranquila, por ese amor silencioso que me acompañó sin pedir nada a cambio.

Por último, pero no menos importante a, Emily Avilés, quien ha estado desde las lágrimas hasta las risas, por ese apoyo incondicional que siempre me brindó, por entenderme sin necesidad de palabras y por darme fuerzas cuando más las necesitaba. Cada paso que he dado en este camino ha sido más fácil sabiendo que podía contar contigo.

Este logro es resultado de todas las enseñanzas que he recibido y del apoyo incondicional de las personas que me han acompañado. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Merly Jaritza Carreño Peñafiel.

ÍNDICE

RESÚMEN.....	5
ABSTRACT	7
1 CAPITULO I.....	25
1.1 Introducción	25
1.2 Justificación.....	29
1.3 Objetivos	30
1.3.1 Objetivo general.....	30
1.3.2 Objetivos específicos	30
2 CAPÍTULO II	31
2.1 Marco teórico referencial	31
2.2 Galpones.....	31
2.3 Elementos que componen un galpón.....	32
2.3.1 Columnas	32
2.3.2 Vigas	32
2.3.3 Correas.....	33
2.3.4 Pórticos	33
2.3.5 Nodos.....	33
2.3.6 Cubiertas.....	33

2.3.7	Cimentación.....	33
2.3.8	Muros.....	34
2.4	Acero estructural	34
2.5	Tipo de acero estructural.....	35
2.5.1	Acero al Carbono.....	36
2.5.2	Acero de Baja Aleación.....	36
2.5.3	Acero Inoxidable	36
2.5.4	Acero Corten.....	36
2.6	Perfiles de Acero Estructural Comunes	36
2.6.1	Perfiles Laminados	36
2.6.2	Perfiles Conformados en Frío.....	37
2.6.3	Perfiles Soldados	38
2.6.4	Perfiles Especiales	38
2.6.5	Placas	39
2.6.6	Tubos	39
2.6.7	Ángulos.....	40
2.7	Grafica Esfuerzo-Deformación	40
2.8	Área tributaria	41

2.9	Cimentación	41
2.10	Sismos.....	41
2.11	Componentes de un sismo	42
2.11.1	Foco o hipocentro	42
2.11.2	Epicentro.....	43
2.11.3	Fallas geológicas.....	43
2.12	Tipos de fallas geológicas.....	44
2.12.1	Fallas comunes.....	44
2.12.2	Fallas de compresión o inversas:	44
2.12.3	Fallas de deslizamiento o desgarre (fallas transformantes):	45
2.12.4	Fallas oblicuas:	45
2.13	Tipos de ondas	45
2.13.1	Ondas sísmicas.....	46
2.13.2	Ondas internas	46
2.13.3	Ondas superficiales.....	46
2.14	Diseño sismo resistente	47
2.15	Comportamiento Sísmico de las Estructuras Metálicas	48
2.16	Sistemas de Disipación de Energía.....	48

2.17	Cargas Sísmicas y Comportamiento Dinámico	50
2.18	Cargas en la estructura.....	51
2.18.1	Cargas Permanentes o Muertas (D)	51
2.18.2	Cargas Variables o Vivas (L)	52
2.19	Cargas Ambientales.....	52
2.19.1	Cargas de Viento.....	53
2.20	Cálculo de la presión del viento	54
2.21	Factor de forma C_f	56
2.22	Determinación simplificada de C_f	56
2.23	Coeficiente de forma C_f	57
2.24	Impacto del Viento en una estructura	58
2.24.1	Barlovento.....	58
2.24.2	Sotavento	59
2.25	Cargas sísmicas.....	60
2.25.1	Geología local.....	60
2.26	Cortante basal de diseño V	62
2.27	Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	64
2.28	DERIVA DE PISO	70

2.29	Zonas Sísmicas según la norma NEC-SE-DS	72
2.30	Combinaciones de Carga	74
2.31	Definición de cada carga	74
2.31.1	D (Carga Permanente)	74
2.31.2	E (Carga sísmica).....	75
2.31.3	L (carga viva):.....	75
2.31.4	S (Carga de granizo)	75
2.31.5	W (Carga de viento).....	75
2.32	Combinaciones básicas.....	75
2.33	Normativas.....	76
2.33.1	NEC-SE-CG	77
2.33.2	NEC-SE-AC	77
2.33.3	NEC-SE-DS	78
2.33.4	AISC 360	78
2.33.5	AISC 341	79
2.33.6	ASCE	79
2.33.7	AWS	79
3	CAPITULO III	80

3.1	Metodología	80
3.2	Inspección del sitio de trabajo	80
3.3	Pre dimensionamiento	80
3.4	Estudio de Suelo.....	82
3.4.1	SONDEO – 1	82
3.4.2	SONDEO – 2	83
3.5	Material para la cubierta.....	85
3.6	Diseño de la Cercha.....	87
3.7	Modelado de la Correa en Robot Structural.....	87
3.8	Análisis y Diseño Estructural en Robot Structural.....	87
3.9	Análisis de Momentos y Tensiones con Robot Structural	87
3.10	Cálculo de las correas	87
3.11	Información Técnica Requerida	88
3.12	Datos sísmicos	88
3.13	Datos geotécnicos.....	88
3.14	Datos geológicos.....	88
3.15	Datos de viento	89
3.16	Diseño del Componente Estructural	90

3.17	Predimensionamiento del galpón.....	90
3.18	Modelado y análisis en Robot Structural Analysis.....	90
4	CAPITULO IV.....	100
4.1	DESARROLLO	100
4.2	Datos de la estructura metálica.....	100
4.3	Cargas.....	100
4.4	Área colaborante (Ac):	101
4.5	Determinación de la carga:.....	102
4.6	Cálculo del momento flector (M):.....	102
4.7	Cargas de viento	102
4.8	Calculo de la presión del viento.....	103
4.9	Cortante basal.....	103
4.10	Periodo de vibración.....	103
4.11	Período de vibración.....	104
4.12	Período de vibración.....	104
4.13	Deriva de piso $\Delta M = 0,75 R \Delta E$	104
4.14	Cálculo de largueros	105
4.15	Carga distribuida.....	107

4.16	Momento (<i>Mu</i>).....	107
4.17	Longitud de pandeo plástico.....	108
4.18	Cálculo para celosía.....	109
4.19	Deformación máxima	110
4.20	Peso en la carga	110
4.21	Cálculo de correas	111
4.22	Relación de esbeltez en columnas	112
4.23	Longitud de pandeo lateral para elementos sometidos a compresión	113
4.24	Modelado en Robot Structural Analysis.....	114
4.25	Selección de las cargas muertas.....	115
4.26	Carga Uniforme	116
4.27	Cargas muertas	117
4.28	Momentos	120
4.29	Simulación con respecto a cargas de viento	120
4.29.1	Vista en eje YZ	122
4.29.2	Vista en eje XZ	123
4.30	Deformación en la estructura por cargas sísmicas.....	123
4.31	Tabla correspondiente a los largueros	126

4.32	Correas tipo “U”	128
4.33	Montantes	130
4.34	Angulo doble	132
4.35	Barras.....	134
4.36	Comparaciones de esfuerzos en los elementos de la estructura	136
4.37	Esfuerzos en los nudos	137
5	CAPITULO V	146
5.1	CONCLUSIONES	146
5.2	RECOMENDACIONES	147
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de un Galpón	32
Figura 2 Componentes de un Galpón.....	34
Figura 3 Perfiles Laminados	37
Figura 4 Perfiles Conformados en Frío.....	37
Figura 5 Perfiles Soldados	38
Figura 6 Perfiles Especiales	39
Figura 7 Curva de esfuerzo – deformación.....	40
Figura 8 Placas Tectónicas.....	42
Figura 9 Fallas Geológicas.....	44
Figura 10 Tipos de fallas geológicas.....	45
Figura 11 Tipos de Ondas	47
Figura 12 Contraventeo.....	49
Figura 13 Sistema de Contraventeo	50
Figura 14 Coeficiente de corrección σ	54
Figura 15 Impacto de viento en una estructura	59
Figura 16 El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a	65
Figura 17 Mapa Zona Sísmica de Ecuador	73
Figura 18 Pórticos	81
Figura 19 SONDEO 1 – 2	84
Figura 20 Predimensionamiento	90
Figura 21	91

Figura 22	Tipo de Acero y Hormigón.....	92
Figura 23	Normas de diseño	93
Figura 24	Combinaciones de cargas segun la norma.....	94
Figura 25	Dimensionamiento de la estructura	95
Figura 26	Medidas de la cotas.....	96
Figura 27	Celosía	97
Figura 28	Listones apoyados libremente	98
Figura 29	Cargas Permanentes y de explotación	99
Figura 30	Viga simplemente apoyada.....	102
Figura 31	Largueros	105
Figura 32	Tubo de acero estructural con forma cuadrada.....	106
Figura 33	Perfiles tipo U.....	109
Figura 34	Ángulo Doblado	111
Figura 35	Relación de esbeltez en columnas	112
Figura 36	Cargas D y L.....	114
Figura 37	Cargas Muertas	115
Figura 38	Carga Uniforme	116
Figura 39	Cargas muertas	117
Figura 40	Combinaciones	118
Figura 41	Diagrama en esfuerzo en Fx	118
Figura 42	Diagrama en esfuerzo en Fy	119
Figura 43	Diagrama en esfuerzo en Fy	119
Figura 44	Desplazamientos nodales.....	120

Figura 45 Momentos	120
Figura 46 Simulación de viento.....	120
Figura 47 Simulación en (X+)	121
Figura 48 Simulación en (X-)	122
Figura 49 Vista en eje YZ.....	122
Figura 50 Vista en eje XZ.....	123
Figura 51 Deformación en la estructura por cargas sísmicas.....	123
Figura 52 Espectral	124
Figura 53 Definición del Espectro	124
Figura 54 Resultado de la deformación	125
Figura 55 Esfuerzos en los nudos	137
Figura 56 Cargas - conversión	139
Figura 57 Parámetro del análisis carga (D).....	140
Figura 58 Parámetro del análisis carga (L)	140
Figura 59 Parámetro del análisis modal.....	141
Figura 60 Análisis espectral -NE	141
Figura 61 Definición del espectro.....	142
Figura 62 Direcciones	143
Figura 63 Análisis espectral - NE	143
Figura 64 Tipos de análisis	144
Figura 65 Cargas - conversión	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Determinación del factor de forma C_f	56
Tabla 2	Determinación simplificada del factor de forma C_f	57
Tabla 3	Coeficiente de forma C_f	58
Tabla 4	Clasificación de los perfiles de suelo	61
Tabla 5	Coeficiente I según el tipo y uso de edificaciones/ estructuras.....	63
Tabla 6	Valores de coeficiente de reducción de respuesta estructural R	64
Tabla 7	Tipo de estructura.....	67
Tabla 8	Tipo de suelo y factores de sitio F_a	68
Tabla 9	Tipo de suelo y factores de sitio F_d	69
Tabla 10	Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico de subsuelo F_s	69
Tabla 11	Valores de ΔM máximos expresados como fracción de altura de piso	71
Tabla 12	Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación	72
Tabla 13	Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	73
Tabla 14	Símbolos usados en las combinaciones de cargas.....	74
Tabla 15	Combinaciones Básicas.....	76
Tabla 16	Especificaciones Técnicas AR2000	86
Tabla 17	Cargas Uniformes.....	101
Tabla 18	Comparaciones de esfuerzos en los elementos	136

1 CAPITULO I

1.1 Introducción

El estudio que se presenta busca crear un edificio comercial que sea resistente a sismos en una región con considerable actividad sísmica, tal como ocurre en Daule, en la costa ecuatoriana. Esta área está expuesta a grandes riesgos sísmicos debido a su proximidad a zonas activas desde el punto de vista tectónico, por lo que resulta esencial implementar soluciones estructurales que aseguren tanto la seguridad de las infraestructuras comerciales como su funcionamiento después de un sismo.

Los galpones constituyen una pieza clave en el desarrollo económico, ya que ofrecen espacios versátiles y adaptables para actividades comerciales como almacenamiento, logística y distribución. Su diseño eficiente, rapidez constructiva y aprovechamiento del espacio los convierten en una alternativa idónea para el crecimiento urbano y comercial. En el contexto de Daule, la construcción de estas estructuras cobra relevancia debido al notable crecimiento económico y demográfico, que ha incrementado la demanda de espacios comerciales seguros y funcionales. (Vergara, 2020)

El diseño del galpón sismorresistente considera las características geotécnicas y sísmicas de la región. Para ello, se utilizan herramientas avanzadas como el software Robot Structural, que permite analizar detalladamente el comportamiento estructural bajo diversas condiciones sísmicas. El objetivo principal es garantizar que la estructura cumpla con los requisitos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) y desarrollar un modelo replicable en otras zonas con condiciones similares. (MECALUX , 2021)

Este diseño busca proporcionar un espacio comercial flexible y adaptable a las demandas del mercado local. Se prioriza la eficiencia estructural en cuanto a diseño, costos y seguridad. La utilización de perfiles de acero ofrece ventajas como ligereza y resistencia, mejorando la capacidad de la estructura para absorber energía durante un sismo. (CRISAFULLI, 2018)

También se consideran las cargas permanentes y accidentales, así como la durabilidad, mantenimiento y facilidad de montaje, aspectos fundamentales en áreas urbanas en expansión como Daule.

El enfoque sismorresistente se centra en asegurar que la estructura pueda soportar las fuerzas sísmicas sin comprometer su estabilidad ni la seguridad de los usuarios. Esto implica un análisis detallado del comportamiento dinámico de la estructura, evaluando las cargas sísmicas previstas. Las fuerzas sísmicas, predominantemente laterales, exigen un diseño que minimice los desplazamientos horizontales y torsiones excesivas, garantizando la integridad de la edificación. (JIMÉNEZ, 2022)

Una estrategia clave en el diseño sismorresistente de galpones comerciales es la implementación de sistemas de arriostramiento, que incluyen elementos adicionales para soportar fuerzas laterales durante un sismo. Estos sistemas, como diagonales de acero o refuerzos en columnas y vigas, distribuyen las cargas sísmicas de manera uniforme. Además, se presta especial atención a los cimientos, asegurándose de que puedan soportar las cargas transmitidas por la estructura y evitar asentamientos o desplazamientos que comprometan la estabilidad. (JIMÉNEZ, 2022)

En relación con las cubiertas, se evalúa su peso y comportamiento frente a movimientos sísmicos. Las cubiertas livianas, como las metálicas onduladas, se prefieren por su capacidad de

reducir las cargas verticales, mejorando la respuesta estructural ante eventos sísmicos. (Barbat, Oller, & Vielma, 2005) Además, se diseña un sistema de contraventeo para reforzar la estabilidad lateral y controlar los desplazamientos, cumpliendo con los límites establecidos en las normativas vigentes.

El cantón Daule ha experimentado una transformación significativa, pasando de ser una región predominantemente agrícola a un centro urbano en constante expansión. Este cambio ha generado la necesidad de infraestructuras modernas que satisfagan las demandas del comercio y la producción. En este contexto, los galpones metálicos destacan como una solución eficiente debido a su versatilidad y funcionalidad. El uso del acero como material principal ofrece una excelente relación resistencia-peso, facilidad de montaje y alta ductilidad, características esenciales para resistir fuerzas sísmicas. Además, la incorporación de cubiertas livianas y sistemas estructurales optimizados reduce las cargas sobre los cimientos, un factor crítico en suelos complejos.

La implementación de galpones sismorresistentes en Daule no solo satisface los requisitos legales y normativos, como la NEC-15, sino que también representa una estrategia integral para promover un desarrollo urbano sostenible. Este tipo de infraestructura fomenta un crecimiento ordenado y seguro, garantizando espacios funcionales para el comercio y fortaleciendo la resiliencia de la ciudad frente a desastres naturales. El impacto positivo de estas construcciones trasciende la seguridad estructural, mejorando la calidad de vida de la población y contribuyendo a la sostenibilidad del desarrollo local. (BLANCO, 2011)

El proyecto también se presenta como un modelo técnico para futuras aplicaciones en regiones con riesgos sísmicos similares, promoviendo soluciones innovadoras y resilientes frente

a los desafíos sísmicos. Mediante un análisis exhaustivo y un diseño estructural integral, se busca impulsar el uso de tecnologías modernas, sostenibles y efectivas en el ámbito de la ingeniería civil, apoyando el desarrollo urbano seguro y fortaleciendo la infraestructura comercial en el país.

El diseño de los galpones no solo prioriza la seguridad estructural, sino también la funcionalidad y sostenibilidad de la edificación. Elementos como la iluminación natural, la ventilación eficiente y un diseño interno adecuado mejoran las condiciones de uso, reducen los costos operativos y minimizan el impacto ambiental. Asimismo, se incorporan estrategias de eficiencia energética, como materiales aislantes y el aprovechamiento de la orientación para maximizar la ventilación cruzada. (Cancino, y otros, 2012)

Los galpones comerciales constituyen una solución arquitectónica fundamental para el fortalecimiento económico. Su diseño, que integra tecnologías innovadoras, seguridad estructural y sostenibilidad, los posiciona como elementos esenciales en la infraestructura moderna de la región. Este proyecto no solo busca impulsar el desarrollo económico, sino también establecer un referente en la construcción de espacios funcionales y resilientes frente a desafíos sísmicos, garantizando un entorno más seguro y estable para el comercio y la producción. Además, su implementación podría fomentar un cambio positivo en las prácticas constructivas locales, promoviendo una cultura de seguridad y sostenibilidad en la edificación. (Cancino, y otros, 2012)

1.2 Justificación

La construcción de un galpón no solo tiene como objetivo salvaguardar la seguridad frente a sismos, sino que también se dedica a desarrollar áreas comerciales que sean adaptables y versátiles. Ante la creciente necesidad de locales, ya sean temporales o permanentes, es fundamental contar con una infraestructura que posibilite la instalación eficaz de estructuras modulares, protegiendo tanto el terreno como las edificaciones vecinas. Un galpón diseñado bajo estos principios proporcionaría una alternativa económica y flexible, maximizando la utilización del espacio y permitiendo la movilidad y reutilización de los módulos comerciales. (MECALUX , 2021)

Además, este tipo de construcción impulsa un enfoque sostenible a largo plazo. Al evitar la necesidad de modificaciones estructurales permanentes, se reducen los costos de mantenimiento habituales en la infraestructura comercial tradicional. Esto contribuye al desarrollo urbano ordenado y resiliente en Daule, beneficiando el crecimiento económico de la ciudad y mejorando la calidad de vida de sus habitantes. Así, la construcción de un galpón sismo resistente no solo responde a las normativas de seguridad, sino que también se posiciona como una inversión estratégica para el futuro comercial y social de la ciudad, fomentando un entorno más seguro y próspero para la comunidad. (MECALUX , 2021)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un diseño estructural de un galpón sismorresistente para uso comercial ubicado en la ciudad de Daule, mediante un Software destinado al estudio de la estructura para analizar su comportamiento y garantizar el cumplimiento de la normativa ecuatoriana de construcción (NEC).

1.3.2 Objetivos específicos

Diseñar la estructural de un galpón metálico para suplir la demanda de zonas comerciales, considerando un diseño sismo resistente mediante el empleo de normativas pertinentes.

Evaluar el comportamiento estructural del galpón metálico bajo diferentes condiciones sísmicas utilizando el software de análisis estructural (Robot Structural Analysis), para validar el diseño propuesto.

Diseñar un galpón capaz de soportar las condiciones climáticas más externas y garantizar la protección de los bienes almacenados.

2 CAPÍTULO II

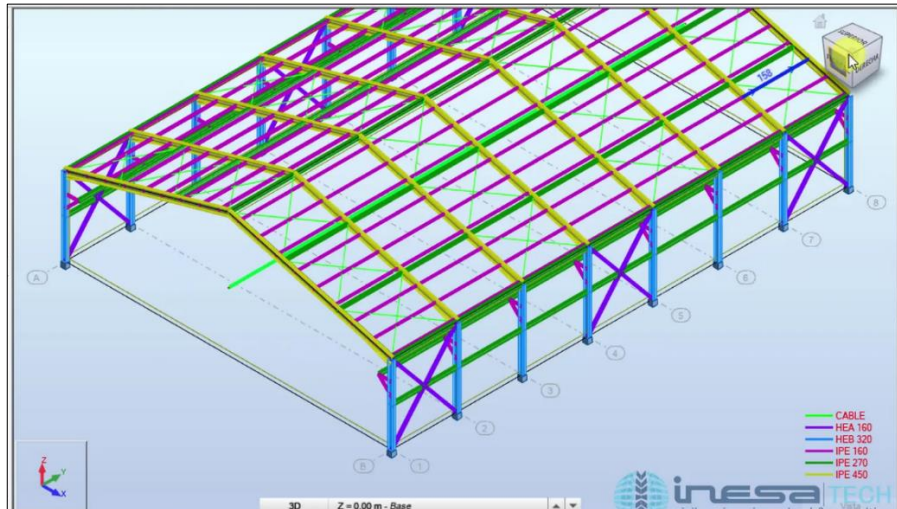
2.1 Marco teórico referencial

2.2 Galpones

Un galpón es una edificación cubierta que se puede utilizar para diversas finalidades. Su disposición de columnas permite amplios espacios sin obstáculos, lo que ofrece mayor flexibilidad en la distribución interna y un mejor aprovechamiento de las áreas útiles. Normalmente, estas estructuras son de un solo nivel y cuentan con pavimento y fachadas, las cuales pueden ser cerradas o no.

Los galpones son construcciones ampliamente utilizadas debido a su estructura y su funcionalidad para el almacenamiento de mercancías o equipos, especialmente en zonas rurales. Estas construcciones están diseñadas para resistir diversas sobrecargas, al igual que las estructuras pesadas, incluyendo movimientos sísmicos y fuertes cargas de viento. (AULA SEPROINCA, 2019)

Figura 1
Diseño de un Galpón



Nota. Elaborado por autores.

2.3 Elementos que componen un galpón

2.3.1 Columnas

Son los componentes verticales encargados de soportar el peso de la estructura y transmitir las cargas hacia el suelo. Habitualmente están hechas de acero o concreto. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

2.3.2 Vigas

Son elementos horizontales que descansan sobre las columnas y cargan el peso del techo y de otras partes de la estructura. Pueden estar fabricadas en acero, madera o concreto. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

2.3.3 Correas

Son elementos secundarios que se apoyan en las vigas y distribuyen las cargas del techo hacia las vigas principales. Son más pequeñas y livianas que las vigas. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

2.3.4 Pórticos

Son estructuras formadas por la combinación de columnas y vigas, que crean un marco resistente capaz de soportar cargas tanto verticales como horizontales. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

2.3.5 Nodos

Son los puntos de conexión entre diferentes elementos estructurales, como vigas, columnas y correas. Estos puntos son fundamentales para la estabilidad de la estructura. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

2.3.6 Cubiertas

Son los elementos que cubren la parte superior del galpón, protegiéndolo de las condiciones climáticas. Pueden ser de materiales como lámina metálica, fibrocemento o teja.

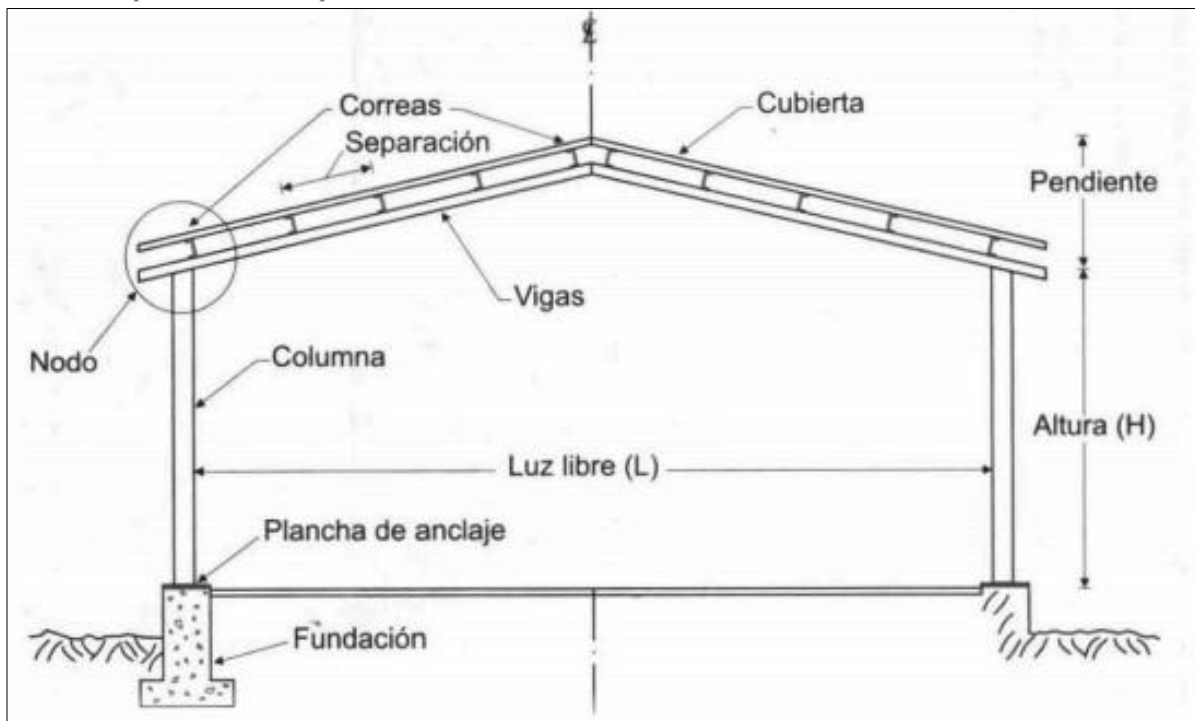
2.3.7 Cimentación

Es la parte inferior de la estructura encargada de transferir las cargas al suelo. Su diseño debe adaptarse al tipo de suelo y a las cargas que el galpón soportará. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

2.3.8 Muros

Son los elementos verticales que cierran los lados y el frente del galpón, proporcionando protección y aislamiento. Pueden ser construidos con materiales como bloque, ladrillo o paneles prefabricados. (FRAME ESTRUCTURAS, 2022)

Figura 2
Componentes de un Galpón



Nota. Tomado de Google.

2.4 Acero estructural

El acero estructural se presenta como un material esencial debido a sus excepcionales características mecánicas, que lo hacen ideal para enfrentar las demandas sísmicas de la zona. El acero, una aleación compuesta principalmente por hierro (con más del 98% de este elemento), posee propiedades influenciadas principalmente por el contenido de carbono.

Para la construcción de la estructura del galpón sismorresistente se utilizan perfiles laminados en frío, los cuales se obtienen a partir de láminas delgadas de acero de bajo contenido de carbono. Estos perfiles permiten la creación de secciones transversales personalizadas para cumplir con los requisitos específicos del diseño estructural. La flexibilidad de estos perfiles resulta crucial, ya que facilita la adaptación a diversas configuraciones comerciales dentro del galpón, sin comprometer la seguridad o funcionalidad de la estructura. Además, los perfiles laminados en frío son eficientes en cuanto a resistencia y capacidad para disipar la energía generada por un sismo, mejorando la respuesta sísmica del galpón. (TECNOLOGIAS M.T, 2022)

La incorporación de acero estructural en el diseño del galpón no solo asegura que se cumplan las normativas sísmicas, sino que también representa una opción rentable desde el punto de vista de los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo. La durabilidad del acero, su capacidad para absorber fuerzas sísmicas y la facilidad de mantenimiento hacen de este material la elección ideal para este tipo de edificaciones comerciales. Este enfoque contribuye al diseño de una estructura segura, resiliente y económicamente viable, favoreciendo un desarrollo urbano más sostenible y acorde con las necesidades comerciales de Daule. (MAGNACERO, 2023)

2.5 Tipo de acero estructural

En Ecuador, el acero estructural desempeña un rol esencial en la construcción debido a su resistencia y versatilidad. Los tipos más comunes son: (SERVICOR, 2024)

2.5.1 Acero al Carbono

Una alternativa económica compuesta por hierro y carbono, ampliamente utilizada en vigas, columnas y placas estructurales.

2.5.2 Acero de Baja Aleación

Enriquecido con elementos como níquel y cromo, ofrece mayor resistencia y durabilidad, siendo adecuado para la construcción de puentes y edificios altos.

2.5.3 Acero Inoxidable

Conocido por su alta resistencia a la corrosión gracias a su contenido de cromo, se emplea en fachadas y en industrias que demandan altos estándares de higiene.

2.5.4 Acero Corten

Identificado por su capa de óxido que lo protege de la corrosión y su apariencia rústica, es ideal para fachadas y estructuras expuestas a condiciones climáticas.

Estos tipos de acero se adaptan a las necesidades estructurales y de diseño del país.

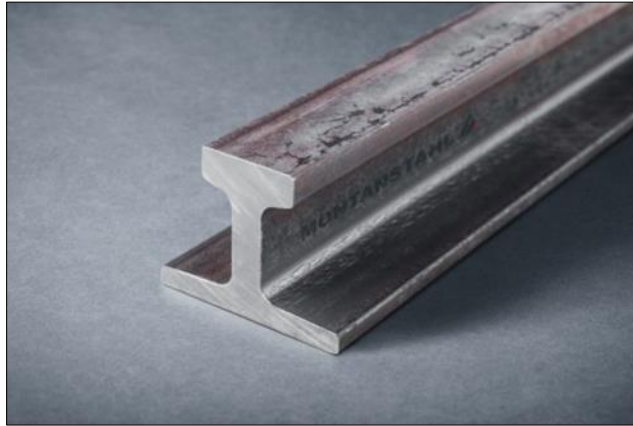
2.6 Perfiles de Acero Estructural Comunes

Son componentes alargados con una sección transversal constante, como vigas, columnas y pilares, entre otros. A su vez estos se clasifican según su forma: (GACEROSC, 2023)

2.6.1 Perfiles Laminados

Estos perfiles se fabrican mediante la deformación plástica de una pieza de acero a alta temperatura, pasándola por rodillos que le confieren la forma deseada.

Figura 3
Perfiles Laminados



Nota. Tomado de Google.

2.6.2 Perfiles Conformados en Frío

Se producen a partir de láminas de acero a temperatura ambiente, las cuales se someten a procesos como doblado, estirado y embutido para obtener la forma final.

Figura 4
Perfiles Conformados en Frío

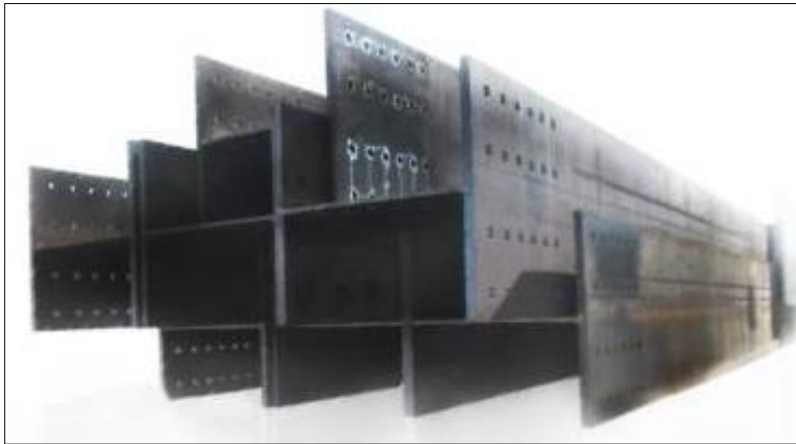


Nota. Tomado de Google.

2.6.3 Perfiles Soldados

Se obtienen al unir distintos elementos de acero, como láminas y placas, mediante el proceso de soldadura.

Figura 5
Perfiles Soldados



Nota. Tomado de Google.

2.6.4 Perfiles Especiales

Incluyen una variedad de perfiles con formas y características específicas, diseñados para cumplir con aplicaciones particulares. (GACEROSC, 2023)

Figura 6
Perfiles Especiales



Nota. Tomado de Google.

Son elementos alargados que tienen una sección transversal circular, como varillas, ejes, etc. Las barras se pueden clasificar según su diámetro en: barras lisas, barras corrugadas y barras especiales. (SERVEI ESTACIO, 2024)

2.6.5 Placas

Son elementos planos que tienen un espesor uniforme, como losas, muros, etc. Las placas se pueden clasificar según su espesor en: placas finas, placas gruesas y placas especiales.

2.6.6 Tubos

Son elementos huecos que tienen una sección transversal circular, como conductos, cañerías, etc. Los tubos se pueden clasificar según su diámetro en: tubos sin costura, tubos con costura y tubos especiales. (SERVEI ESTACIO, 2024)

2.6.7 Ángulos

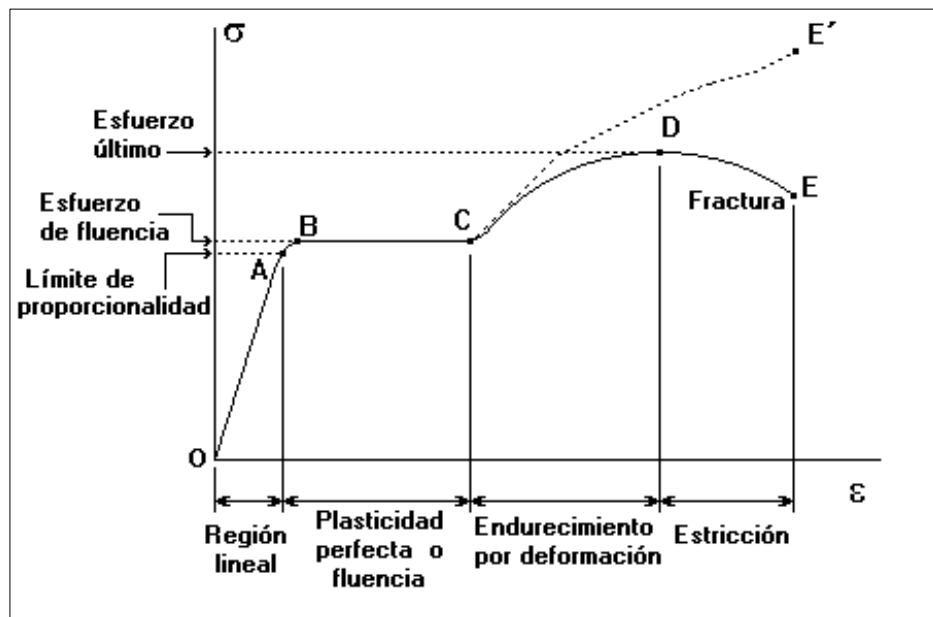
Son elementos planos que tienen dos lados perpendiculares, como escuadras, refuerzos, etc. Los ángulos se pueden clasificar según su forma en: ángulos iguales, ángulos desiguales y ángulos especiales. (SERVEI ESTACIO, 2024)

2.7 Grafica Esfuerzo-Deformación

Es una representación visual que ilustra la relación entre el esfuerzo aplicado a un material y la deformación que este experimenta. En el eje horizontal (abscisas) se muestra la deformación, mientras que en el eje vertical (ordenadas) se indica el esfuerzo. (HERADIA, 2019)

Figura 7

Curva de esfuerzo – deformación



Nota. Tomada de Google.

2.8 Área tributaria

El área tributaria es la cantidad de área que contribuye a la carga que una viga o columna debe soportar, pueden tener diferentes formas, dependiendo de cómo se soporte la losa, esto se hace con el objetivo de conocer el peso total de las mismas, tomando en cuenta la relación que existe entre el lado largo (L) y el lado corto (B) de la losa. (SkyCiv Engineering, 2023)

2.9 Cimentación

Toda edificación requiere de una cimentación, que constituye el elemento estructural encargado de transferir las cargas de la construcción al suelo. La selección del tipo de cimentación depende de múltiples factores, como las características del terreno donde se asentará la estructura, las cargas propias de la edificación, y las cargas adicionales que puedan generarse debido a las condiciones climáticas o la ubicación geográfica, entre otros aspectos. (Vicente, 2017)

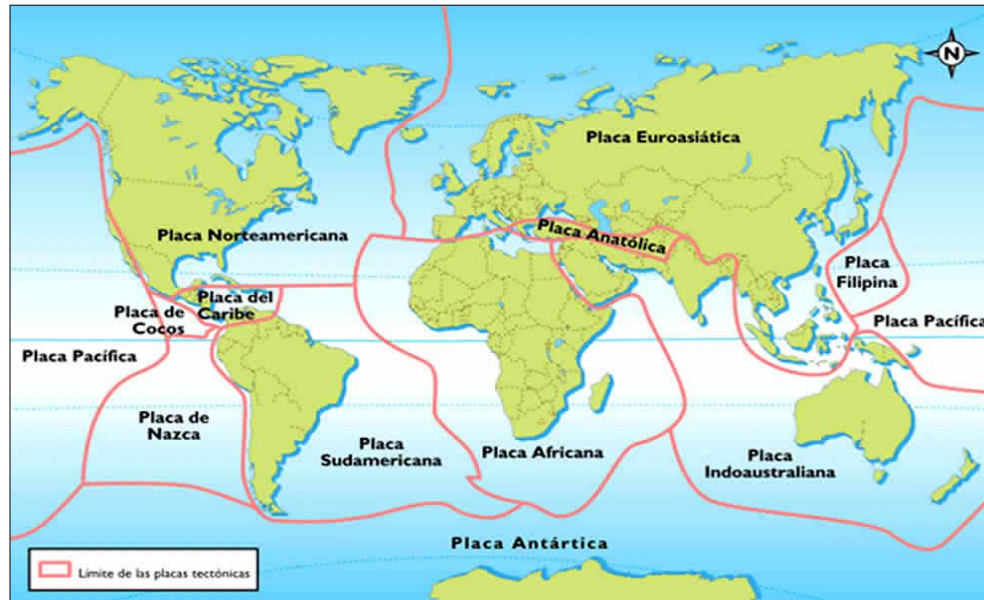
2.10 Sismos

Los sísmico, también conocido como terremoto o movimiento telúrico, es un evento natural generado por la liberación de energía almacenada en el subsuelo, en forma de ondas sísmicas que se propagan hacia el exterior.

Se producen en la litosfera la cual es una capa de la tierra que está formada por rocas que se agrupan en grandes bloques llamados placas tectónicas se encuentra a una profundidad de 150km en zonas oceánicas y 250km en zonas continentales y tiene un espesor que llega hasta los 100km, esta al entrar en contacto, hace que se generen fuerzas de fricción que dificultan su desplazamiento. Cuando estas fuerzas superan la resistencia de las rocas, se produce una ruptura brusca y la liberación instantánea de la energía acumulada.

Existen dos tipos de placas tectónicas, que son 14 principales y 46 secundarias las cuales se encuentran divididas según su tamaño siendo las principales de mayor tamaño. (Etecé, 2023)

Figura 8
Placas Tectónicas



Nota. Tomada de Google.

2.11 Componentes de un sismo

2.11.1 Foco o hipocentro

El foco o hipocentro es el punto dentro de la Tierra donde se origina un terremoto, es decir, el sitio donde ocurre la liberación de energía. Suele encontrarse a profundidades que van desde unos pocos kilómetros hasta varios cientos de kilómetros bajo la corteza terrestre.

2.11.2 Epicentro

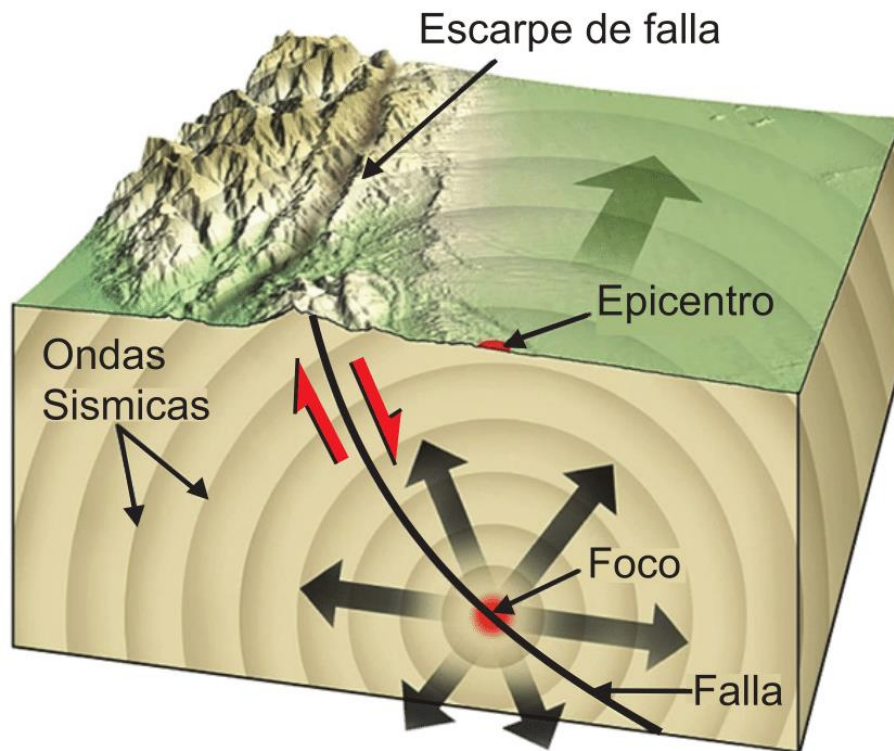
Es el lugar en la superficie terrestre que se encuentra directamente sobre el foco del sismo. Es la zona donde los impactos del terremoto suelen ser más intensos y, por lo general, es el área que aparece con mayor frecuencia en los reportes sobre la magnitud del temblor.

2.11.3 Fallas geológicas

Las fallas geológicas son fisuras o grietas en la corteza terrestre donde las rocas se desplazan de un lado a otro. Este fenómeno se origina debido a las tensiones internas en la corteza.

En las áreas donde se encuentran fallas, es común que se produzcan movimientos sísmicos, ya que la presión de las placas tectónicas hace que los bloques de roca se muevan al oponerse al desplazamiento. La energía se va acumulando en esa zona y, cuando uno de los bloques de roca cede, se libera, originando las ondas sísmicas que percibimos en la superficie. (López, 2023)

Figura 9
Fallas Geológicas



Nota. Tomada de Google.

2.12 Tipos de fallas geológicas

2.12.1 Fallas comunes

Son aquellas en las que el bloque superior se mueve hacia abajo respecto al bloque inferior, a causa de tensiones de extensión o alargamiento en la corteza terrestre. (Ingeoexpert, 2022)

2.12.2 Fallas de compresión o inversas:

En este tipo de fallas, el bloque superior se desplaza hacia arriba en comparación con el bloque inferior, debido a las fuerzas de compresión que comprimen la corteza terrestre.

2.12.3 Fallas de deslizamiento o desgarre (fallas transformantes):

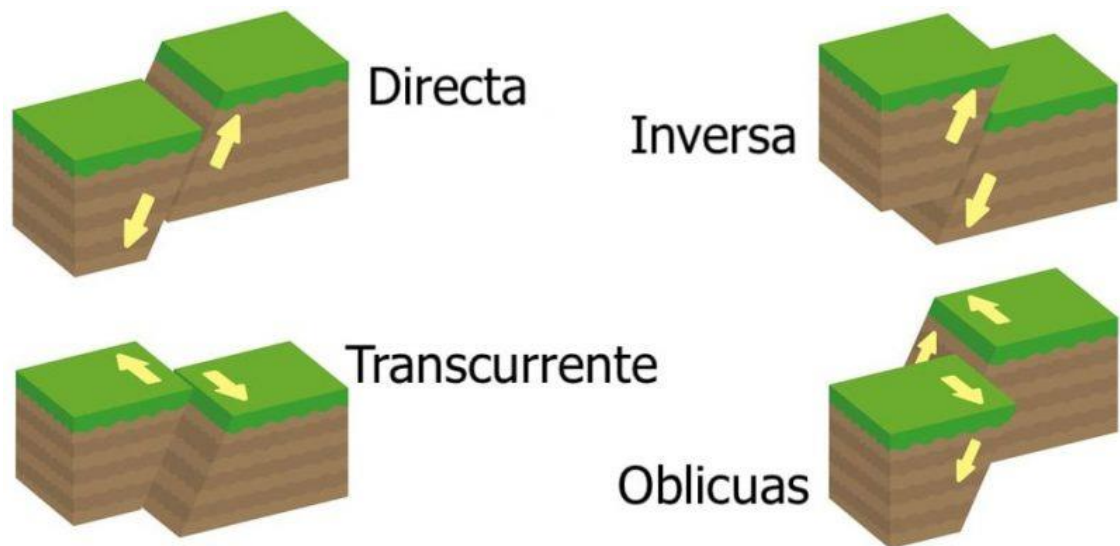
Ocurren cuando los bloques de roca se mueven lateralmente, comúnmente a lo largo de las zonas de contacto entre las placas tectónicas, como resultado de fuerzas de cizallamiento.

2.12.4 Fallas oblicuas:

En este tipo de fallas, el desplazamiento de las rocas se da de manera combinada, tanto vertical como lateral, debido a la acción simultánea de fuerzas de compresión y cizallamiento.

Figura 10

Tipos de fallas geológicas



Nota. Tomada de Google.

2.13 Tipos de ondas

Se pueden clasificar en ondas internas y ondas de superficiales, dentro de las internas tenemos dos que son las ondas primarias (P) y ondas secundarias (S), y en las superficiales tenemos onda Love (L) y ondas Rayleigh (R) en honor a los científicos que demostraron teóricamente su existencia. (Rojas, 2019)

2.13.1 Ondas sísmicas

Al producirse un movimiento telúrico la energía liberada crea oscilaciones que se propagan desde una fuente denominada foco o hipocentro a través de la tierra, tanto como en su interior como por su superficie, la proyección del foco sobre la superficie se denomina epicentro

2.13.2 Ondas internas

2.13.2.1 Ondas P

Son ondas que se propagan a mayor velocidad por lo que a cualquier distancia del foco son registrada primero por esta razón se la denomina Onda primaria, una de la principal característica de esta onda es que alterna la compresión y expansión de la roca haciendo que viaje en la misma dirección en la que se desplaza.

Además, las ondas "P" pueden transmitirse a través de la atmósfera, por lo que en ocasiones son percibidas por personas y animales como un sonido grave y profundo.

2.13.2.2 Ondas S

Son ondas que se propagan a una menor velocidad, esta se desplaza en una dirección perpendicular lo que hace agitar el suelo tanto como vertical y horizontalmente, este tipo de onda es la principal responsable a los daños de las estructuras.

2.13.3 Ondas superficiales

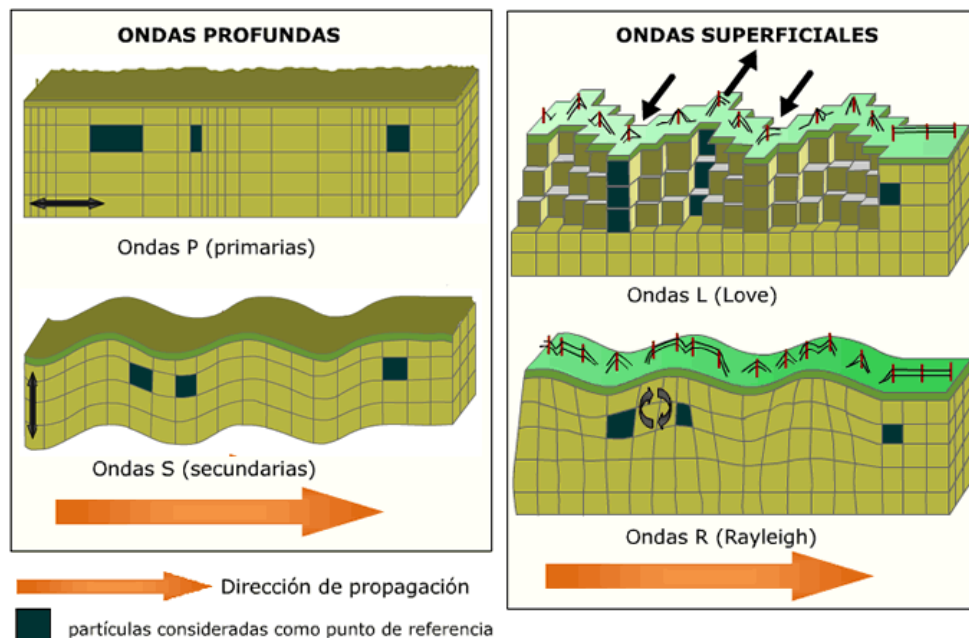
2.13.3.1 Ondas Love

Su movimiento es similar al de las ondas S, pero se propaga a lo largo de la superficie terrestre. Se distinguen por un movimiento lateral, donde las partículas del suelo se desplazan horizontalmente y de manera perpendicular a la dirección en la que viaja la onda.

2.13.3.2 Ondas Rayleigh

Se distinguen por un movimiento elíptico, en el que las partículas del suelo siguen trayectorias circulares, tanto en la dirección de propagación como en la vertical. Este tipo de onda genera un movimiento ondulante en la superficie, similar al de las olas del mar. (Rojas, 2019)

Figura 11
Tipos de Ondas



Nota. Tomada de Google.

2.14 Diseño sismo resistente

El diseño sismo resistente es una disciplina de la ingeniería estructural que busca construcciones capaces de resistir las consecuencias de un sismo. Su meta principal es salvaguardar la vida humana y reducir los perjuicios materiales durante un sismo.

Los sismos son fenómenos naturales inciertos que pueden provocar una devastación significativa en zonas urbanas. Es fundamental implementar un diseño sismo resistente adecuado para preservar vidas y minimizar las pérdidas estructurales, lo que promueve una recuperación más ágil después de un terremoto. (ALCIVAR, 2015)

2.15 Comportamiento Sísmico de las Estructuras Metálicas

Las estructuras metálicas han demostrado un excelente comportamiento ante cargas dinámicas, como las generadas por un sismo, gracias a sus propiedades inherentes de resistencia y ductilidad. La capacidad de los materiales metálicos, especialmente el acero, para resistir cargas cíclicas y deformarse sin sufrir fallas catastróficas es esencial en zonas sísmicamente activas como Daule. El acero tiene una alta resistencia combinada con una notable ductilidad, lo que le permite absorber energía sin que se produzcan fracturas, factor crucial para mantener la estabilidad de la estructura durante un terremoto. (VIELMA, 2017)

El comportamiento sísmico de una estructura metálica no solo depende de los materiales utilizados, sino también del diseño estructural. Las cargas sísmicas afectan la estructura de manera dinámica, generando fuerzas horizontales y verticales que deben ser adecuadamente disipadas. En este sentido, el diseño debe considerar las normativas sísmicas que definen los parámetros de seguridad, como las **Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC)**, que especifican los criterios para el análisis y dimensionamiento de las estructuras en zonas de alta actividad sísmica. (VIELMA, 2017)

2.16 Sistemas de Disipación de Energía

El diseño de un galpón metálico sismorresistente debe incorporar sistemas eficaces para disipar la energía sísmica, con el fin de reducir los efectos negativos de un terremoto. Estos

sistemas actúan absorbiendo y diseminando la energía sísmica antes de que se transfiera a la estructura, lo que disminuye las fuerzas internas que afectan a la misma. (Castro & Sarmiento, 2009)

Los contraventeo son componentes estructurales que refuerzan la rigidez de la estructura, distribuyen las cargas generadas por distintos tipos de fuerzas y las transmiten hacia la cimentación.

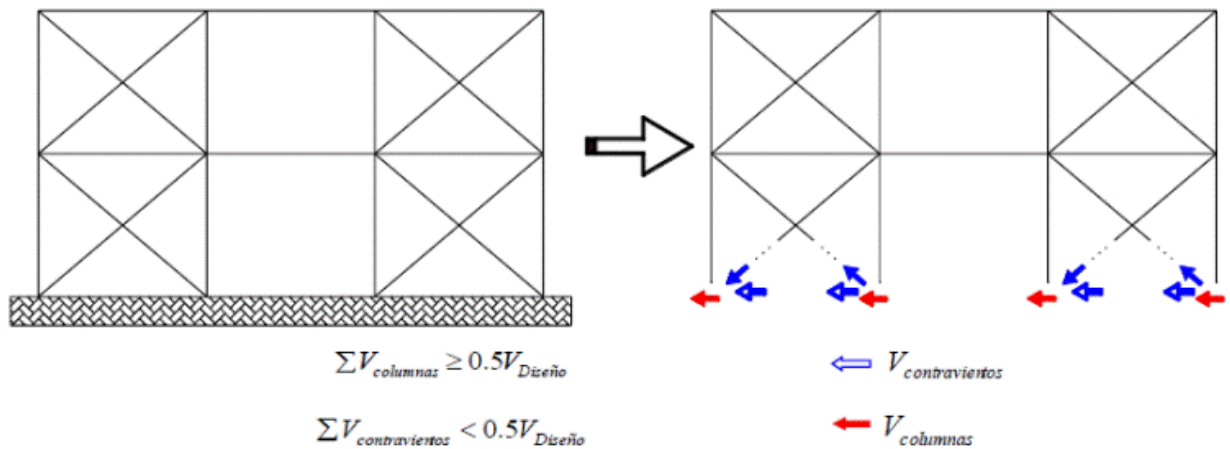
Figura 12
Contraventeo



Nota. Tomada de Google.

El contraventeo es uno de los elementos clave en este tipo de diseños, ya que, mediante barras diagonales, proporciona estabilidad lateral al evitar desplazamientos excesivos durante un sismo. (CAHUM, 2021)

Figura 13
Sistema de Contraventeo



Nota. Tomada de Google.

Existen también otros sistemas de disipación de energía, como los amortiguadores sísmicos (también conocidos como aisladores sísmicos), que se instalan entre los elementos de la estructura para absorber el movimiento generado por el sismo. Estos sistemas permiten reducir el impacto de las fuerzas sísmicas y mejorar la comodidad y seguridad de las personas dentro de las edificaciones comerciales, contribuyendo a la resiliencia de la ciudad frente a eventos sísmicos. (CAHUM, 2021)

2.17 Cargas Sísmicas y Comportamiento Dinámico

Durante un sismo, las estructuras están sometidas a fuerzas horizontales provocadas por la oscilación del suelo, las cuales generan desplazamientos laterales que deben ser controlados para evitar el colapso de la edificación. Las fuerzas verticales, generadas por el movimiento del

terreno, también tienen un impacto en las estructuras, pero generalmente son menores en comparación con las horizontales. Es importante destacar que las estructuras metálicas presentan una gran capacidad para disipar energía durante los movimientos sísmicos, reduciendo los efectos de las fuerzas dinámicas y aumentando la seguridad del edificio. (Ferrera-Toujague, Candebat-Sánchez, & González-Díaz, 2018)

El análisis dinámico es un proceso fundamental en el diseño de estructuras metálicas sismorresistentes. Este tipo de análisis permite modelar el comportamiento de la estructura ante diferentes escenarios sísmicos, evaluando el periodo de vibración, las frecuencias naturales y la amplitud de las oscilaciones. En una estructura metálica, se busca que las frecuencias de resonancia del sistema no coincidan con las frecuencias naturales del sismo, evitando que se amplifiquen las oscilaciones y se genere un daño significativo. (Ferrera-Toujague, Candebat-Sánchez, & González-Díaz, 2018)

2.18 Cargas en la estructura

Una carga se refiere a una fuerza que una estructura o edificio debe ser capaz de soportar. Estas cargas generan tensiones y deformaciones en la estructura y, en la mayoría de los casos, se aplican de manera vertical o lateral.

Para el diseño y construcción de estructuras metálicas se deben considerar las diversas cargas a las que estarán sometidas a lo largo de su vida útil. (Gutiérrez, 2023)

A Continuación, se dará las cargas que se deben considerar para el análisis:

2.18.1 Cargas Permanentes o Muertas (D)

Las cargas muertas son las fuerzas o pesos constantes que impactan a una estructura y que se mantienen inalterables a través del tiempo. Esto abarca el peso de los componentes

constructivos como vigas, columnas, techos y suelos, además de los elementos fijos como las instalaciones (ductos, tuberías y similares). (Becerra, 2015)

Por lo general, estas cargas se determinan por pesos volumétricos, multiplicando el área de la superficie a utilizar. Entender las cargas muertas es esencial en la planificación estructural, pues asiste a los ingenieros en el cálculo de la resistencia y estabilidad de un edificio, garantizando que pueda resistir las cargas a las que se enfrentará durante su duración. Estas cargas se anticipan y se incluyen en las regulaciones de edificación para asegurar la protección de las estructuras. (Becerra, 2015)

2.18.2 Cargas Variables o Vivas (L)

Las cargas vivas en estructuras de metal aluden a los pesos o fuerzas que pueden fluctuar a lo largo del tiempo, tales como el peso de los individuos, los muebles, los dispositivos o cualquier otro peso móvil que pueda ser aplicable a la estructura. En contraste con las cargas muertas, que son inalterables y estables (como el peso de la estructura en sí), las cargas vivas son variables y se consideran para garantizar la seguridad y estabilidad del inmueble. (Becerra, 2015)

Estas cargas se determinan conforme a regulaciones específicas, teniendo en cuenta elementos como la ocupación y el uso previsto del espacio.

2.19 Cargas Ambientales

Las fuerzas generadas por el movimiento del aire en construcciones metálicas se conocen como cargas de viento. Estas fuerzas difieren dependiendo de la rapidez del viento, la forma de la estructura y su localización. Es vital considerar estas cargas al diseñar y examinar las

estructuras, pues esto asegura su estabilidad y protección frente a eventuales daños o desplomes provocados por sucesos de viento. (Becerra, 2015)

2.19.1 Cargas de Viento

Según la NEC-SE-CG sobre cargas de viento

1. La velocidad máxima instantánea del viento, considerada para el diseño hasta una altura de 10 metros, deberá ser la correspondiente a la velocidad máxima de la zona donde se ubica la edificación, sin ser inferior a 28 m/s (100 km/h).
2. La velocidad máxima instantánea del viento se ajustará mediante un coeficiente de corrección σ , el cual varía según la altura y las características topográficas y/o de edificación del entorno (nivel de exposición al viento).

$$V_b = V * \sigma$$

v_b Velocidad corregida del viento en m/s;

V Velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno

σ Coeficiente de corrección

Las características topográficas se reparten en 3 categorías:

1. Categoría A (sin obstrucción)

Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

2. Categoría B (obstrucción baja)

Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.

3. Categoría C (zona edificada)

Zonas urbanas con edificios de altura.

Figura 14

Coeficiente de corrección σ

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - CG

2.20 Cálculo de la presión del viento

Se asume que la fuerza del viento ejerce una presión sobre los elementos de la fachada.

Para calcular la resistencia de dichos elementos frente al empuje del viento, se define una presión de cálculo P , cuyo valor se determinará utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

Donde:

- P = Presión de cálculo expresada en Pa (N/m²).
- ρ = Densidad del aire expresada en kg/m³ (En general, se puede adoptar 1.25 kg/m³).
- V_b = Velocidad básica del viento en m/s.
- C_e = Coeficiente de entorno/altura.
- C_f = Coeficiente de forma

2.21 Factor de forma C_f

Se determinará C_f de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 1

Determinación del factor de forma C_f

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - CG

2.22 Determinación simplificada de C_f

Para contener en forma sencilla todas las posibilidades, se podrá utilizar los siguientes valores para determinar el coeficiente C_f :

Tabla 2*Determinación simplificada del factor de forma C_f*

Construcción	Coefficiente C_f
Elementos situados en patios interiores, cuyo ancho es inferior a la altura del edificio y sin conexión con el espacio exterior por su parte inferior, así como ventanas interiores (en el caso de que se dispongan dobles ventanas)	0.3
Elementos en fachadas protegidas en edificios alineados en calles rectas, a una distancia de la esquina, mayor que la altura de la edificación, en bloques exentos en la parte central de una fachada, de longitud mayor que el doble de la altura o en patios abiertos a fachadas o patios de manzana	0.8
Elementos en fachadas expuestas en edificaciones aisladas o fachadas de longitud menor que el doble de la altura	1.3
Elementos en fachadas muy expuestas, situados al borde de la orilla de lagos o del mar, próximos a escarpaduras, laderas de fuerte inclinación, desfiladeros, y otros	1.5

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - CG**2.23 Coeficiente de forma C_f**

La tabla de Coeficiente de forma se obtuvo de la norma ASCI - 317

Tabla 3
Coeficiente de forma C_f

**Table 26.10-1 Velocity Pressure Exposure Coefficients,
 K_h and K_z**

Height above Ground Level, z		Exposure		
ft	m	B	C	D
0–15	0–4.6	0.57 (0.70) ^a	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70) ^a	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70) ^a	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18.0	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55
180	54.9	1.17	1.43	1.58
200	61.0	1.20	1.46	1.61
250	76.2	1.28	1.53	1.68
300	91.4	1.35	1.59	1.73
350	106.7	1.41	1.64	1.78
400	121.9	1.47	1.69	1.82
450	137.2	1.52	1.73	1.86
500	152.4	1.56	1.77	1.89

^aUse 0.70 in Chapter 28, Exposure B, when $z < 30$ ft (9.1 m).

Notes

Nota. Tomada de la norma ASCE - 317

2.24 Impacto del Viento en una estructura

2.24.1 Barlovento

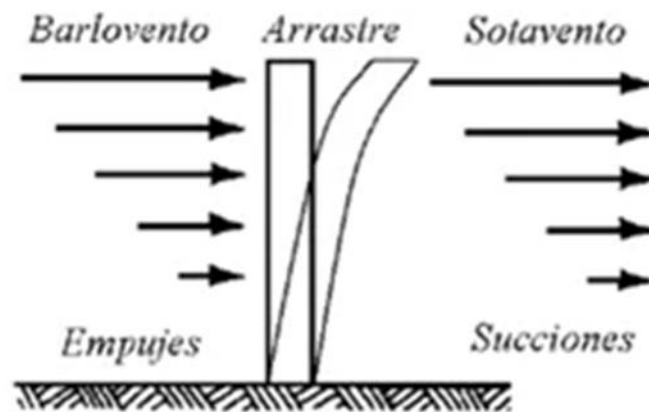
Se refiere al lado o dirección de donde sopla el viento en un lugar determinado. En contextos como la navegación y la meteorología, identifica la región que recibe de forma directa la acción del viento. En el diseño de galpones sismorresistentes, las cargas de viento originadas desde el lado de barlovento generan presiones que impactan principalmente las fachadas frontales y las cubiertas de la estructura. (Nautical Channel, 2023)

2.24.2 Sotavento

Es el lado opuesto al barlovento, caracterizado por estar protegido del viento o ser la zona a la que este llega tras superar un obstáculo, como una montaña o una edificación. En una edificación como un galpón, el lado de sotavento experimenta una presión de succión generada por la alteración del flujo de aire debido a la presencia de la estructura o de un obstáculo cercano. Esta succión puede inducir fuerzas que afectan la estabilidad de la estructura, especialmente en cubiertas livianas, las cuales son particularmente sensibles a los cambios en la presión del viento. Aunque el sotavento se encuentra protegido del viento directo, puede experimentar efectos aerodinámicos significativos que deben ser considerados cuidadosamente en el diseño estructural para garantizar la integridad y seguridad de la edificación. (Nautical Channel, 2023)

Figura 15

Impacto de viento en una estructura



Nota. Tomada de Google.

2.25 Cargas sísmicas

Las cargas sísmicas son generadas por las ondas sísmicas que se propagan a través del suelo, y su intensidad varía según la ubicación y la zona donde se construya la estructura. En el caso de edificaciones de poca altura con formas simétricas y regulares, existen diversas fórmulas que permiten convertir las aceleraciones sísmicas en fuerzas estáticas, las cuales dependen de factores como la distribución de la masa de la estructura, su comportamiento reológico, rigidez, posición, entre otros. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Para ello, se utilizan las curvas de peligro sísmico de la zona, así como el análisis del comportamiento y tipo de suelo, lo que lleva a considerar el "efecto de latigazo", tal como lo mencionan diversos autores. Dentro de las cargas sísmicas, se aplican coeficientes, factores y fórmulas, como se detallan en los apartados siguientes, para asegurar un diseño sísmico adecuado según la normativa ecuatoriana. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

2.25.1 Geología local

En el diseño sísmico, la normativa ecuatoriana clasifica los tipos de suelo en seis categorías. Los primeros cinco tipos corresponden a una profundidad superior a 30 metros. En caso de que exista un estrato claramente diferenciable, este debe subdividirse utilizando un subíndice i. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Se definen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan

Tabla 4
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$ $100 \text{ KPa} > S_u \geq 50 \text{ KPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ KPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Nota. Tomada de la normativa NEC-SE-DS

2.26 Cortante basal de diseño V

El cortante basal es la suma de todas las fuerzas laterales totales consideradas en el diseño sísmico, y se calcula utilizando la siguiente ecuación. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO, 2014)

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E}$$

Dónde

- $S_a(T_a)$ = Espectro de diseño en aceleración; véase en la sección.
- ϕ_P y ϕ_E = Coeficientes de configuración en planta y elevación; véase en la sección.
- I = Coeficiente de importancia; se determina en la sección.
- R = Factor de reducción de resistencia sísmica; véase en la sección.
- V = Cortante basal total de diseño
- W = Carga sísmica reactiva; véase en la sección.
- T_a = Período de vibración; véase en la sección.

El coeficiente de importancia I actúa como un factor que incrementa la demanda sísmica de diseño según el tipo de estructura. Este valor varía en función del uso, propósito o relevancia de la edificación, garantizando que ciertas estructuras permanezcan operativas tras un evento sísmico. Se presenta una tabla que clasifica las edificaciones y estructuras según estos criterios.

Tabla 5*Coeficiente I según el tipo y uso de edificaciones/ estructuras*

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente 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. 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.	1.5
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	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1

Nota. Tomada de la normativa NEC-SE-DS

El factor de reducción de resistencia sísmica R puede aplicarse cuando el diseño estructural asegura una resistencia y ductilidad adecuadas, cumpliendo con las disposiciones de diseño y la normativa vigente. Se presenta una tabla con los valores correspondientes para cada caso. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Tabla 6*Valores de coeficiente de reducción de respuesta estructural R*

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R	
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas presurizadas, soportados mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados.	2
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación	3.5
Estructuras tipo cantiléver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes	3
Naves industriales con perfiles de acero	3
Torres en armadura (auto-portantes o atirantadas)	3
Estructuras en forma de péndulo invertido 2	2
Torres de enfriamiento	3.5
Depósitos elevados soportados por una pila o por apoyos no arriostrados 3	3
Letreros y carteleras	3.5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	2
Otras estructuras no descritas en este documento	2

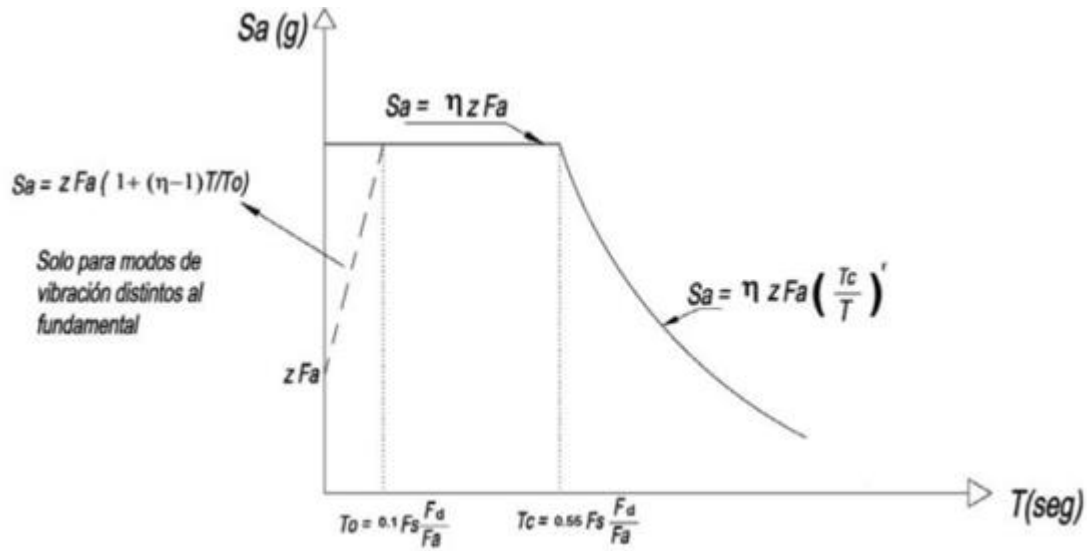
Nota. Tomada de la normativa NEC-SE-DS

2.27 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de respuesta elástico S_a es utilizado para evaluar el comportamiento sísmico de una estructura en función de sus periodos de vibración. Este depende, además, del tipo de perfil de suelo mencionado previamente y del factor Z, cuya descripción detallada se presenta en el siguiente apartado. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Figura 16

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a



Nota. Tomada de Google.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a se expresa como una fracción de la aceleración gravitacional, presentándose los valores correspondientes para cada caso:

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

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

Dónde:

- η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- 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.

$r = 1.5$ para tipo de suelo E.

- S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones.
- T = Período fundamental de vibración de la estructura.
- 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 normativa, el valor de η varía según la región del Ecuador, adaptando los siguientes valores.

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

El periodo fundamental de vibración T es una herramienta clave para determinar el valor de S_a , proporcionando una estimación adecuada para calcular las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura y optimizar su diseño. Según la NEC 2015, T puede estimarse mediante dos métodos, siendo el método 1 el más práctico. En este caso, la ecuación para calcular T se expresa de la siguiente forma. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

Dónde:

- C_t = Coeficiente que depende del tipo de edificio
- h_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.
- T = Período de vibración

Para:

Tabla 7
Tipo de estructura

Tipo de estructura	C_t	α
<i>Estructuras de acero</i>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<i>Pórticos especiales de hormigón armado</i>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - DS

El período límite de vibración T_0 en el espectro sísmico de aceleraciones representa la duración característica del sismo y se define de la siguiente manera.

$$T_0 = 0,10 * F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Donde

- F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó.
- F_d = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.
- F_s = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos.

La siguiente tabla muestra los valores correspondientes de F_a , que actúa como un factor de amplificación de las ordenadas en el espectro de respuesta elástico.

Tabla 8

Tipo de suelo y factores de sitio F_a

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y Factor F_a					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.4	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.23	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.25	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Se clasificará según el tipo de perfil del suelo de la tabla 7.					

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - DS

La siguiente tabla muestra los valores correspondientes de F_d

Tabla 9

Tipo de suelo y factores de sitio F_d

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y Factor F_d					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.4	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
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	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Se clasificará según el tipo de perfil del suelo de la tabla 7.					

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - DS

De igual forma, se presenta la tabla de F_s , que incorpora el comportamiento no lineal de los suelos y la degradación del período del sitio, factores que dependen de la intensidad y el contenido de frecuencia de la excitación. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Tabla 10

Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico de subsuelo 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	0.4	≥ 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	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Se clasificará según el tipo de perfil del suelo de la tabla 7.					

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - DS

El período límite de vibración T_c en el espectro sísmico de aceleraciones, que representa el sismo de diseño, se define en la siguiente ecuación.

$$T_c = 0,55 F_s * \frac{F_s}{F_a}$$

Donde:

- F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- F_s = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo.
- T_c = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

2.28 DERIVA DE PISO

El desplazamiento lateral relativo de un piso, específicamente debido a la acción de una fuerza horizontal, se refiere a la diferencia en desplazamiento entre dos puntos situados en la misma línea vertical de la estructura, uno en el extremo superior y el otro en el extremo inferior del piso. Este desplazamiento se calcula restando el desplazamiento del extremo inferior del piso al del extremo superior. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Tabla 11

Valores de Δ_M máximos expresados como fracción de altura de piso

Tipo de Estructura	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - DS

El control de estas deformaciones se llevará a cabo mediante el cálculo de las derivas máximas de piso, donde la deriva máxima inelástica se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$\Delta_M = 0,75 R \Delta_E$$

Dónde:

- Δ_M = Deriva máxima inelástica
- Δ_E = Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas
- R = Factor de reducción de resistencia.

El factor de reducción R refleja la disminución de las fuerzas sísmicas para estructuras que ofrezcan suficiente resistencia y ductilidad. También, se presenta una tabla con los valores correspondientes para las diferentes tipologías de estructuras. (NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO , 2014)

Tabla 12

Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R	
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas presurizadas, soportados mediante comunas o soportes arriostrados o no arriostrados	2
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación	3.5
Estructuras tipo cantiléver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes	3
Naves industriales con perfiles de acero	3
Torres en armaduras (autoportantes o atirantadas)	3
Estructuras en forma de péndulo invertido	2
Torres de enfriamiento	3.5
Depósitos elevados soportados por una pila o apoyos no arriostrados	3
Letreros y carteles	3.5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	2
Otras estructuras no descritas en este documento	2

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE - DS

2.29 Zonas Sísmicas según la norma NEC-SE-DS

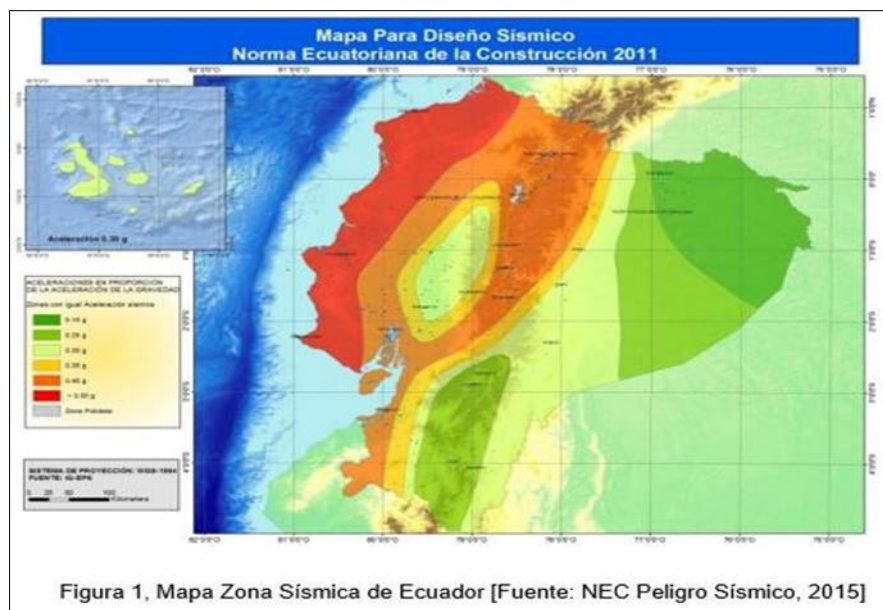
Según la norma (NEC-SE-DS), el Ecuador se puede dividir en seis zonas sísmicas, cada una con un valor de factor de zona (Z) específico.

Este elemento es crucial para determinar el nivel de riesgo sísmico de un área, para saber las exigencias sísmicas que debe soportar una estructura ubicada en esa región en específico.

Se puede determinar que, si el valor es mayor que Z , indica que existe una mayor actividad sísmica en esa zona, lo que resulta en mayores demandas al diseño de estructuras, por

lo tanto, si el valor es menor a Z indica una actividad sísmica menor, lo que significa que las demandas sísmicas en el diseño de las estructuras son menores. (ALCIVAR, 2015)

Figura 17
Mapa Zona Sísmica de Ecuador



Nota. Tomada de la normativa NEC - SE – DS

Tabla 13
Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE – DS

2.30 Combinaciones de Carga

Los siguientes símbolos son usados en las ecuaciones referentes a las combinaciones de carga que se deben tomar en cuenta: (Valencia E. D., MIDUVI, 2023)

Tabla 14
Símbolos usados en las combinaciones de cargas

Símbolo	Descripción
D	Carga permanente
E	Carga de sismo
L	Sobrecarga (carga viva)
L _r	Sobrecarga cubierta (carga viva)
S	Carga de granizo
W	Carga de viento

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015), Sección 3.4.1

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE – CG

2.31 Definición de cada carga

2.31.1 D (Carga Permanente)

Son cargas constantes, como el peso de materiales, acabados y elementos arquitectónicos (muros, columnas, losas), que permanecen sin cambios a lo largo del tiempo.

2.31.2 E (Carga sísmica)

Son las fuerzas horizontales y verticales provocadas por un terremoto, las cuales varían según la ubicación, el tipo de suelo y la rigidez de la estructura.

2.31.3 L (carga viva):

Son cargas variables, como el peso de personas, muebles y equipos, que dependen del uso específico de la estructura.

2.31.3.1 L_r (Sobrecarga en la cubierta)

Carga viva aplicada sobre las cubiertas, que incluye el peso de personas, equipos, nieve y cargas de impacto.

2.31.4 S (Carga de granizo)

Fuerza ejercida por el granizo al golpear una superficie, que depende del tamaño y la velocidad de las partículas, así como de la inclinación de la superficie.

2.31.5 W (Carga de viento)

Son las fuerzas horizontales y verticales originadas por el viento, que se ven influenciadas por la velocidad del viento, la altura, la forma de la estructura y la rugosidad del terreno. (Valencia E. D., MIDUVI, 2023)

2.32 Combinaciones básicas

Las estructuras, los componentes y las cimentaciones del galpón sismorresistente serán diseñados de manera que su resistencia de diseño sea capaz de igualar o superar los efectos de las cargas incrementadas. Este criterio se aplicará conforme a las combinaciones de carga definidas

en las normativas y códigos vigentes, como el NEC-15 y el AISC 360-16, según resulte pertinente.

Tabla 15
Combinaciones Básicas

Combinación 1

1.4 D

Combinación 2

1.2 D + 1.6 L + 0.5 max[L_r ; S ; R]

Combinación 3*

1.2 D + 1.6 max[L_r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]

Combinación 4*

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r ; S ; R]

Combinación 5*

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

Combinación 6

0.9 D + 1.0 W

Combinación 7

0.9 D + 1.0 E

Nota. Tomada de la normativa NEC - SE – CG

2.33 Normativas

Para garantizar que las estructuras sean seguras, resistentes y sostenibles, es esencial seguir las normas en los proyectos de construcción de cualquier tipo.

El diseño estructural sísmo resistente utilizando acero y hormigón armado son algunas de las normas que se aplicarán en este proyecto. (MIDUVI, 2017)

Las siguientes normas se aplicarán en este proyecto:

2.33.1 NEC-SE-CG

La norma NEC-SE-CG establece las bases para el cálculo y diseño de estructuras, centrándose en las cargas que actúan sobre un edificio sin considerar los efectos de un terremoto.

También incluye normas NEC-SE-DS y NEC-SE-RE para cargas sísmicas. En Ecuador, estas pautas forman un sistema completo para el diseño de estructuras sismo resistentes.

Sin embargo, la carga muerta o permanente se refiere a los pesos de todos los elementos estructurales que ejercen una carga constante sobre la edificación. Esto incluye paredes, muros, revestimientos, sistemas de plomería, sistemas eléctricos y mecánicos, maquinaria y cualquier objeto que esté permanentemente adherido a la estructura. (MIDUVI, 2017)

2.33.2 NEC-SE-AC

Para garantizar que los ingenieros civiles y arquitectos que trabajan con estructuras de acero puedan llevar a cabo sus proyectos de manera efectiva, la norma técnica NEC-SE-AC de Ecuador se centra en tres aspectos clave. El diseño, la fabricación y el montaje de las estructuras son estos puntos cruciales. Al abordar estos aspectos, la norma garantiza que las construcciones cumplan con altos estándares de seguridad y calidad y contribuyan al progreso sostenible. (ISSU, 2015)

La norma también fomenta prácticas que reducen el impacto ambiental, fomentan el uso eficiente de recursos y reducen los desechos durante el proceso de construcción. (MIDUVI, 2017)

2.33.3 NEC-SE-DS

La normativa NEC-SE-DS es esencial para la creación de estructuras metálicas en Ecuador, dado que se enfoca en la defensa frente a sismos.

Esta normativa define los estándares y procedimientos requeridos para asegurar que los edificios sean capaces de resistir los terremotos habituales de la zona. Mediante la aplicación de la NEC-SE-DS, los ingenieros estructurales garantizan que la estructura metálica pueda resistir las fuerzas sísmicas de diseño, disminuyendo de esta manera el peligro de derrumbes y salvaguardando la vida humana.

Adicionalmente, esta reglamentación potencia la calidad y la longevidad de las edificaciones al establecer exigencias concretas para los materiales, conexiones y sistemas estructurales de acero. (Valencia E. D., ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2014)

2.33.4 AISC 360

La norma **AISC 360** establece los lineamientos para el diseño de estructuras de acero, considerando los enfoques de diseño por LRFD (carga y resistencia) y ASD (tensiones permisibles). (Ahumada, 2010)

Define las propiedades del acero estructural y los criterios necesarios para el diseño de elementos como columnas, vigas, placas, conexiones y componentes combinados. Además, proporciona pautas para evaluar la estabilidad estructural ante efectos como torsión, pandeo y flexión lateral, y ofrece especificaciones para conexiones realizadas con pernos, soldaduras y remaches. Asimismo, describe los métodos de análisis estructural requeridos para determinar las fuerzas internas en los elementos.

2.33.5 AISC 341

La norma establece los requisitos fundamentales para el diseño de sistemas estructurales de acero, como marcos, contravientos y paredes, que deben ser capaces de resistir las fuerzas sísmicas. Determina los métodos de análisis sísmico-necesarios para evaluar cómo las estructuras responden ante los terremotos, además de detallar las especificaciones de las conexiones y otros componentes estructurales para asegurar una correcta transferencia de la energía sísmica. También define las características de los materiales de acero empleados en la construcción de edificios sismorresistentes y establece los procedimientos de inspección y control de calidad durante la obra para garantizar el cumplimiento de estos requisitos. (Tremblay, 2017)

2.33.6 ASCE

El documento establece los requisitos básicos para el diseño de estructuras como edificios, puentes y túneles, detallando las propiedades y especificaciones de materiales como hormigón, acero y madera. Proporciona directrices para el análisis y diseño de cimentaciones y obras subterráneas, y establece normativas para los sistemas de agua potable, alcantarillado y manejo de recursos hídricos. También regula el diseño de infraestructuras de transporte, como carreteras y ferrocarriles, y aborda cuestiones sobre la protección del medio ambiente y la sostenibilidad en la ingeniería civil. (Tremblay, 2017)

2.33.7 AWS

Los estándares AWS aseguran que las soldaduras se realicen de manera segura, minimizando el riesgo de accidentes y fallos estructurales. Definen criterios de calidad para los materiales, procesos y personal, garantizando la confiabilidad y durabilidad de las construcciones. También proporcionan un lenguaje común y pautas claras, promoviendo la

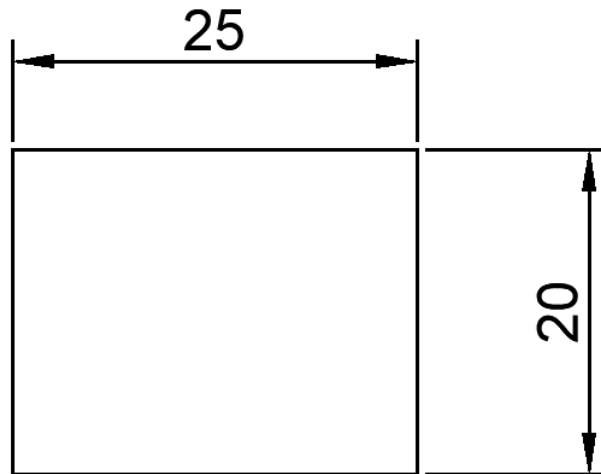
colaboración y comunicación entre profesionales de diferentes disciplinas. Cumplir con estos estándares es esencial, ya que numerosos códigos de construcción y regulaciones industriales se basan en ellos.

3 CAPITULO III

3.1 Metodología

3.2 Inspección del sitio de trabajo

Realizar una visita de campo al lugar donde se ejecutará la construcción es una etapa esencial en cualquier proyecto. Esta actividad permite analizar distintos elementos del entorno, como la geografía, el clima, la topografía y las propiedades del suelo, abarcando su tipo y calidad, entre otros aspectos importantes.



Nota. Elaborado por los autores

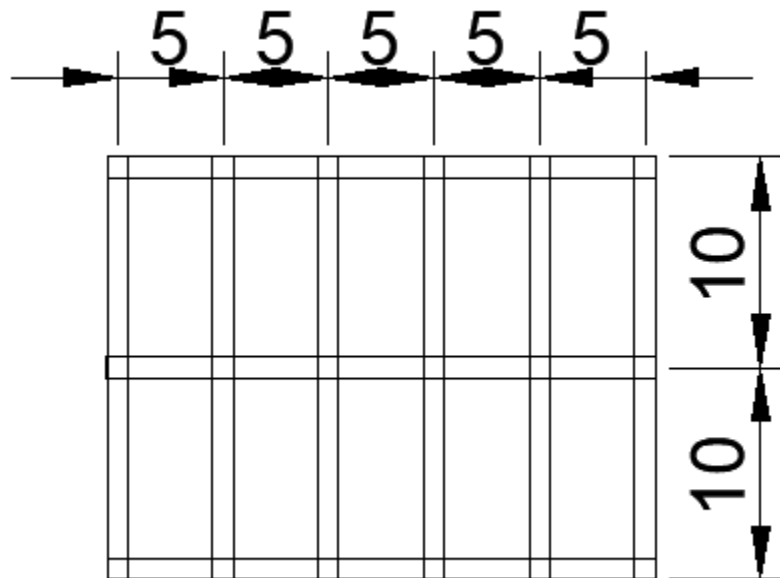
3.3 Pre dimensionamiento

Como parte de la etapa inicial del dimensionamiento, se determinará la superficie destinada a la instalación, con el propósito de definir la separación óptima entre los pórticos.

Para este análisis, se conoce que el terreno tiene una dimensión de 30x25m, mientras que las dimensiones propuestas para el diseño del galpón serán de 25 x 20 m.

Se define que los pórticos estarán separados por una distancia de 5 m a lo largo de la superficie, lo que facilitará la delimitación de la región tributaria asignada a cada pórtico, según lo ilustrado.

Figura 18
Pórticos



Nota. Elaborado por los autores

3.4 Estudio de Suelo

Los datos se consiguieron de un estudio previo gracias a la empresa Ingeomat S.A

El presente informe ha sido realizado en base de los resultados obtenidos de los trabajos de campo y laboratorio, se realizaron DOS sondeos, llegando a la profundidad de 10,0 metros cada una, designadas; S -1 y S – 2, ubicadas conforme el registro fotográfico.

En cada metro de profundidad se realizaron Toma de muestras del subsuelo utilizando tubos Shelby de pared delgada, lo que permite obtener muestras inalteradas o semi alteradas, capaces de obtener en laboratorio mediante técnicas de labrado, especímenes en los que se ha determinado la resistencia al esfuerzo cortante q_u . En los estratos arenosos, se procedió a muestrear utilizando el penetrómetro del tipo cuchara partida, con el que se determinó el valor N (número de golpes para penetrar) del SPT (ensayo de penetración estándar).

Las Normas utilizadas para la obtención de muestras son: ASTM – D 1587 y D 1886.

3.4.1 SONDEO – 1

Hasta la profundidad de 1,0m, se observa estrato de arcillas café oscura de baja plasticidad de consistencia semi Dura. Seguido y hasta la profundidad de 3,0m, se observa estrato de arcilla café oscura, de elevada plasticidad, de consistencia Dura a Semi Dura.

Subyace hasta la profundidad de 4,0m, estrato de arcilla café oscura de elevada plasticidad, presencia de limos y arenas finas, consistencia semi dura. Seguidamente hasta la profundidad de 5,0m, se observa estrato de arena fina en matriz limosa, de baja compacidad, el valor N del SPT;10.

Seguido hasta 6,0m, estrato decimétrico de arcilla de color verde oscura, de elevada plasticidad, de consistencia semi dura.

Subyace hasta los 7,0m estrato de arcilla color verde oscuro, de baja plasticidad, presencia de limos y arenas finas, de consistencia dura. el valor N del SPT, 16. Seguidamente hasta la profundidad de 8,0m presencia de arenas finas y materia orgánica (madera en proceso de descomposición).

Subyace hasta los 9,0m arcilla gris de elevada plasticidad, pintas de materia orgánica y arenas finas. Seguido hasta la profundidad de 10,0m arcilla color verde oscuro de elevada plasticidad, presencia de limos y arenas finas, consistencia dura.

3.4.2 SONDEO – 2

Hasta la profundidad de 1,0m, se observa estrato de arcillas café oscura de baja plasticidad de consistencia semi Dura. Seguido y hasta la profundidad de 3,0m, se observa estrato de arcilla café oscura, de elevada plasticidad, de consistencia Dura a Semi Dura.

Subyace hasta la profundidad de 4,0m, estrato de arcilla café oscura de elevada plasticidad, presencia de limos y arenas finas, consistencia semi dura. Seguidamente hasta la profundidad de 5,0m, se observa estrato de arena fina en matriz limosa, de baja compacidad, el valor N del SPT;12.

Seguido hasta 6,0m, estrato decimétrico de arcilla de color verde oscura, de elevada plasticidad, de consistencia semi dura.

Subyace hasta los 8,0m estrato de arcilla color verde oscuro, de baja plasticidad, presencia de limos y arenas finas, de consistencia dura. el valor N del SPT, 14 a 18.

Seguidamente hasta la profundidad de 10,0m se observa arcilla verdosa, de elevada plasticidad, presencia de arenas finas y materia orgánica (madera en proceso de descomposición).

Figura 19
SONDEO 1 – 2

COTA m.	PROF m	INTERV MUESTRA m	DESCRIPCIÓN VISUAL	Estrat.	U.C.S	W _n %	W _L %	I.P. %	% PASA			PESO UNITARIO Tn/m ³	Q _u T/m ²	Consist encia Relativa Cr	N SPT	CONTENIDO DE HUMEDAD									
									No. 4	No. 40	No. 200					W _n		W _L (0)				W _P (+)			
																20	40	60	80	100	120	140	160		

9,20	0,00		Arcilla café oscura, Baja plasticidad, presencia de limos y arenas finas, consistencia muy blanda		CL	25	35	16	100	100	75	1,772	0,772	0,63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</
------	------	--	---	---	----	----	----	----	-----	-----	----	-------	-------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Nota. Tomado de la empresa Ingeomat S.A

Como Q_{adm} obtenemos que es $4,74 \frac{T}{m^2}$

Estrato : 2,50-3,50 m

C: Cohesión(T/m^2)
 ϕ : Ángulo de Fricción Interna ($^\circ$)
 q : Esfuerzo Efectivo al nivel del fondo de la cimentación (T/m^2)
 γ : Peso Específico del Suelo(T/m^3)
 B : Diámetro de la Cimentación(m)

F_{os}, F_{cs}, F_{ys} : Factores de Forma
 F_{od}, F_{cd}, F_{yd} : Factores de Profundidad
 F_{oi}, F_{qi}, F_{yi} : Factores de Inclinación de Carga
 N_o, N_q, N_γ : Factores de Capacidad de Carga

SONDEO : 1

Datos de la Ecuación General de la Capacidad de Carga

$C = 1,00 \frac{T}{m^2}$	$F_{os} = 1,088$
$q = 1,77 \frac{T}{m^2}$	$F_{cs} = 1,041$
$\gamma = 1,82 \frac{T}{m^3}$	$F_{ys} = 0,867$
$B = 1,50 \text{ m}$	$F_{od} = 1,270$
$\phi = 7,00^\circ$	$F_{cd} = 1,126$
$N_o = 7,160$	$F_{yd} = 1,000$
$N_q = 1,880$	$F_{oi} = 1,000$
$N_\gamma = 0,710$	$F_{qi} = 1,000$
	$F_{yi} = 1,000$

$$qu = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 1/2 \gamma B N_\gamma F_{ys} F_{yd} F_{yi}$$

$$qu = 14,218 \frac{T}{m^2}$$

$$Q_{adm} = \frac{qu}{FS} \longrightarrow FS : 3$$

$$Q_{adm} : 4,74 \frac{T}{m^2} > 1,85 \frac{T}{m^2}$$

Esfuerzo Admisible **Esfuerzo Inducido**

3.5 Material para la cubierta

Se utilizará el PANEL AR - 2000 para la cubierta, un material reconocido por su sello hidráulico único y sus rigidizadores longitudinales, desarrollados con tecnología de vanguardia

por Novacero. Estas propiedades le confieren excelentes beneficios, como hermeticidad, resistencia a las cargas, facilidad en su instalación y un mayor ancho útil. Asimismo, la incorporación del conector omega en la instalación del Estil panel permite adoptar el sistema de cubierta flotante, lo que asegura que la estructura pueda ajustarse a los cambios de temperatura mediante la contracción y dilatación del acero.

Tabla 16
Especificaciones Técnicas AR2000

Espesor [mm]	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6
Longitud [m]	Carga crítica Distribuida [kg/m²]					
0.60	432.6	572.6	722.3	881.9	1048.6	1350.4
0.90	192.3	254.5	321.0	392.0	466.0	600.2
1.20	108.1	143.2	180.6	220.5	262.1	337.6
1.50	69.2	91.6	115.6	141.1	167.8	216.1
1.80	48.1	63.6	80.3	98.0	116.5	150.0
2.10	35.3	46.7	59.0	72.0	85.6	110.2
2.40	27.0	35.8	45.1	55.1	65.5	84.4
2.70	21.4	28.3	35.7	43.6	51.8	66.7
3.00	17.3	22.9	28.9	35.3	41.9	54.0
3.30	14.3	18.9	23.9	29.2	34.7	44.6
3.60	12.0	15.9	20.1	24.5	29.1	37.5
3.90	10.2	13.6	17.1	20.9	24.8	32.0
4.20	8.8	11.7	14.7	18.0	21.4	27.6
4.50	7.7	10.2	12.8	15.7	18.6	24.0
4.80	6.8	8.9	11.3	13.8	16.4	21.1

Nota. Tomado de Novacero

3.6 Diseño de la Cercha.

En esta etapa, se diseña la cercha que integrará el pórtico. Inicialmente, el modelo se desarrolla en AutoCAD y luego se exporta al software Robot Structural para llevar a cabo su análisis estructural. (TORRES, 2024)

3.7 Modelado de la Correa en Robot Structural.

Una vez definidos con precisión los parámetros de pre diseño, se procede a generar el modelo gráfico de la correa del galpón utilizando el programa Robot Structural. (Valencia R. E., 2021)

3.8 Análisis y Diseño Estructural en Robot Structural.

Tras completar el modelado de la correa en Robot Structural, se realiza un análisis detallado de acuerdo con las normas NEC-15 y AISC360. Los resultados obtenidos permiten definir el diseño final de la correa, asegurando que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las regulaciones aplicables. (Valencia R. E., 2021)

3.9 Análisis de Momentos y Tensiones con Robot Structural

Con la carga resistente (W) aplicada al pórtico, se utiliza el software Robot Structural para evaluar los momentos y tensiones presentes en su estructura. A través del uso de las fórmulas necesarias, se realiza la selección de los perfiles más apropiados para la cercha metálica correspondiente. (Fuentes, 2018)

3.10 Cálculo de las correas

Para definir las dimensiones de las correas, se ha decidido mantener una distancia de 1.20 metros entre cada una. Con esta separación, se calculará el área colaborante correspondiente a cada correa. (Fuentes, 2018)

3.11 Información Técnica Requerida

3.12 Datos sísmicos

Ecuador, al ser un país con alta actividad sísmica, requiere que las construcciones sean diseñadas para soportar importantes cargas sísmicas. El territorio está dividido en seis zonas de actividad sísmica, y la zona en la que se construirá el galpón está en la segunda región de mayor actividad. Es crucial contar con información sobre el tipo de suelo en la zona de construcción para calcular la fuerza sísmica que la estructura debe resistir, lo que garantiza la seguridad del edificio. El análisis sísmico se realiza conforme a las directrices de la NEC, específicamente en su capítulo sobre peligro sísmico y diseño sismorresistente, que consta de cuatro secciones debido a su extensión.

3.13 Datos geotécnicos

Para garantizar un diseño adecuado de la cimentación, es necesario obtener información sobre las propiedades del suelo donde se asentará el galpón. Este estudio geotécnico debe proporcionar detalles sobre las características mecánicas del terreno, como su capacidad admisible, con el fin de asegurar que las cargas se transmitan correctamente desde las columnas hacia el suelo. Además, este análisis ayuda a evitar asentamientos que puedan afectar la operación del galpón y a prevenir sobrecostos debido al sobredimensionamiento de los elementos estructurales. (Duarte, 2016)

3.14 Datos geológicos

Antes de iniciar la construcción, es esencial contar con información sobre el terreno natural, que incluya la distribución, composición, características y proporción de los diferentes

estratos del suelo. Esto permitirá comprender cómo se comportará el terreno una vez que se levante el galpón.

3.15 Datos de viento

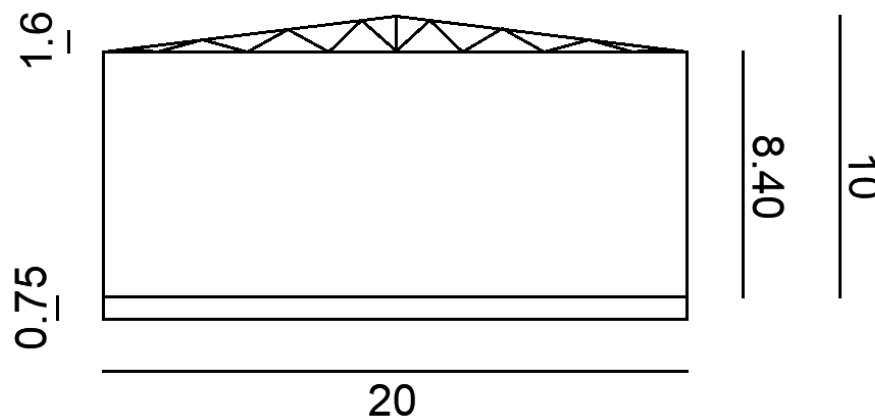
El viento es un factor determinante en el diseño de cualquier estructura, especialmente en los galpones, donde su carga puede ser considerable. La presión del viento sobre la estructura puede variar dependiendo de la disposición de los elementos. Para realizar el cálculo de esta carga, se deben considerar la ubicación del proyecto, la velocidad máxima instantánea del viento en la zona y las características del entorno. Estos datos son necesarios para determinar el coeficiente de corrección del viento, que dependerá del grado de obstrucción del viento (bajo, medio o alto)

3.16 Diseño del Componente Estructural

3.17 Predimensionamiento del galpón

El predimensionamiento de la estructura constituye la etapa inicial para determinar las dimensiones finales del proyecto. En este paso, se elabora un esquema preliminar que considera las medidas iniciales del pórtico en su vista frontal. Este análisis inicial proporciona la base para definir las propiedades y ajustes necesarios durante el dimensionamiento definitivo de la estructura.

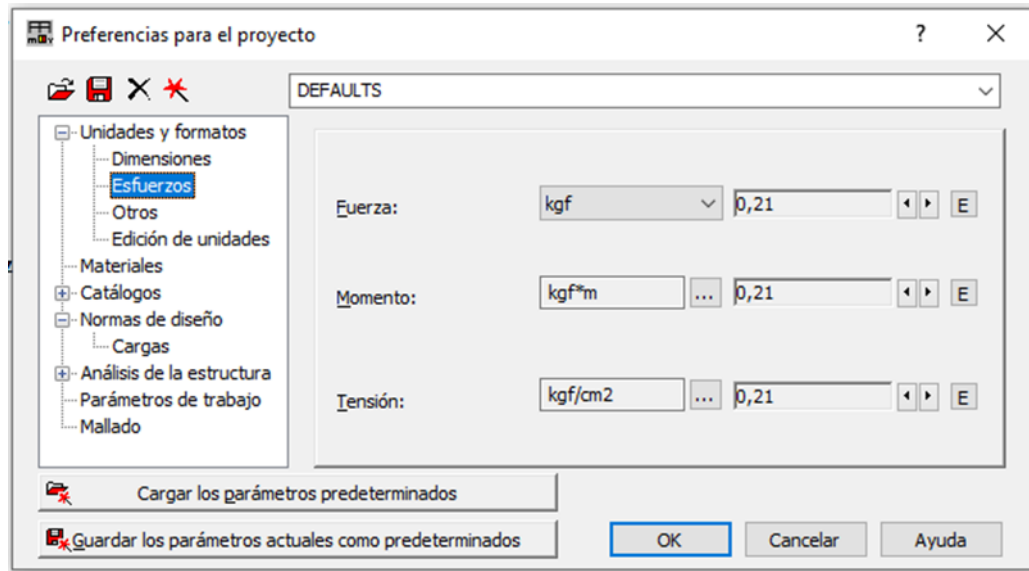
Figura 20
Predimensionamiento



Nota. Elaborado por los autores.

3.18 Modelado y análisis en Robot Structural Analysis

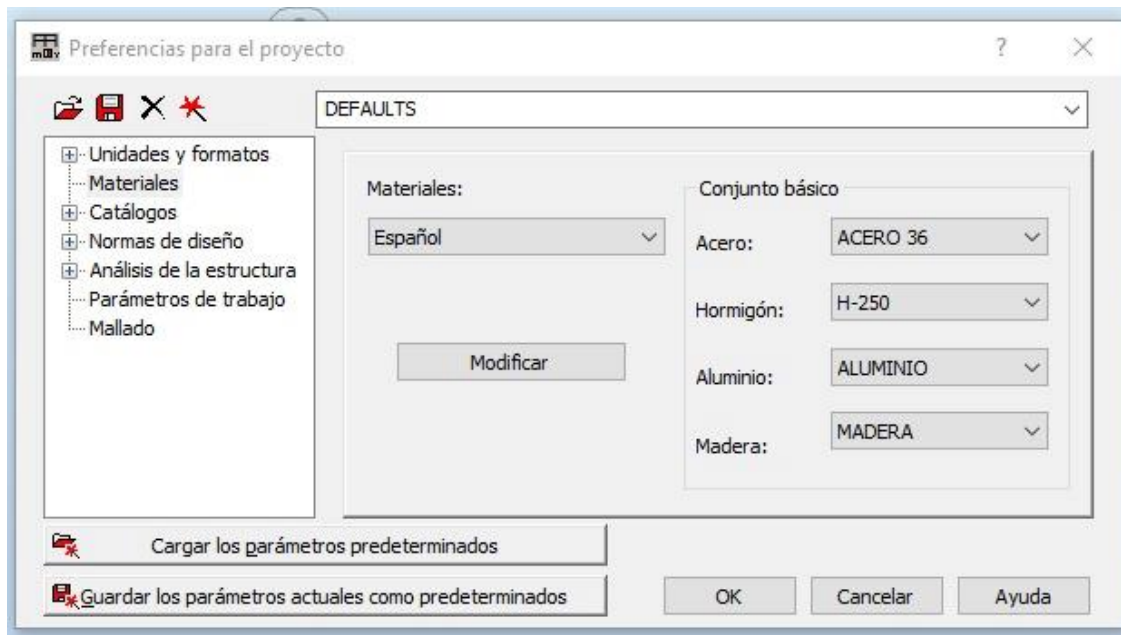
Se inició indicando las preferencias del proyecto aquí colocaremos en que unidades vamos a trabajar nuestro diseño en este caso se trabajara en kgf

Figura 21*Preferencias para el proyecto*

Nota. Se obtuvo este resultado del programa utilizado, Robot Structural Analysis

Se inició indicando las preferencias del proyecto colocando el tipo de Acero y Hormigón se usará un Acero A36, para el Hormigón usaremos de 250 Kg/cm^2

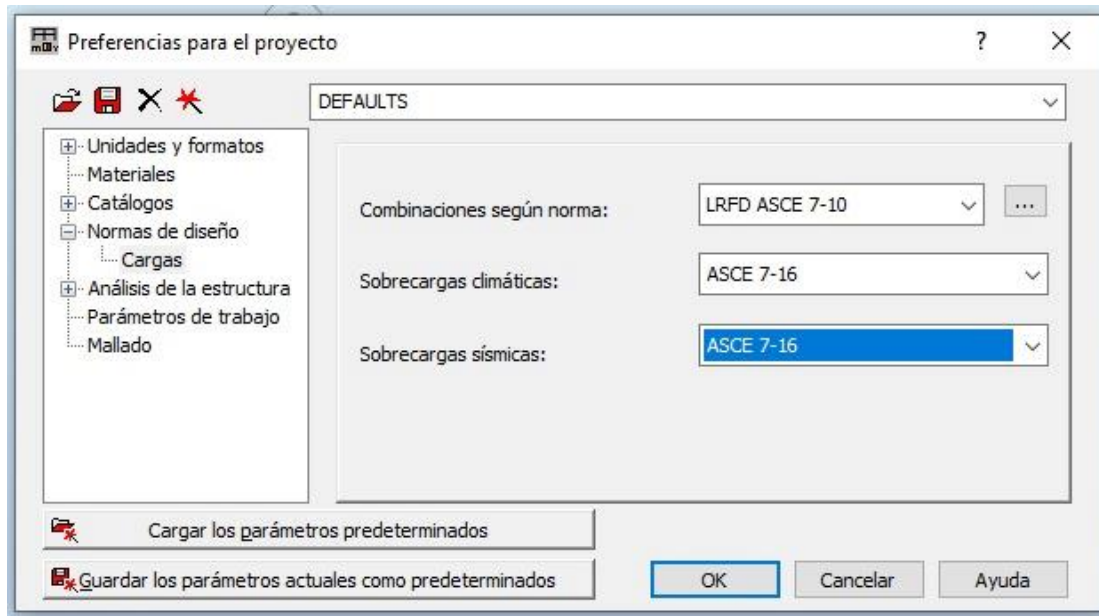
Figura 22
Tipo de Acero y Hormigón



Nota. Se obtuvo este resultado del programa utilizado, Robot Structural Analysis

Luego seleccionamos las normas de diseño las cuales se usarán en el proyecto.

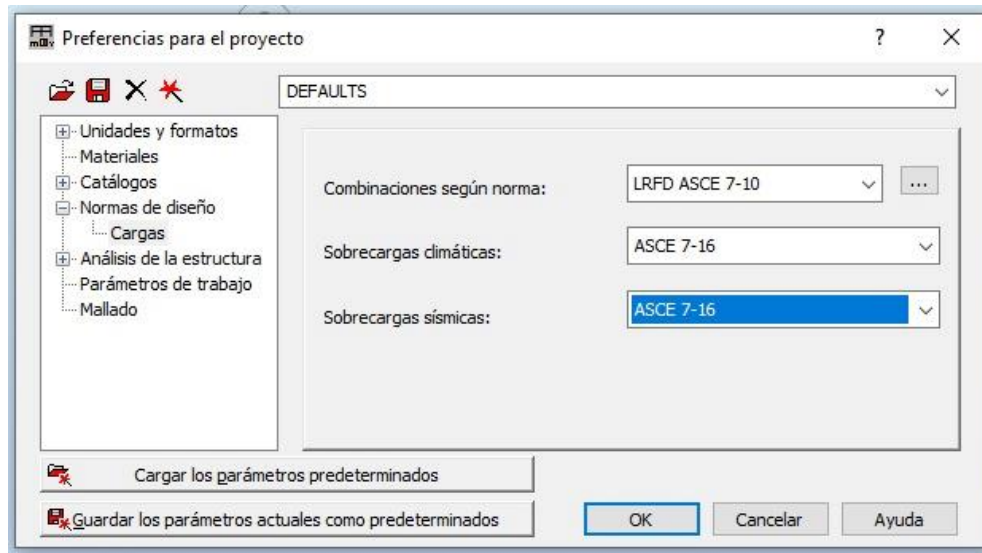
Figura 23
Normas de diseño



Nota. Se obtuvo este resultado del programa utilizado, Robot Structural Analysis

En el apartado de Normas de diseño podemos encontrar la etiqueta cargas aquí se va definir las combinaciones de cargas según la norma que usaremos en este caso es la ASCE 7-16, y para sobrecargas climáticas y sísmicas usaremos ASCE 7-16.

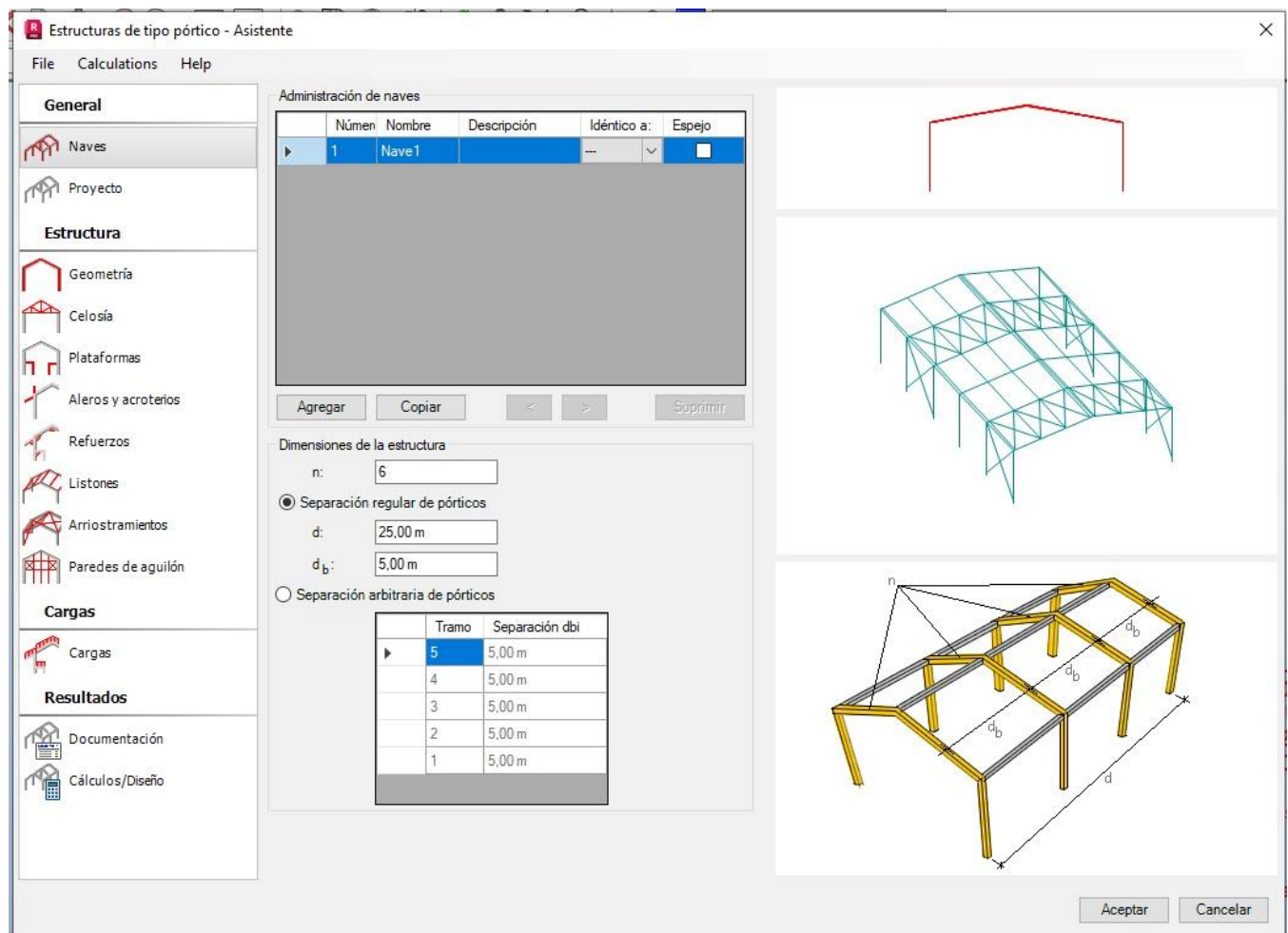
Figura 24
Combinaciones de cargas según la norma



Nota. Se obtuvo este resultado del programa utilizado, Robot Structural Analysis

Con la ayuda del asistente para estructuras de tipo portico, en el apartado general, naves, podremos colocar los dimensionamiento de la estructura, la separacion de porticos, y la medida de esta separacion.

Figura 25
Dimensionamiento de la estructura



Nota. Elaborado por los autores.

En el apartado de estructura seleccionamos a dos aguas, las medidas de la cotas, los apoyos y en pilares trabajaremos con perfiles IPE160, así mismo en vigas.

Figura 26
Medidas de la cotas

Estructuras de tipo pórtico - Asistente

File Calculations Help

General

Naves

Proyecto

Estructura

Geometría

Celosía

Plataformas

Aleros y acroterios

Refuerzos

Listones

Arriostramientos

Paredes de aguilón

Cargas

Cargas

Resultados

Documentación

Cálculos/Diseño

Nave1

Tipo de tejado

☐ Un agua

☒ Dos aguas

☒ Simetría de la nave

Cotas

h_r : 1,60 m α : 9,1 °

h_{cl} : 8,40 m h_{cr} : 8,40 m

h_f : 0,75 m h_{fr} : 0,75 m

b : 20,00 m b_t : 10,00 m

Apoyos

Izquierda Derecha

Empotrado Empotrado

Pilares

Sección: HEA 320 HEA 320

Material: ACERO 36 ACERO 36

Vigas

Sección: Canal "U" Canal "U"

Material: ACERO 36 ACERO 36

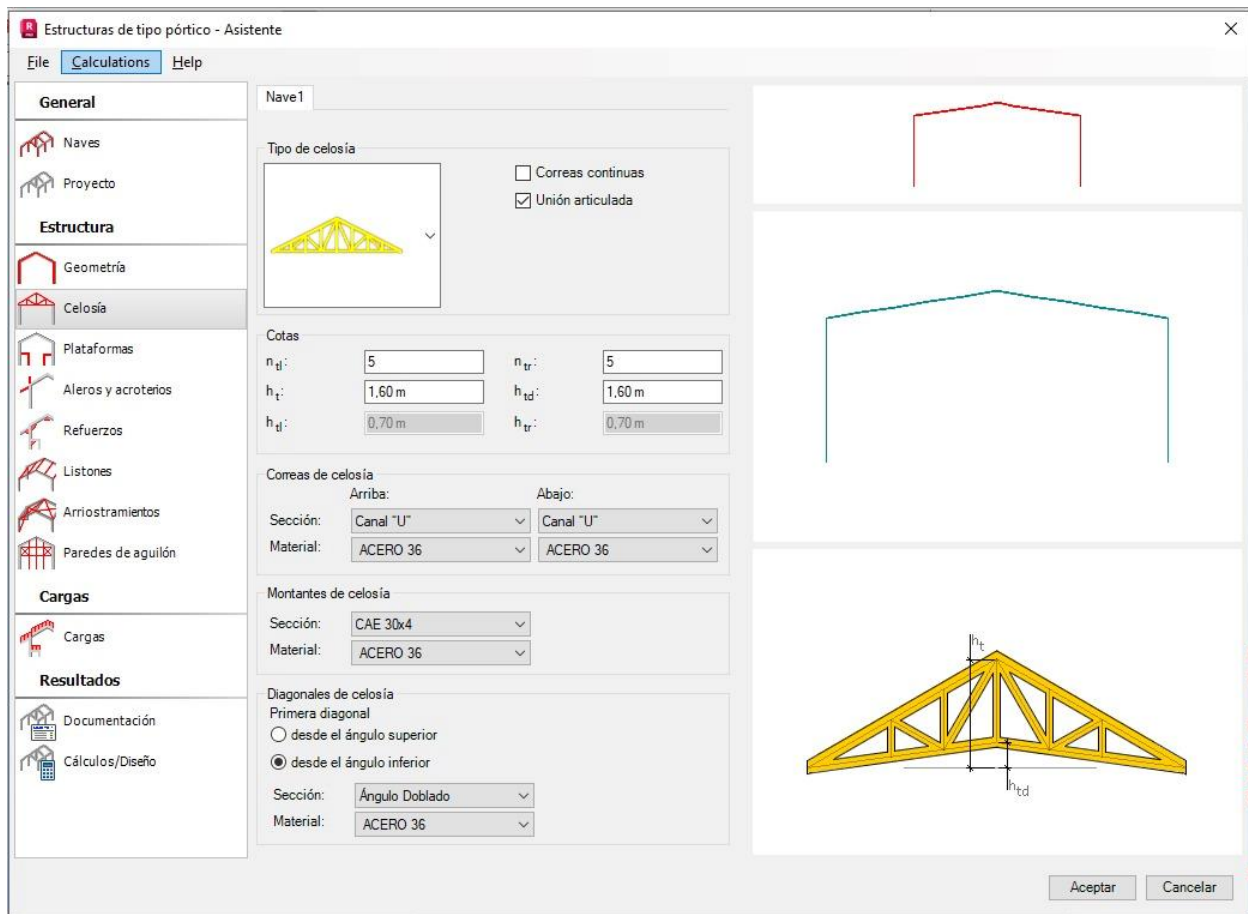
Diagrama de la estructura:

Aceptar Cancelar

Nota. Elaborado por los autores.

En el apartado de celosía ponemos las medidas correspondientes y los perfiles de correas, montantes y diagonales de la celosía.

Figura 27
Celosía



Nota. Elaborado por los autores.

Agregaremos refuerzos tanto en Angulo Pilar-Viga como en las vigas de caballete y las medidas de estos serán de 800x600mm

Se colocarán listones apoyados libremente, usando el perfil IPE 140.

Figura 28
Listones apoyados libremente

Estructuras de tipo pórtico - Asistente

File Calculations Help

General

Nave1

☒ Listones

Definición

☒ Número de listones

n_{pl} : 4 n_{pr} : 4

☐ Separación de listones

d_{pl} : 1,20 m d_{pr} : 1,20 m

Cotas

d_{pl} : 0,20 m d_{pr} : 0,20 m

d_{pol} : 0,20 m d_{pcr} : 0,20 m

Fijación de listones

☒ Listones apoyados libremente

☐ Listones continuos

Listones

Sección: Tubo Estructural Cuadrado

Material: ACERO 36

Liston. trav. unión

☐ Listón 1

☐ Listón 2

☐ Listón 3

☐ Listón 4

☐ Listón 5

☐ Listón 6

☐ Listón 7

Viga de caballete

☐ Viga

Sección: IPE 140

Material: ACERO

Viga longitudinal

☒ Izquierda ☒ Derecha

Sección: IPE 80 IPE 80

Material: ACERO 36 ACERO 36

Aceptar Cancelar

Nota. Elaborado por los autores.

En el apartado de cargas activamos Cargas Permanentes y cargas de explotación
 verificamos que trabajamos con 1Kn/m²

Figura 29
Cargas Permanentes y de explotación

Estructuras de tipo pórtico - Asistente

File Calculations Help

General

Nave1

Cargas en el tejado QR

☒ Cargas permanentes 1,00 kN/m²

☒ Carga de explotación 1,00 kN/m²

Cargas en los aleros QE

☐ Cargas permanentes 1,00 kN/m²

☐ Carga de explotación 1,00 kN/m²

Cargas en la losa QS

☐ Cargas permanentes 20,00 kN/m²

☐ Carga de explotación 20,00 kN/m²

Puente grúa

☐ Carga de puente grúa

Cotas

h_m : 3,00 m

l_m : 0,50 m

Esfuerzos mínimos y máximos

Dirección X 1,00 kN 5,00 kN

Dirección Y 1,00 kN 5,00 kN

Dirección Z 10,00 kN 50,00 kN

Sección: IPE 180

Material: ACERO

☐ Cargas de viento y nieve

Parámetros

Aceptar Cancelar

Nota. Elaborado por los autores.

4 CAPITULO IV

4.1 DESARROLLO

4.2 Datos de la estructura metálica

Área = 20m x 25m = 500m²

Luz: L = 5 m

Altura: h = 8,40 m

Altura total = 10 m

Número de pórticos = 5

Inclinación de la cubierta = 9,1

Separación entre correas = 1.60 m

4.3 Cargas

En el pre-dimensionamiento, la evaluación de las cargas es esencial para asegurar un diseño estructural eficiente.

Para la carga muerta (D), se considera un valor de 44 kg/m², tomando en cuenta las particularidades de algunas instalaciones en la cubierta.

PANEL AR - 2000	3,62
Inst. Elec	10
Bombero	20
Perfil	10
Σ	43,62

En cuanto a la carga viva (L), se especifica, conforme a la normativa NEC-15, un valor de 70 kg/m² para cubiertas metálicas. (Valencia, 2014)

Tabla 17
Cargas Uniformes

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		

Nota. Tomado de la normativa NEC-15

4.4 Área colaborante (Ac):

$$AC = L_c * B_c$$

Donde

L_c = Longitud de la correa

B_c = Ancho colaborante

4.5 Determinación de la carga:

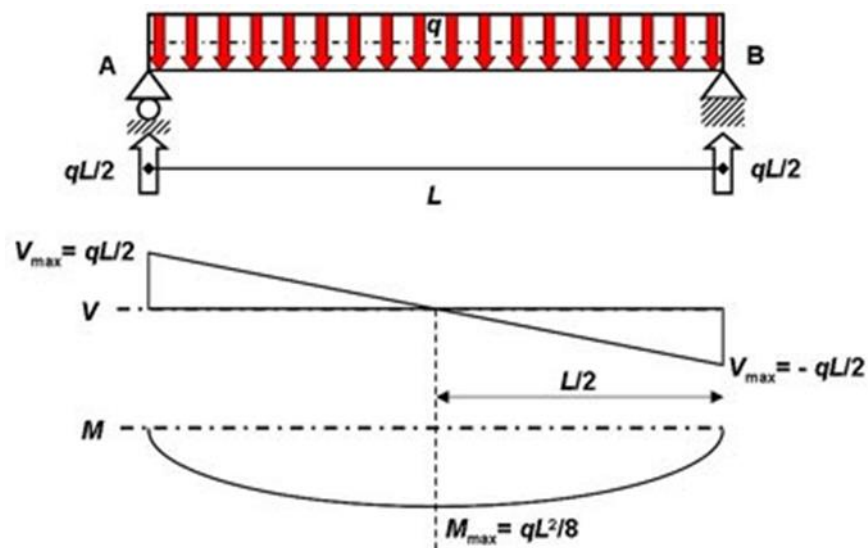
Multiplicando la carga viva (L) de 70 kg/m² por el área colaborante (Ac), se calculará el peso (W) que cada correa debe soportar.

4.6 Cálculo del momento flector (M):

$$M = \frac{(W * L^2)}{8}$$

Figura 30

Viga simplemente apoyada



Nota. Tomada de Google,

4.7 Cargas de viento

$$V_b = V * \sigma$$

$$V_b = 28 * 0.90$$

$$V_b = 25$$

4.8 Cálculo de la presión del viento

$$P = 1/2 * p * v_b^2 * C_g * C_f$$

$$P = 1/2 * 1.25 * 25 * 0.8 * 1.22$$

$$P = 15.25$$

4.9 Cortante basal

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E}$$

$$V = \frac{1.5 * 0.10}{3 * 0.3 * 0.5}$$

$$V = 0.33$$

4.10 Período de vibración

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

$$T = 0.75 * 1$$

$$T = 0.75$$

4.11 Período de vibración

$$T_0 = 0,10 * 1.06 \frac{1.15}{1.18}$$

$$T_0 = 0.1$$

4.12 Período de vibración

$$T_0 = 0,55 * 1.06 \frac{1.15}{1.18}$$

$$T_0 = 0,57$$

4.13 Deriva de piso

$$\Delta_M = 0,75 R \Delta_E$$

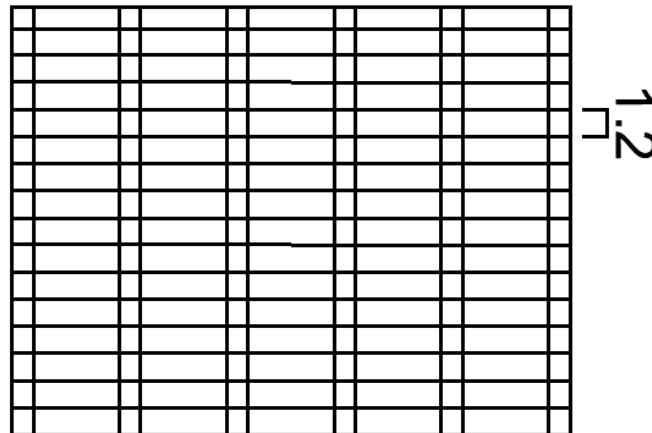
$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0.2$$

$$\Delta_M = 0.45$$

4.14 Cálculo de largueros

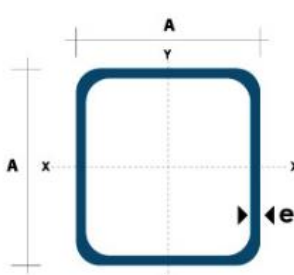
Se obtiene un área tributaria de 1.20 m para los largueros

Figura 31
Largueros



Nota. Elaborado por los autores.

Para los largueros usaremos Tubo de acero estructural con forma cuadrada, Utilizando los catálogos de perfiles comerciales de la empresa **DIPAC**, escogemos según el área de acero,

Figura 32*Tubo de acero estructural con forma cuadrada*


Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Nota. Tomada por el catálogo de DIPAC.

Con la combinación número 2 de la NEC se calculó el Q_{max}

$$1,2 D + 1,6 L$$

$$1,2 * (43,62) + 1,6 * (70)$$

$$Q_{max} = 164,34 \frac{Kgf}{m^2}$$

4.15 Carga distribuida

Se obtiene la carga distribuida ultima con la siguiente formula:

$$Wu = Q_{max} * A_{trib}$$

$$Wu = 164,34 (1,20)$$

$$Wu = 197,21$$

4.16 Momento (Mu)

Se calcula en momento con la siguiente formula:

$$Mu = \frac{Wu * L^2}{8}$$

$$Mu = \frac{197,21 * (5)^2}{8}$$

$$Mu = 616,29 \frac{Kgf}{m}$$

$$Mu = 61629 \text{ kgf/cm}$$

Según el método de última resistencia LRFD (Load and Resistance Factor Design) se utiliza la siguiente ecuación, el cual la demanda debe ser menor o igual a la capacidad.

$$Mu \leq \Phi Mn$$

Mediante la siguiente fórmula que está en función del módulo elástico y la resistencia a fluencia, se despejara y se obtiene el modulo elástico.

$$Mu \leq (0,9) * Sx * Fy$$

$$Sx \geq \frac{Mu}{0,9 * Fy}$$

$$Sx \geq \frac{61629}{0,9 * (2530)}$$

$$Sx \geq 27,06 \text{ cm}^3$$

4.17 Longitud de pandeo plástico

Se calcula el radio de giro del perfil con la siguiente formula

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_s}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{122.99}{7.74}}$$

$$r_y = 3.986 \text{ cm}$$

La longitud de pandeo lateral para el larguero debe ser menor a 1,76

$$L_p < 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$L_p < 1.76 * 3.986 \sqrt{\frac{2,100,00}{2530}}$$

$$L_p < 202,11 \text{ cm}$$

Como se ha utilizado 5 m de longitud de largueros, se colocan 2 perfiles de apoyo lateral separados al tercio de los largueros.

4.18 Cálculo para celosía

$$H = \frac{L}{12}$$

$$H = \frac{20}{12} = 1,60 \text{ m}$$

$$\sigma_{max} = \frac{5 \times W_s \times L^4}{384 \times E \times I}$$

$$5 = \frac{5 \times (56810) \times (2000)^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times I}$$

Para las celosías escogimos perfiles tipo U, escogemos la medida según el área de acero, para este escogemos con las medidas 125 x 50 x 3.

Figura 33
Perfiles tipo U

Designación	Dimensiones (mm)			Masa Kg/m	A cm ²	d1 cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				ix	ly	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
C 50 x 25 x 2	50	25	2	1,45	1,87	0,72	7,06	1,13	2,83	0,63	1,94	0,72
C 50 x 25 x 3	50	25	3	2,09	2,7	0,77	9,7	1,57	3,88	0,91	1,89	0,76
C 60 x 30 x 2	60	30	2	1,77	2,26	0,85	12,5	2,00	4,16	0,93	2,35	0,94
C 60 x 30 x 3	60	30	3	2,56	3,3	0,89	17,5	2,84	5,85	1,34	2,31	0,93
C 60 x 30 x 4	60	30	4	3,30	4,2	0,95	21,1	3,51	7,03	1,72	2,24	0,91
C 80 x 40 x 2	80	40	2	2,40	3,07	1,09	30,8	4,89	7,71	1,68	3,17	1,26
C 80 x 40 x 3	80	40	3	3,51	4,5	1,14	43,9	7,01	11	2,45	3,12	1,25
C 80 x 40 x 4	80	40	4	4,56	5,87	1,19	55,4	8,92	13,9	3,17	3,07	1,23
C 80 x 40 x 5	80	40	5	5,55	7,18	1,23	65,49	10,62	16,37	3,83	3,02	1,21
C 80 x 40 x 6	80	40	6	6,49	8,42	1,28	74,18	12,1	18,54	4,44	2,96	1,19
C 100 x 50 x 2	100	50	2	3,02	3,87	1,34	61,5	9,72	12,3	2,66	3,99	1,58
C 100 x 50 x 3	100	50	3	4,45	5,7	1,39	88,5	14,1	17,7	3,89	3,94	1,57
C 100 x 50 x 4	100	50	4	5,81	7,47	1,44	113	18,1	22,6	5,07	3,89	1,56
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,12	9,18	1,48	135	21,8	27,1	6,19	3,84	1,54
C 100 x 50 x 6	100	50	6	8,37	10,82	1,53	115,3	25,14	31,05	7,24	3,79	1,52
C 100 x 60 x 4	100	60	4	6,44	8,13	1,86	128	29,7	25,6	7,17	3,97	1,91
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,91	9,95	1,92	152	35,7	30,5	8,76	3,91	1,9
C 100 x 60 x 6	100	60	6	9,31	12,02	1,93	181,8	42,25	36,36	10,38	3,89	1,87
C 100 x 60 x 8	100	60	8	11,95	15,5	2,06	222,6	52,47	44,52	13,32	3,78	1,83
C 125 x 50 x 2	125	50	2	3,42	4,37	1,2	103	10,4	16,5	2,74	4,86	1,54
C 125 x 50 x 3	125	50	3	5,04	6,45	1,24	149	15,1	23,9	4,02	4,81	1,53
C 125 x 50 x 4	125	50	4	6,60	8,47	1,29	192	19,4	30,7	5,24	4,76	1,51
C 125 x 50 x 5	125	50	5	8,10	10,4	1,34	231	23,4	37	6,4	4,71	1,5
C 125 x 50 x 6	125	50	6	9,55	12,32	1,38	266	27,19	42,67	7,51	4,65	1,48

Nota. Tomada por el catálogo de DIPAC.

4.19 Deformación máxima

Se obtuvo la deformación máxima que llegó a tener:

$$L = \frac{20}{360} = 0,05 \text{ m} - 5 \text{ cm}$$

4.20 Peso en la carga

$$W_s = 113,62 \times 5$$

$$W_s = 568,10 \frac{Kgf}{m}$$

$$W_s = 56810 \frac{Kgf}{cm}$$

$$Mu = \frac{Wu * (L)^2}{8}$$

$$\frac{Wu * (L)^2}{8} = F_u \times H$$

$$\frac{197,21 * (20)^2}{8} = F_u \times (1,60)$$

$$F_u = 9860 \text{ Kgf}$$

$$F_u \leq \Phi As \times Fy$$

$$As \geq \frac{F_u}{(0,9)(2530)}$$

$$As \geq 5,54 \text{ cm}^2$$

4.21 Cálculo de correas

$$V = \frac{Wu * L}{2}$$

$$Vu = \frac{197,21 * 20}{2}$$

$$Vu = 1972,1 \text{ Kgf}$$

$$Vu \leq \Phi Vn$$

$$Vu \leq (0,75) * As * Fy$$

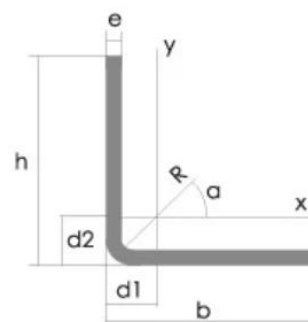
$$As \geq \frac{Vu}{0,75 * Fy}$$

$$As = 1,01 \text{ cm}^2$$

Para las correas usaremos Ángulo Doblado, el cual se escogió las medias según el área de acero que nos salió y el catálogo de DIPAC, para este se escogió 25 x 3.

Figura 34
Ángulo Doblado

Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									lx	Wx	rx	ly	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
	mm	mm	mm	Kg/m	cm2	cm	cm	(°)	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52



Nota. Tomada por el catálogo de DIPAC.

4.22 Relación de esbeltez en columnas

Para que la columna no tenga problemas de pandeo se verifica la relación de esbeltez con la siguiente ecuación, evaluando K como principal.

Figura 35

Relación de esbeltez en columnas

Buckled shape of column shown by dashed line						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value K	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition key	 Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free					

Nota. Tomada de Google

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_s}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{8560}{149}}$$

$$r_y = 7,58 \text{ cm}$$

$$\frac{K * L_e}{r_x} < 200$$

$$\frac{(1) * (840)}{7,58} < 200$$

$$110,81 < 200$$

Si cumple la relación de esbeltez

4.23 Longitud de pandeo lateral para elementos sometidos a compresión

Se debe cumplir que:

$$\frac{K * L_e}{r_x} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{K * L_e}{r_x} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{1 * 840}{7.58} < 4,71 \sqrt{\frac{2,100,000}{2530}}$$

$$110.81 < 135,69$$

Por tanto, el perfil adaptado no va a tener problemas de pandeo lateral al estar sometido a cargas de compresión.

4.24 Modelado en Robot Structural Analysis

Una vez se realizó el modelado con las medidas y elementos estructurales colocamos las cargas tanto viva como muerta

Figura 36
Cargas D y L

Casos de carga

Descripción del caso

Número: 5 Etiqueta: SIS2

Tipo: sísmica

Nombre: SIS2

Agregar Modificar

Lista de casos definidos:

Número	Nombre del caso	Naturaleza	Ti
1	CARGA MUERTA	permanente	Es
2	CARGA VIVA	explotación	Es
3	CARGA DE VIENTO	viento	Es
→ 4	CARGA SISMICA	sísmica	Es

< >

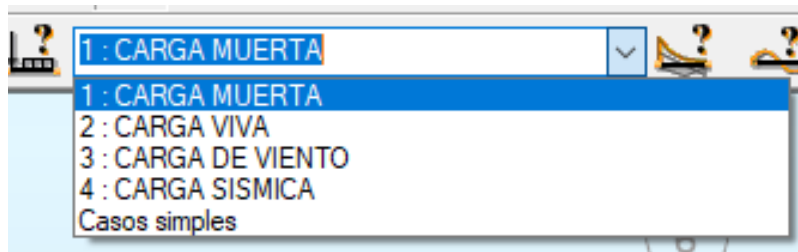
Eliminar Eliminar todo

Cerrar Ayuda

Nota. Elaborada por los autores.

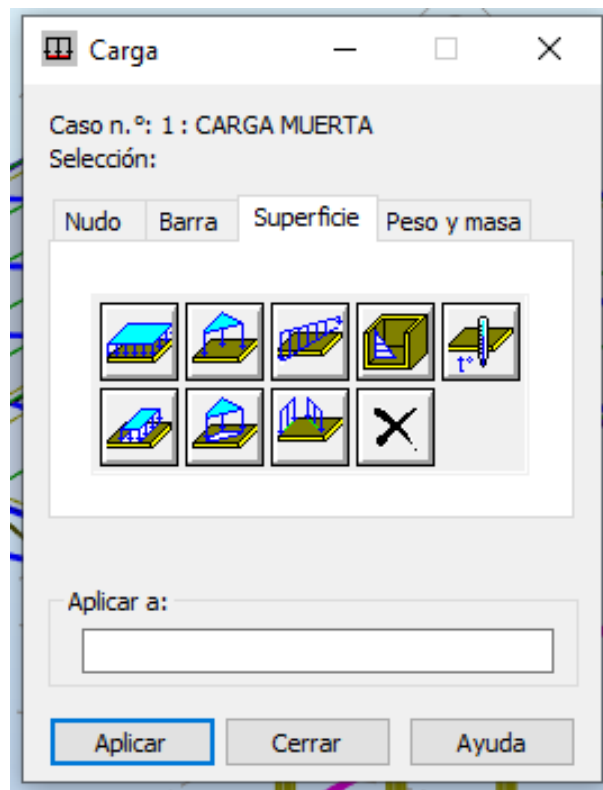
4.25 Selección de las cargas muertas.

Figura 37
Cargas Muertas



Nota. Elaborada por los autores.

Para colocar las cargas se seleccionan los elementos en los cuales se encuentran esas cargas y seleccionamos la opción superficie



Nota. Elaborada por los autores

4.26 Carga Uniforme

Una vez seleccionadas las cargas uniformes, se coloca el peso muerto anteriormente calculado en el eje Z con el valor en negativo.

Figura 38
Carga Uniforme

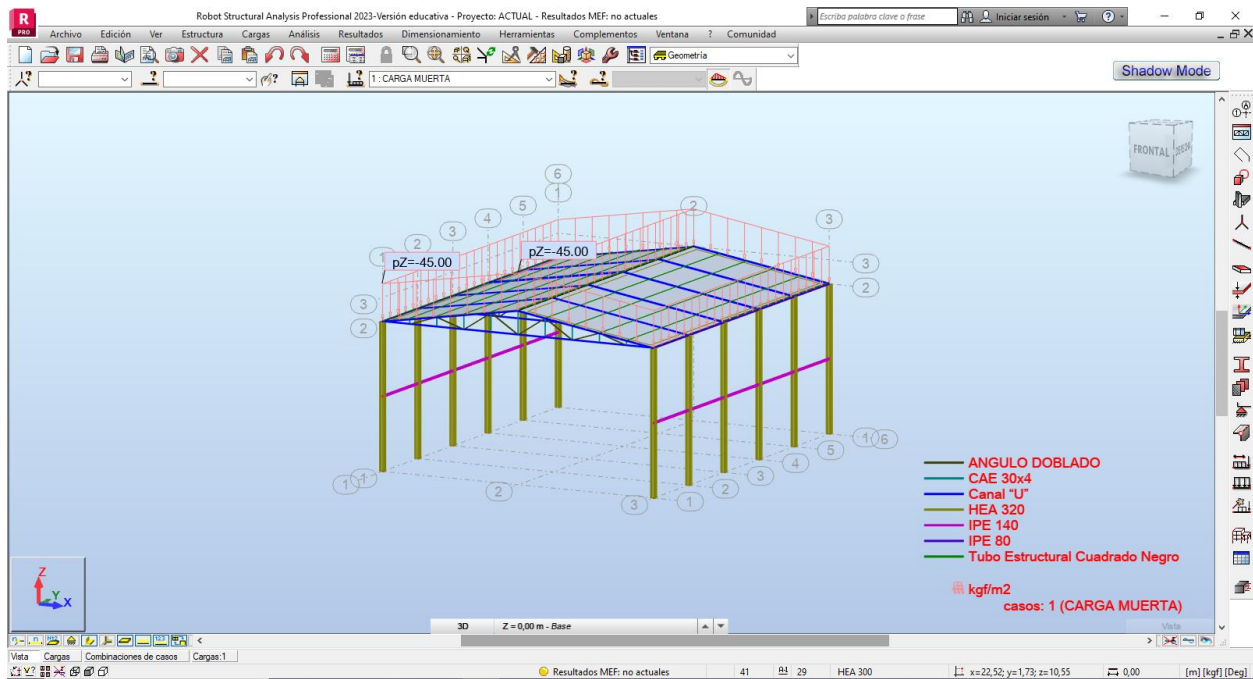


Nota. Elaborada por los autores.

4.27 Cargas muertas

Las cargas muertas se colocaron en la cercha de la estructura.

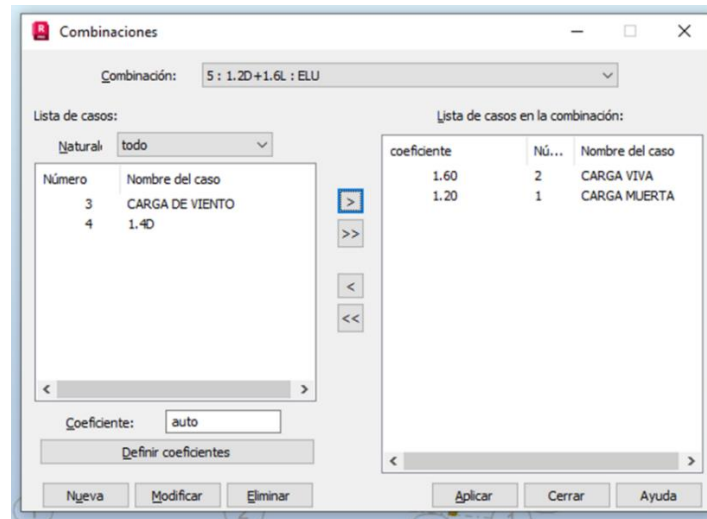
Figura 39
Cargas muertas



Nota. Elaborada por los autores.

En el apartado de cargas, se procede a seleccionar combinaciones manuales, para este caso se usará la combinación 2, se la introduce manualmente.

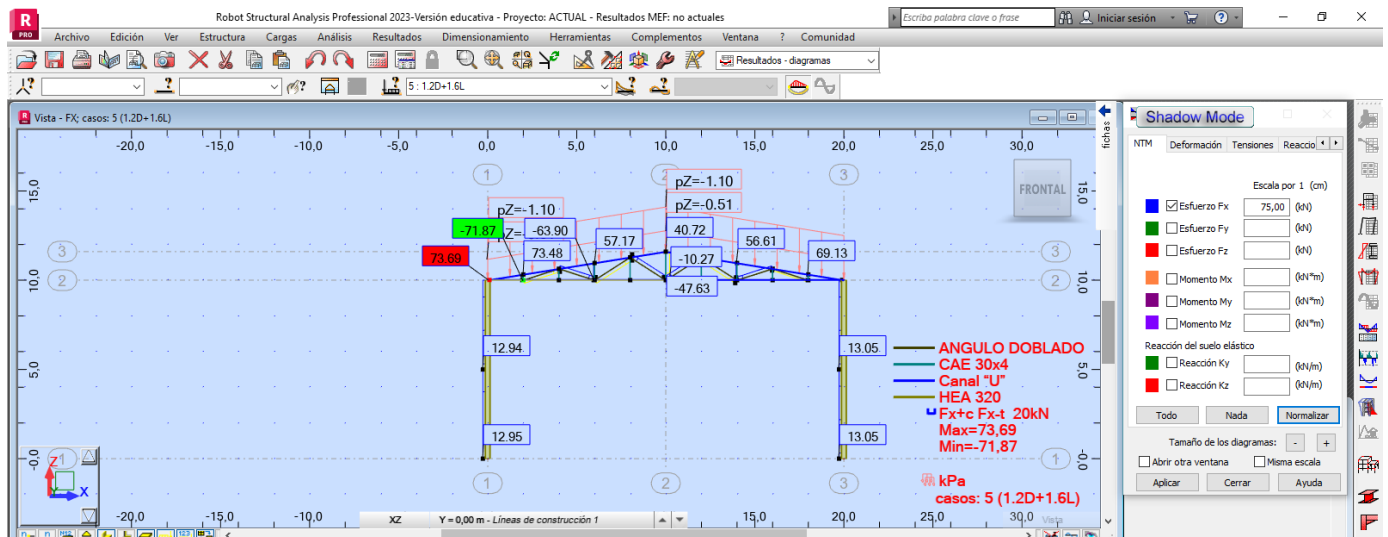
Figura 40
Combinaciones



Nota. Elaborada por los autores.

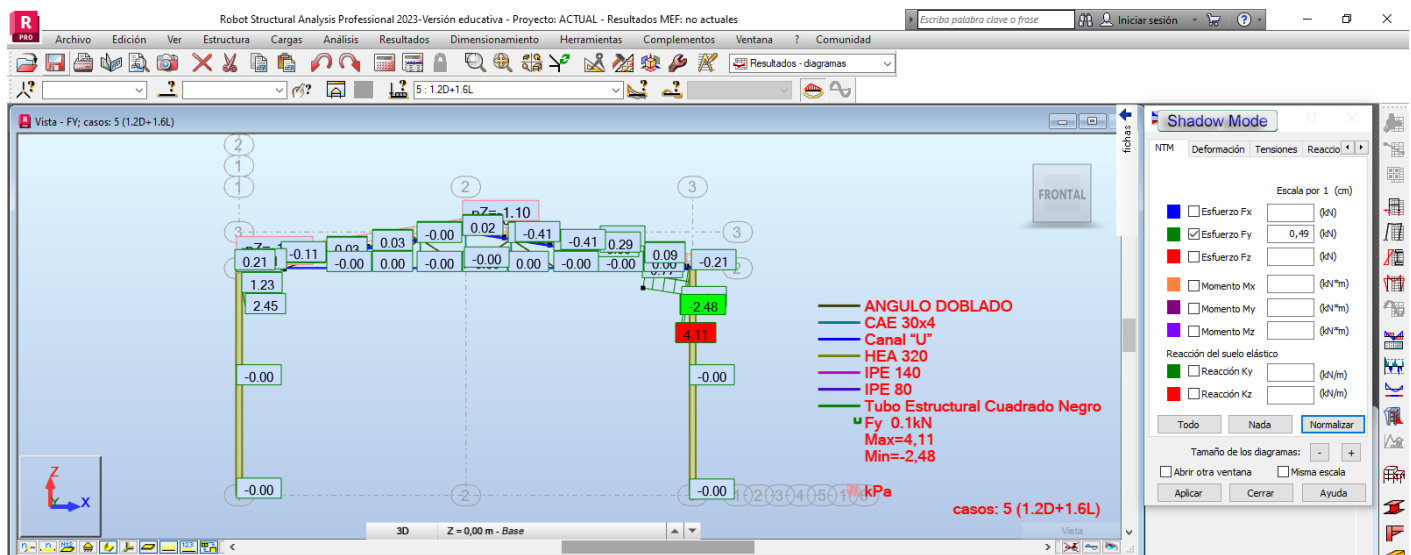
Con la combinación 2, (1.4D+1.6L) se obtuvo el diagrama en esfuerzo, momentos y la deformación.

Figura 41
Diagrama en esfuerzo en F_x



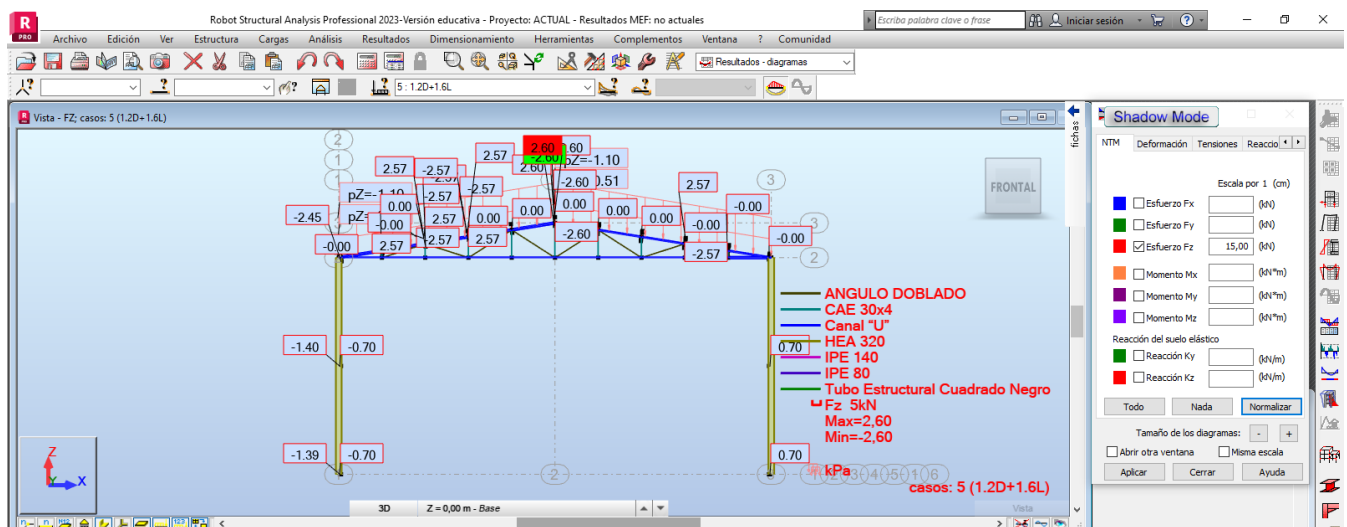
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 42
Diagrama en esfuerzo en F_y



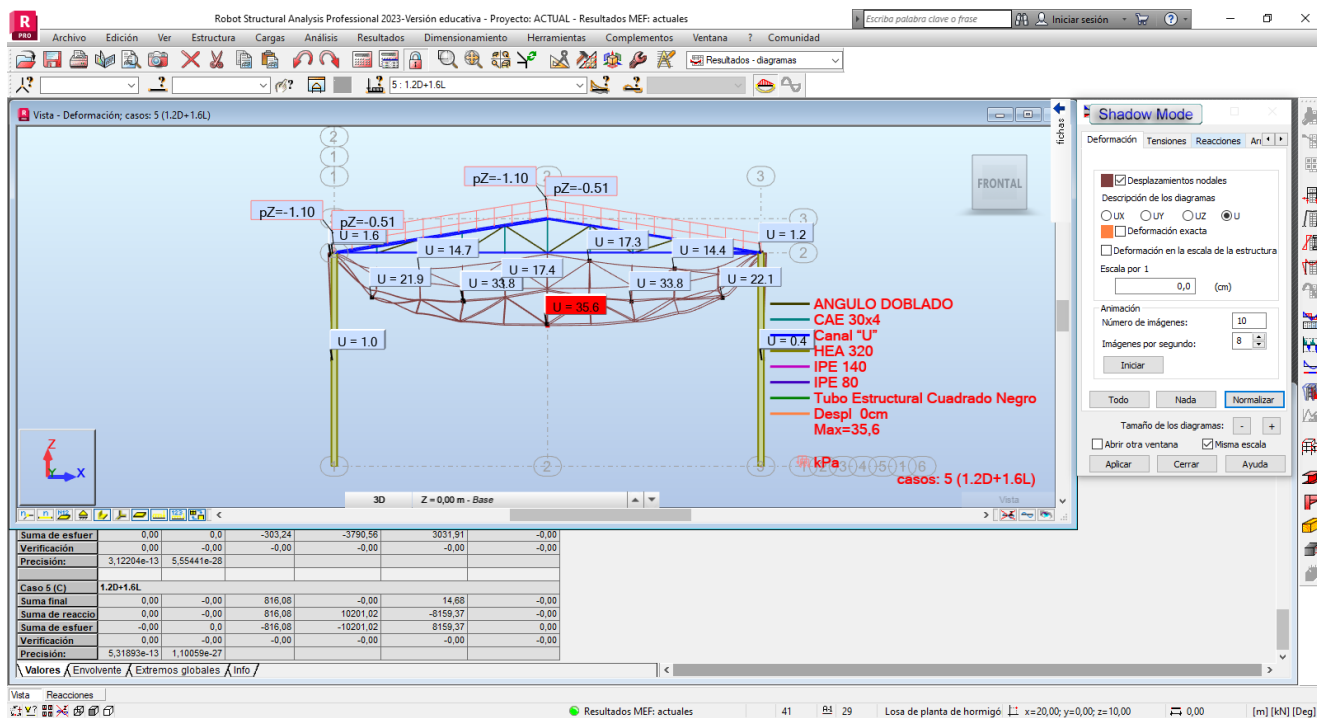
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 43
Diagrama en esfuerzo en F_z



Nota. Elaborada por los autores.

Figura 44
Desplazamientos nodales



Nota. Elaborada por los autores.

4.28 Momentos

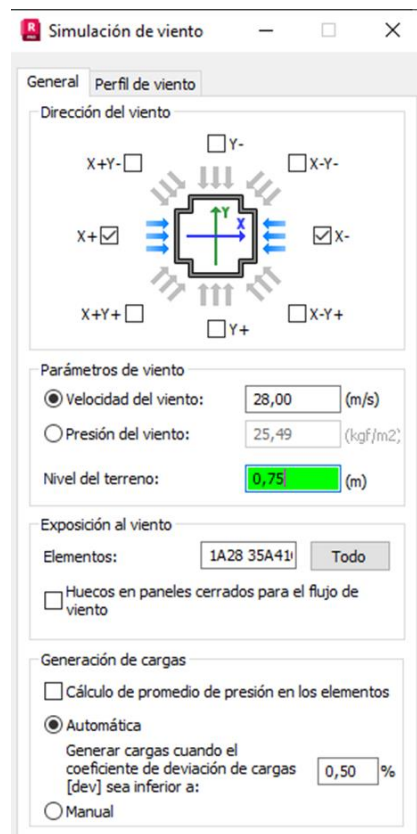
Figura 45
Momentos

Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
14/ 1	118,17	0,09	2199,55	-0,15	1184,84	-0,14
14/ 2	189,63	0,15	3529,76	-0,24	1901,40	-0,23
14/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota. Elaborada por los autores.

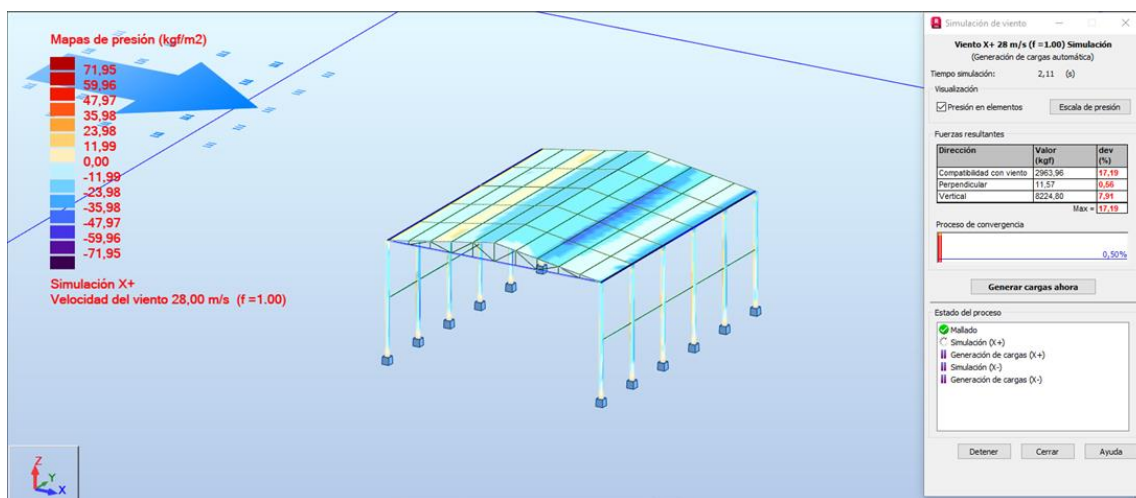
4.29 Simulación con respecto a cargas de viento

Figura 46
Simulación de viento



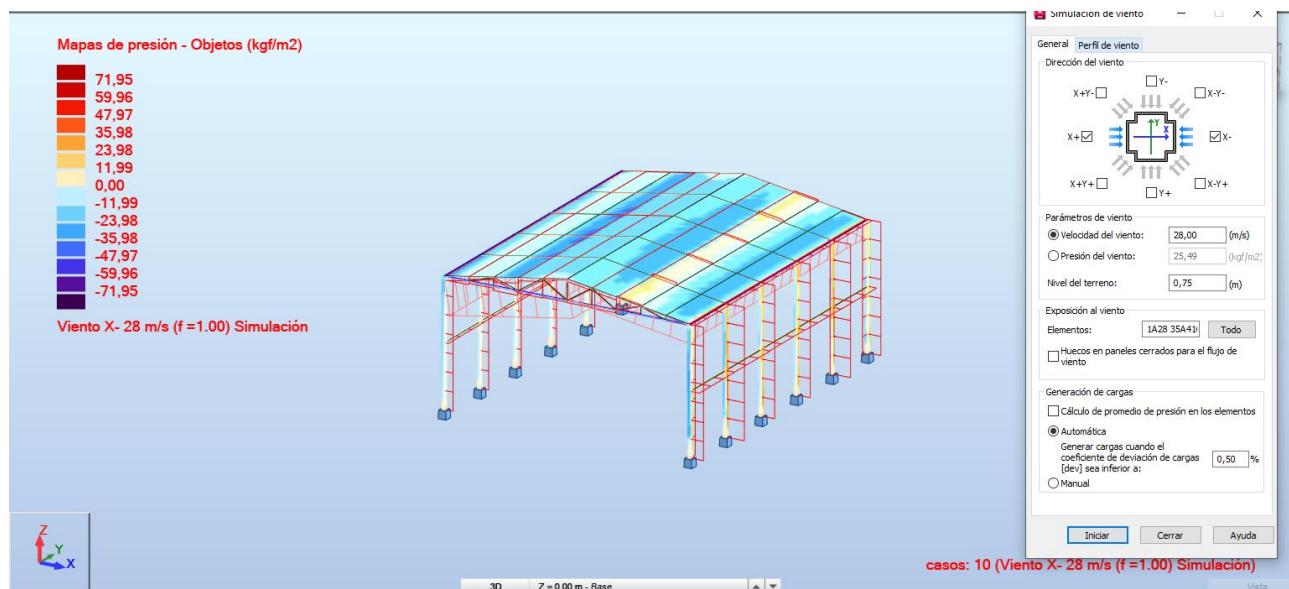
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 47
Simulación en (X+)



Nota. Elaborada por los autores.

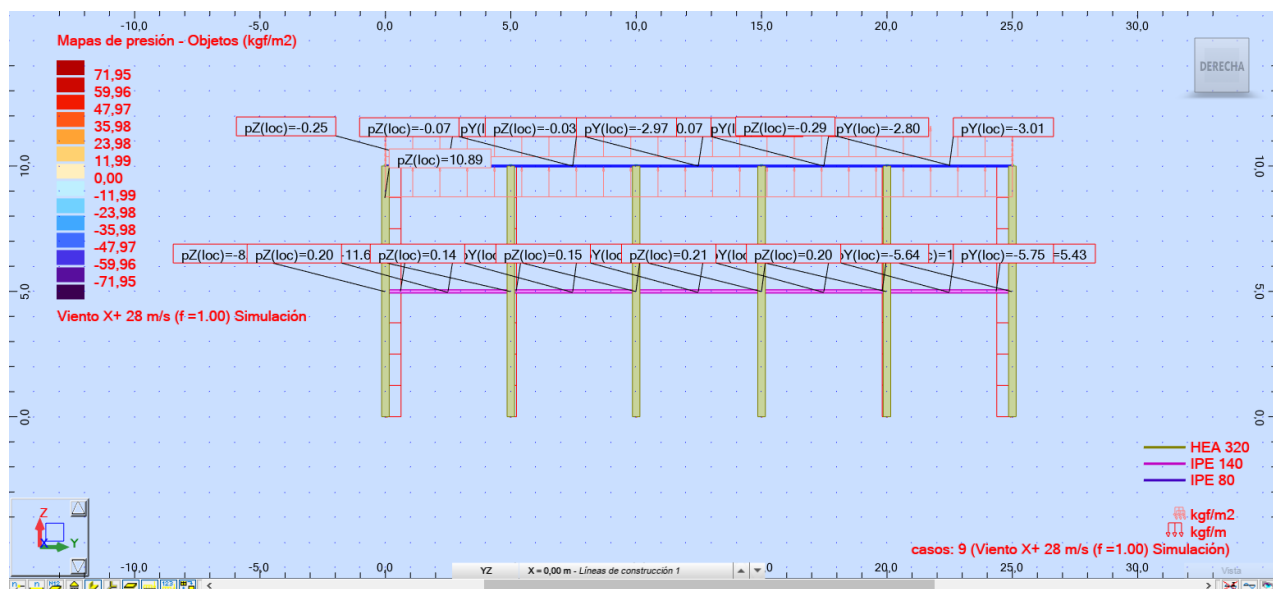
Figura 48
Simulación en (X-)



Nota. Elaborada por los autores.

4.29.1 Vista en eje YZ

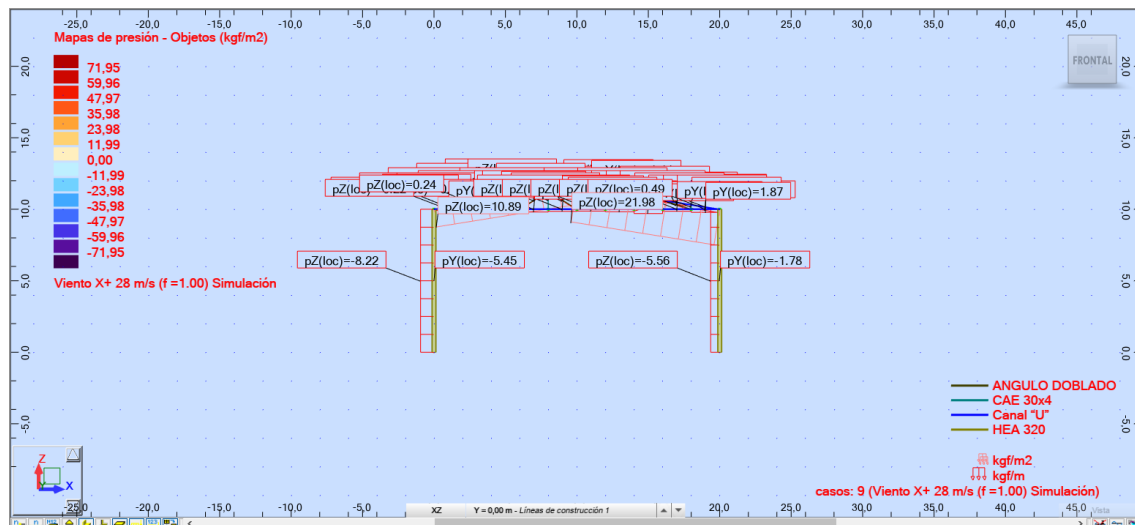
Figura 49
Vista en eje YZ



Nota. Elaborada por los autores.

4.29.2 Vista en eje XZ

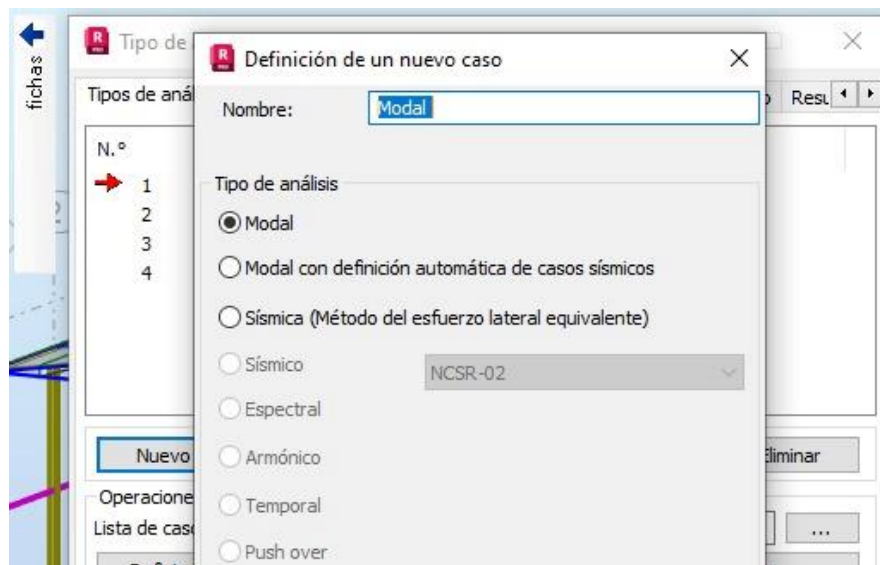
Figura 50
Vista en eje XZ



Nota. Elaborada por los autores.

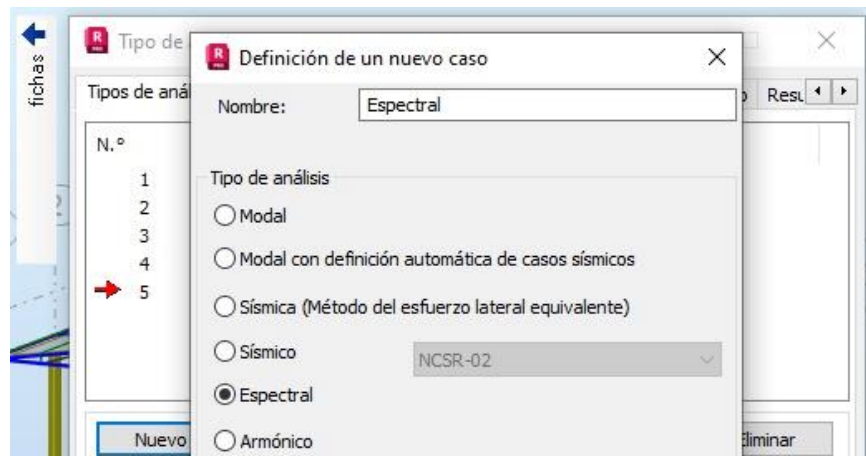
4.30 Deformación en la estructura por cargas sísmicas

Figura 51
Deformación en la estructura por cargas sísmicas



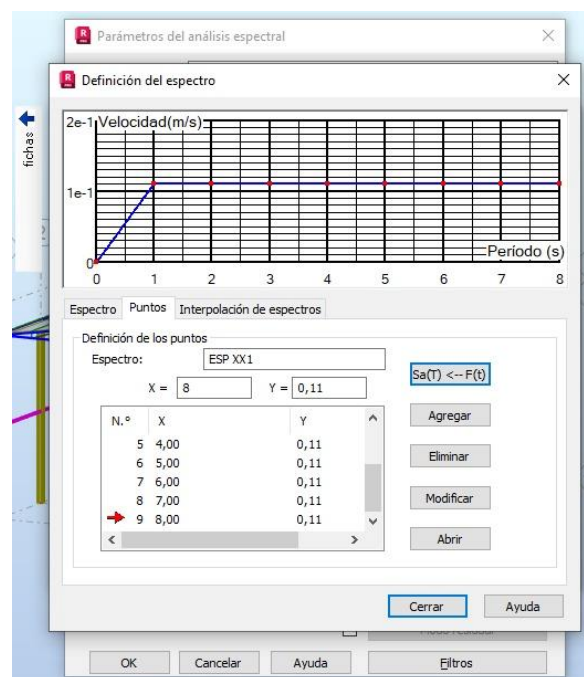
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 52
Espectral



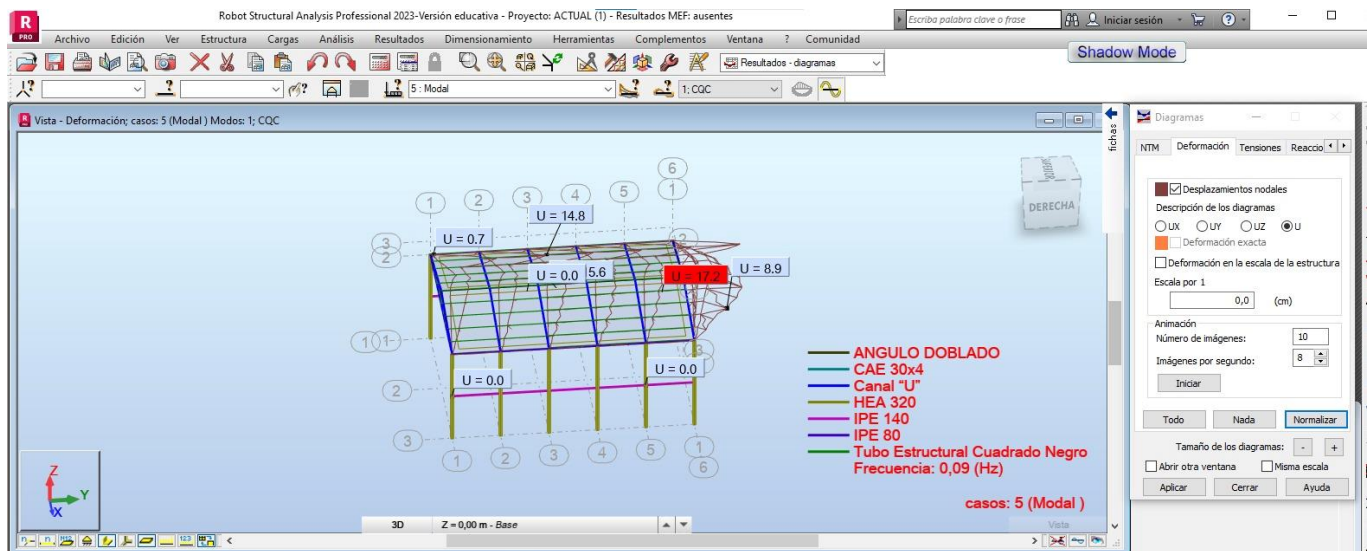
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 53
Definición del Espectro



Nota. Elaborada por los autores.

Figura 54
Resultado de la deformación



Nota. Elaborada por los autores.

4.31 Tabla correspondiente a los largueros

Propiedades: Barra n.º 365

Nudos	X	Y	Z	[m]
52	17,50	5,00	8,05	
86	17,50	10,00	8,05	
Longitud L=5,00 [m]				

Tipo de barra: LRFD2000_Tejado_listón1
 Sección: Tubo Estructural Cuadrado Negro
 Material: ACERO A37

Atributos adicionales:
 Ángulo gama=9,1
 Excentricidad=Desfase_71,
 Relajamientos=Relajación_1, ffffl ffffl

Características de la sección:
 Tubo Estructural Cuadrado Negro

HY=10,0, HZ=10,0 [cm]
 AX=7,84 [cm²]
 IX=188,24, IY=125,54, IZ=125,54 [cm⁴]

Características de material:

E=21414040472,54 (kgf/m²) NI=0,30 G=8239307000,86 (kgf/m²)
 Peso específico (densidad)=7852,83 (kgf/m³) Re=24473189,11 (kgf/m²)
 LX=0,00 (1/°C)

Resultados: Barra n.º 365

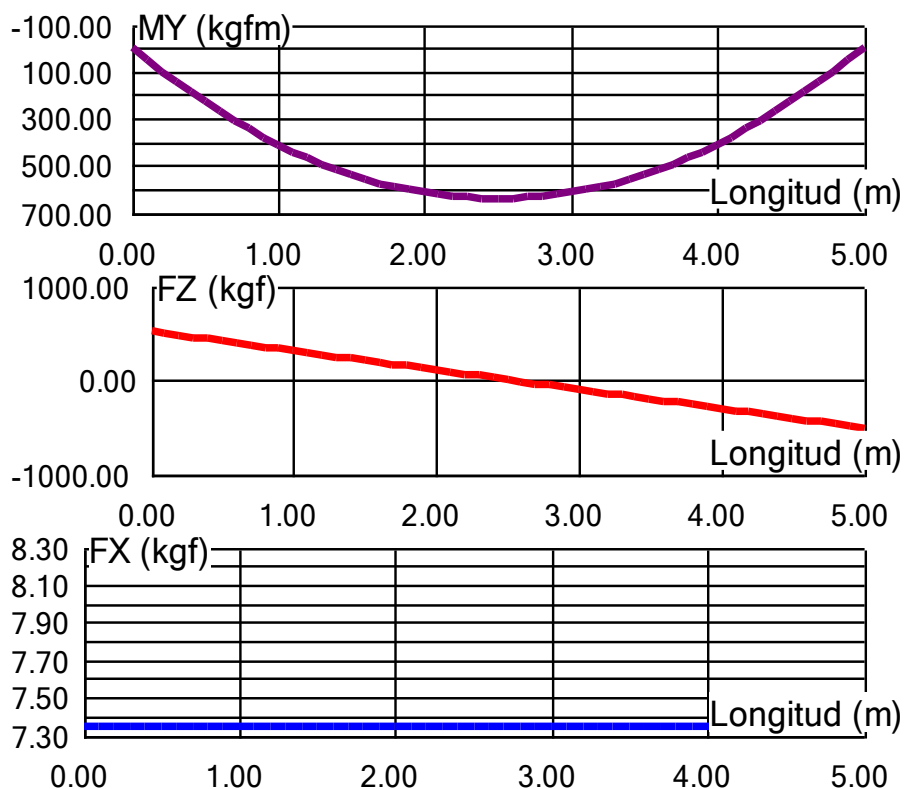
Caso 13 1.2d+1.6l

Desplazamientos [cm]:

52	UX=2,0	UY=-11,5	UZ=-23,0
86	UX=1,8	UY=-1112,9	UZ=-5997,5

Flechas máximas [cm]:

UX=0,0	UY=-1,0	UZ=-6,2	
en el punto	X=0,10	X=0,50	X=0,50



Barra n.º 365 Tubo Estructural Cuadrado Negro Longitud L=5,00 (m) Caso 13 1.2d+1.6l

Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)	
MAX para la barra 365	7,35	513,12	641,40
en el punto:	0,0	0,0	2,50
MIN para la barra 365	7,35	-513,12	-0,00
en el punto:	0,0	5,00	5,00

Comprobación relamentaria de acuerdo con LRFD2000

Sección: Tubo Estructural Cuadrado Negro
 Tipo de barra: LRFD2000_Tejado_listón1
 Material: ACERO A37 Re=24473189,11 (kgf/m2)

* Perfil incorrecto

Símbolo	Ax, ly, lz ...	Unidad	Descripción
Solicitud:			
RAT	42.31		solicitud
4 ELU /2/ 1*1.20 + 2*1.20 + 3*1.60 + 10*1.20 + 11*1.60			Caso de carga
más desfavorable - ELU			
x = 1.00 L = 5.00 m			Puntos
Otros			
Lambda y	124.95		esbeltez de la barra
Lambda z	124.95		esbeltez de la barra
Flechas (COORDENADAS LOCALES):			
uy	-2.6	cm	flecha de la barra en la dirección

Y
 uy max 2.0 cm Deformación admisible de la
 barra en la dirección Y
 7 ELS /1/ Caso de carga más desfavorable
 - ELS
 No verificado

4.32 Correas tipo “U”

Propiedades: Barra n.º 82

Nudos	X	Y	Z	[m]
54	12,00	10,00	11,28	
55	14,00	10,00	10,96	

Longitud L=2,03 [m]

Tipo de barra: ANSI/AISC_360-16_Celosía_correa_superior1
 Sección: Canal “U”
 Material: ACERO 36

Atributos adicionales:
 Ángulo gama=-90,0
 Relajamientos=Relajación_3, fffff fffffl

Características de la sección:
 Canal “U”

HY=5,0, HZ=12,5 [cm]
 AX=6,57 [cm²]
 IX=0,19, IY=153,78, IZ=15,28 [cm⁴]

Características de material:

E=21000000000,00 (kgf/m ²)	NI=0,30	G=8259701325,12 (kgf/m ²)
Peso específico (densidad)=7852,83 (kgf/m ³)		Re=25300000,00 (kgf/m ²)
LX=0,00 (1/°C)		

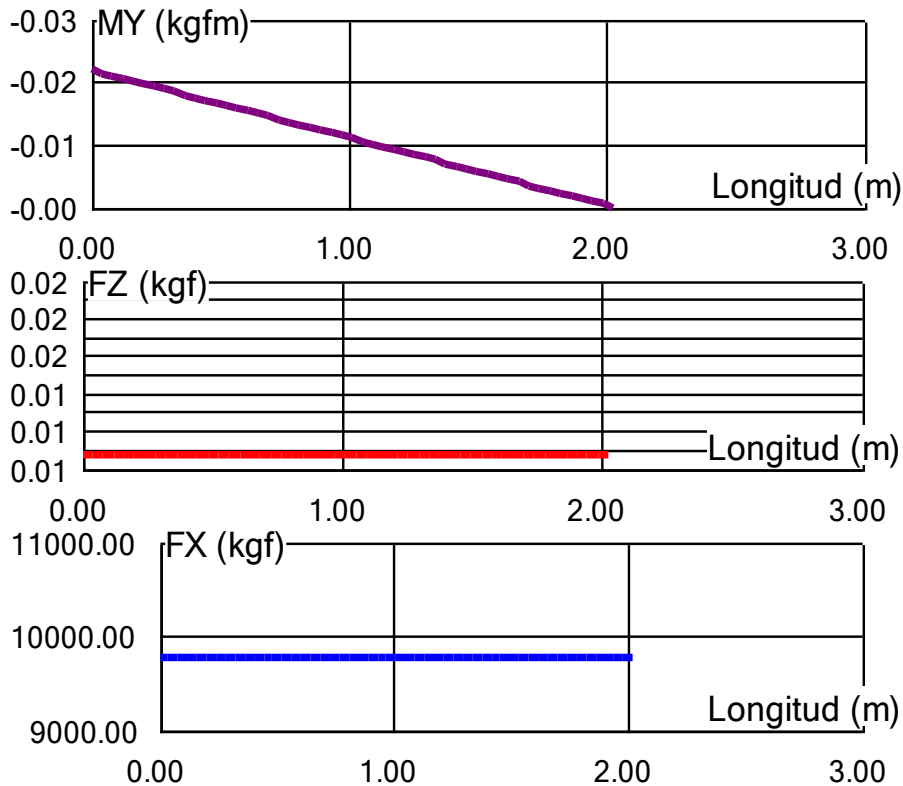
Resultados: Barra n.º 82

Caso 1 CARGA MUERTA

Desplazamientos [cm]:

54	UX=1,4	UY=9,3	UZ=0,0
----	--------	--------	--------

55 UX=1,2 UY=8,9 UZ=0,0
 Flechas máximas [cm]:
 UX=-0,0 UY=0,0 UZ=0,0
 en el punto X=0,25 X=0,40 X=0,40



Barra n.º 82 Canal "U" Longitud L=2,03 (m) Caso 1 CARGA MUERTA

Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)	
MAX para la barra 82	558,195	0,01	0,0
en el punto:	0,0	0,0	2,03
MIN para la barra 82	558,195	0,01	-0,02
en el punto:	0,0	0,0	0,0

Comprobación relamentaria de acuerdo con LRFD2000

Sección: Canal "U"
 Tipo de barra: ANSI/AISC_360-16_Celosía_correa_superior1
 Material: ACERO 36 Re=25300000,00 (kgf/m2)

* Perfil incorrecto

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitud:			
RAT	5.47		solicitud
5 1.2D+1.6L	1*1.20+2*1.60		Caso de carga más
desfavorable - ELU			
x = 0.00 L = 0.00 m			Puntos

Otros			
Lambda y	41.86		esbeltez de la barra
Lambda z	119.53		esbeltez de la barra

4.33 Montantes

Propiedades: Barra n.º 17

Nudos	X	Y	Z	[m]
20	8,00	5,00	10,00	
24	8,00	5,00	11,28	
Longitud L=1,28 [m]				

Tipo de barra: ANSI/AISC_360-16_Celosía_montante1
 Sección: CAE 30x4
 Material: ACERO 36

Atributos adicionales:
 Ángulo gama=0,0
 Relajamientos=Relajación_1, fffll fffll

Características de la sección:
 CAE 30x4

HY=3,0, HZ=3,0 [cm]
 AX=2,27 [cm²]
 IX=0,12, IY=1,80, IZ=1,80 [cm⁴]

Características de material:

E=2100000,00 (kgf/cm ²)	NI=0,30	G=825970,13 (kgf/cm ²)
Peso específico (densidad)=7852,83 (kgf/m ³)		Re=2530,00 (kgf/cm ²)
LX=0,00 (1/°C)		

Resultados: Barra n.º 17

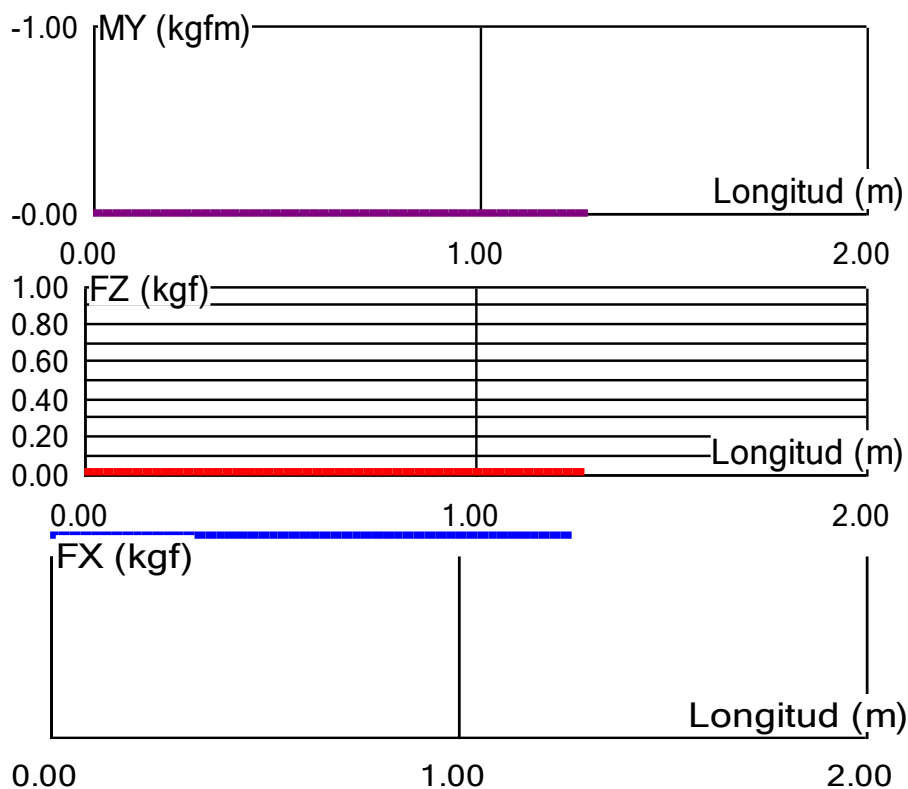
Caso 1 CARGA MUERTA

Desplazamientos [cm]:

20	UX=-9,2	UY=0,0	UZ=0,2
24	UX=-9,2	UY=0,0	UZ=0,0

Flechas máximas [cm]:

UX=0,0	UY=-0,0	UZ=-0,0	
en el punto	X=0,50	X=0,60	X=0,75



Barra n.º 17 CAE 30x4 Longitud L=1,28 (m) Caso 1 CARGA MUERTA

Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)	
MAX para la barra 17	-0,10	0,00	0,00
en el punto:	0,0	0,0	1,28
MIN para la barra 17	-0,10	0,00	0,0
en el punto:	0,0	0,0	0,0

Comprobación relamentaria de acuerdo con LRFD2000

Sección: CAE 30x4
 Tipo de barra: ANSI/AISC_360-16_Celosía_montante1
 Material: ACERO 36 Re=2530,00 (kgf/cm²)

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitación:			
RAT	0.00		solicitación
5 1.2D+1.6L	1*1.20+2*1.60		Caso de carga más
desfavorable - ELU			
x = 0.00 L = 0.00 m			Puntos
Otros			
Lambda y	143.64		esbeltez de la barra
Lambda z	114.91		esbeltez de la barra

4.34 Angulo doble

Propiedades: Barra n.º 1298

Nudos	X	Y	Z	[m]
321	12,50	25,00	7,65	
170	13,75	25,00	8,65	
Longitud L=1,60 [m]				

Tipo de barra: LRFD2000_Celosía_diagonal1

Sección: angulo doblado

Material: ACERO A37

Nombre de la barra: LRFD2000_Celosía_diagonal1_1298

Lista de barras componentes: 1298

Atributos adicionales:

Ángulo gama=0,0

Relajamientos=Relajación_1, ffffl ffffl

Características de la sección:

angulo doblado

HY=10,0, HZ=2,5 [cm]

AX=2,85 [cm²]

IX=0,08, IY=1,60, IZ=53,89 [cm⁴]

Características de material:

E=210000,00 (MPa)

NI=0,30

G=80800,00 (MPa)

Peso específico (densidad)=77,01 (kN/m³)

Re=240,00 (MPa)

LX=0,00 (1/°C)

Resultados: Barra n.º 1298

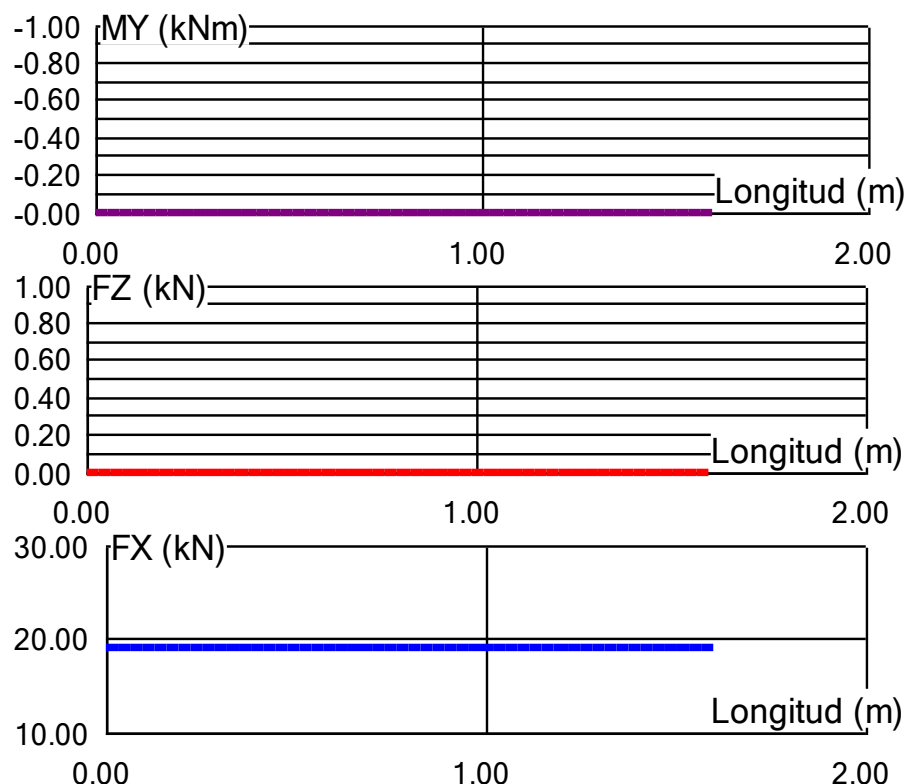
Caso 13 1.2d+1.6l

Desplazamientos [cm]:

321	UX=-49,3	UY=6,3	UZ=-50,5
170	UX=-49,3	UY=6,7	UZ=-56,7

Flechas máximas [cm]:

	UX=0,0	UY=-0,0	UZ=0,0
en el punto	X=0,35	X=0,60	X=0,50



Barra n.º 1298 angulo doblado Longitud L=1,60 (m) Caso 13 1.2d+1.6l

	Fx (kN)	Fz (kN)	My (kN*m)
MAX para la barra 1298	18,88	0,00	0,00
en el punto:	0,0	0,0	1,60
MIN para la barra 1298	18,88	0,00	0,0
en el punto:	0,0	0,0	0,0

Comprobación relamentaria de acuerdo con UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014

Sección: angulo doblado

Tipo de barra: LRFD2000_Celosía_diagonal1

Material: ACERO A37 Re=240,00 (MPa)

Perfil inestable

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitación:			
RAT	10.81		solicitación
4 ELU /2/ 1*1.20 + 2*1.20 + 3*1.60 + 10*1.20 + 11*1.60			Caso de carga
más desfavorable - ELU			
x = 0.10 L = 0.16 m			Puntos
Otros			
Lambda y	213.81		esbeltez de la barra
Lambda z	36.84		esbeltez de la barra

4.35 Barras

Propiedades: Barra n.º 1

Nudos	X	Y	Z	[m]
1	0,0	0,0	0,0	
2	0,0	0,0	10,00	
Longitud L=10,00 [m]				

Tipo de barra: ANSI/AISC_360-16_Pilar_izquierdo1
 Sección: HEA 320
 Material: ACERO 36

Atributos adicionales:
 Ángulo gama=0,0

Características de la sección:
 HEA 320

$\bar{Y}$ =30,0, $\bar{Z}$ =31,0 [cm]
 A =124,37 [cm²]
 I _X=102,00, I _Y=22928,60, I _Z=6985,24 [cm⁴]

Características de material:

E =2100000,00 (kgf/cm²) ν =0,30 G =825970,13 (kgf/cm²)
 Peso específico (densidad)=7852,83 (kgf/m³) R_e =2530,00 (kgf/cm²)
 α =0,00 (1/°C)

Resultados: Barra n.º 1

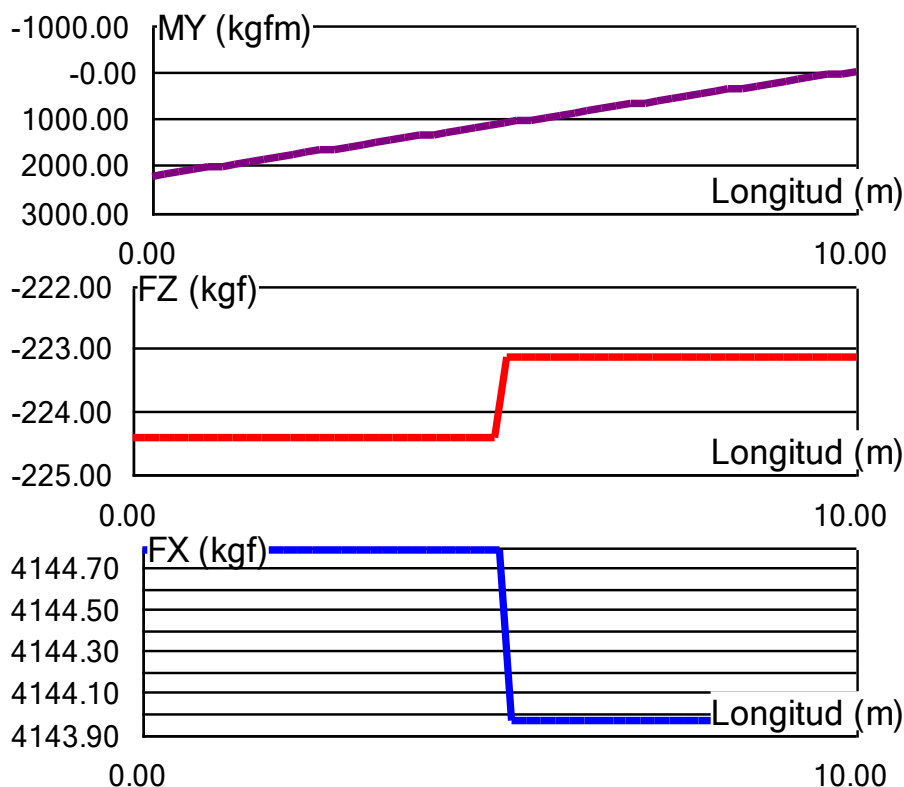
Caso 5 1.2D+1.6L

Desplazamientos [cm]:

1	U_X =0,0	U_Y =0,0	U_Z =0,0
2	U_X =-0,0	U_Y =0,0	U_Z =1,5

Flechas máximas [cm]:

U_X =-0,0	U_Y =-0,0	U_Z =-0,3	
en el punto	X =0,50	X =0,35	X =0,42



Barra n.º 1 HEA 320 Longitud L=10,00 (m) Caso 5 1.2D+1.6L

Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)	
MAX para la barra 1	4144,78	-223,17	2238,06
en el punto:	0,0	5,20	0,0
MIN para la barra 1	4143,96	-224,42	0,03
en el punto:	5,20	0,0	10,00

Comprobación relamentaria de acuerdo con LRFD2000

Sección: HEA 320
 Tipo de barra: ANSI/AISC_360-16_Pilar_izquierdo1
 Material: ACERO 36 Re=2530,00 (kgf/cm²)

■ Perfil correcto

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitud:			
RAT	0.02		solicitud
5 1.2D+1.6L	1*1.20+2*1.60		Caso de carga más
desfavorable - ELU			
x = 0.50 L = 5.00 m			Puntos
Otros			
Lambda y	73.65		esbeltez de la barra
Lambda z	133.43		esbeltez de la barra
Desplazamientos (COORDENADAS GLOBALES):			
vx	0.7	cm	desplazamiento de la barra en la

dirección X			
vx max	6.7	cm	desplazamiento admisible de la
barra en la dirección X			
2 CARGA VIVA			Caso de carga más desfavorable
- ELS			
Verificado			
vy	0.0	cm	desplazamiento de la barra en la
dirección Y			
vy max	6.7	cm	desplazamiento admisible de la
barra en la dirección Y			
2 CARGA VIVA			Caso de carga más desfavorable
- ELS			
Verificado			

4.36 Comparaciones de esfuerzos en los elementos de la estructura

Tabla 18

Comparaciones de esfuerzos en los elementos

Datos del programa				
	Fz	My	Mz	kgf/cm
Largueros	7,35	513,12	641,4	64140,14
Correas tipo U	558,195	0	0	56950
Angulo doble	18,88	0	0	192522

Nota. Elaborado por los autores.

Datos manuales		
	kgf/cm	
Largueros	63629	
Correas tipo U	56810	
Angulo doble	194215	

Nota. Elaborado por los autores.

Porcentaje de los elementos		
Largueros	0,80	
Correas tipo U	0,25	
Angulo doble	0,88	

Nota. Elaborado por los autores.

4.37 Esfuerzos en los nudos

Figura 55
Esfuerzos en los nudos

Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
1/ 1	59,57	0,10	1100,10	-0,17	594,02	-0,46
1/ 2	95,59	0,16	1765,41	-0,27	953,27	-0,74
1/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 4 (C)	83,39	0,14	1540,14	-0,23	831,63	-0,65
1/ 5 (C)	224,42	0,38	4144,78	-0,62	2238,06	-1,74
1/ ELU+	83,39	0,14	1540,14	-0,15	831,63	-0,42
1/ ELU-	53,61	0,09	990,09	-0,23	534,62	-0,65
3/ 1	-59,49	0,09	1109,08	-0,15	-494,19	0,29
3/ 2	-95,46	0,15	1779,81	-0,24	-793,05	0,47
3/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/ 4 (C)	-83,28	0,13	1552,71	-0,21	-691,86	0,41
3/ 5 (C)	-224,13	0,35	4178,59	-0,57	-1861,91	1,10
3/ ELU+	-53,54	0,13	1552,71	-0,14	-444,77	0,41
3/ ELU-	-83,28	0,08	998,17	-0,21	-691,86	0,26
14/ 1	118,17	0,10	2199,55	-0,16	1184,84	-0,14
14/ 2	189,63	0,16	3529,76	-0,26	1901,40	-0,23
14/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14/ 4 (C)	165,44	0,14	3079,37	-0,23	1658,78	-0,20
14/ 5 (C)	445,21	0,37	8287,08	-0,61	4464,04	-0,54
14/ ELU+	165,44	0,14	3079,37	-0,14	1658,78	-0,13
14/ ELU-	106,35	0,09	1979,59	-0,23	1066,36	-0,20
16/ 1	-118,49	0,09	2217,48	-0,15	-987,54	0,20
16/ 2	-190,15	0,14	3558,54	-0,23	-1584,77	0,32
16/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16/ 4 (C)	-165,89	0,12	3104,47	-0,20	-1382,55	0,28
16/ 5 (C)	-446,43	0,33	8354,64	-0,55	-3720,68	0,76
16/ ELU+	-106,64	0,12	3104,47	-0,13	-888,79	0,28
16/ ELU-	-165,89	0,08	1995,73	-0,20	-1382,55	0,18
36/ 1	106,02	-0,01	2209,23	0,01	1058,33	0,11
36/ 2	170,13	-0,01	3545,30	0,02	1698,38	0,17
36/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36/ 4 (C)	148,43	-0,01	3092,92	0,02	1481,66	0,15
36/ 5 (C)	399,44	-0,02	8323,56	0,04	3987,40	0,41
36/ ELU+	148,43	-0,01	3092,92	0,02	1481,66	0,15
36/ ELU-	95,42	-0,01	1988,31	0,01	952,50	0,10
38/ 1	-105,65	-0,00	2208,27	0,01	-1056,47	-0,00
38/ 2	-169,54	-0,01	3543,76	0,01	-1695,39	-0,01
38/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38/ 4 (C)	-147,91	-0,00	3091,57	0,01	-1479,06	-0,00
38/ 5 (C)	-398,04	-0,01	8319,93	0,02	-3980,39	-0,01
38/ ELU+	-95,08	-0,00	3091,57	0,01	-950,82	-0,00

Nota. Elabora por el programa robot Structural Analysis.

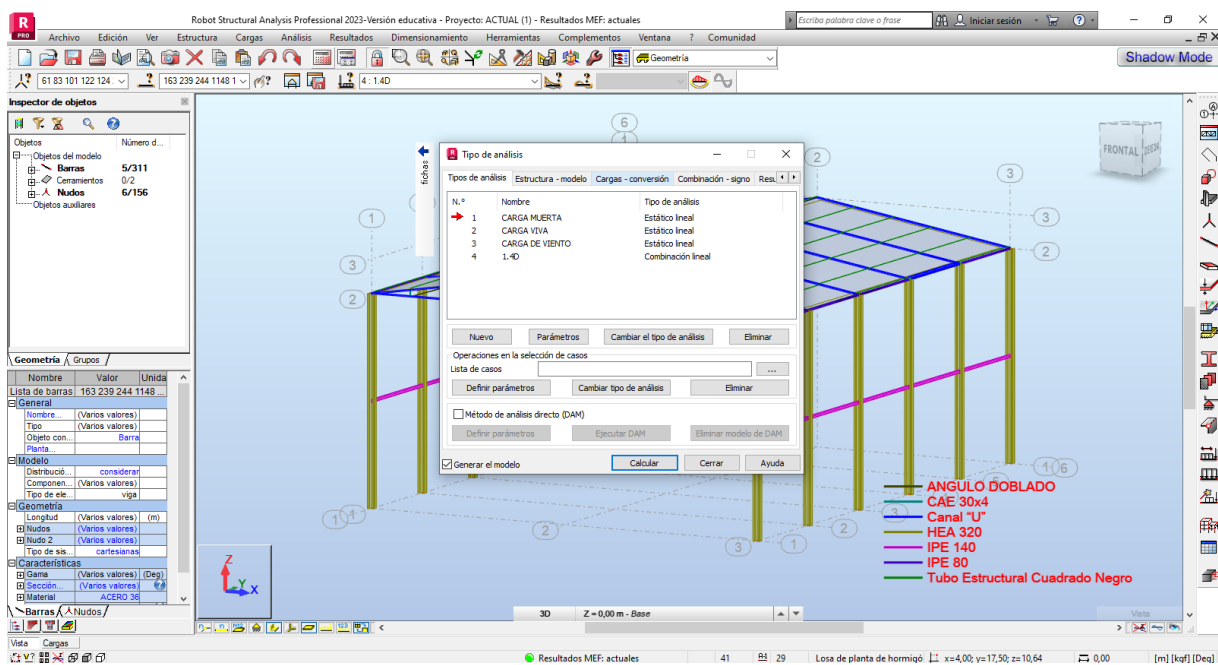
38/ ELU-	-147,91	-0,00	1987,44	0,01	-1479,06	-0,00
58/ 1	105,73	-0,00	2209,24	0,00	1056,87	-0,06
58/ 2	169,66	-0,00	3545,31	0,01	1696,03	-0,10
58/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58/ 4 (C)	148,02	-0,00	3092,93	0,01	1479,62	-0,08
58/ 5 (C)	398,33	-0,01	8323,59	0,01	3981,90	-0,23
58/ ELU+	148,02	-0,00	3092,93	0,01	1479,62	-0,05
58/ ELU-	95,15	-0,00	1988,31	0,00	951,18	-0,08
60/ 1	-105,94	0,00	2208,26	-0,01	-1057,92	0,05
60/ 2	-170,00	0,00	3543,74	-0,01	-1697,72	0,08
60/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60/ 4 (C)	-148,31	0,00	3091,56	-0,01	-1481,09	0,07
60/ 5 (C)	-399,12	0,01	8319,90	-0,02	-3985,86	0,18
60/ ELU+	-95,34	0,00	3091,56	-0,01	-952,13	0,07
60/ ELU-	-148,31	0,00	1987,43	-0,01	-1481,09	0,04
80/ 1	105,50	-0,09	2209,11	0,16	1056,80	0,16
80/ 2	169,30	-0,15	3545,11	0,25	1695,92	0,26
80/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80/ 4 (C)	147,70	-0,13	3092,75	0,22	1479,52	0,22
80/ 5 (C)	397,49	-0,36	8323,10	0,59	3981,63	0,60
80/ ELU+	147,70	-0,09	3092,75	0,22	1479,52	0,22
80/ ELU-	94,95	-0,13	1988,20	0,14	951,12	0,14
82/ 1	-105,28	-0,09	2207,92	0,14	-1055,67	-0,21
82/ 2	-168,94	-0,14	3543,20	0,23	-1694,11	-0,34
82/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82/ 4 (C)	-147,39	-0,12	3091,09	0,20	-1477,94	-0,30
82/ 5 (C)	-396,64	-0,33	8318,62	0,53	-3977,39	-0,80
82/ ELU+	-94,75	-0,08	3091,09	0,20	-950,11	-0,19
82/ ELU-	-147,39	-0,12	1987,13	0,13	-1477,94	-0,30
102/ 1	59,41	-0,10	1099,75	0,16	592,97	0,34
102/ 2	95,33	-0,16	1764,84	0,26	951,58	0,55
102/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
102/ 4 (C)	83,17	-0,14	1539,65	0,23	830,16	0,48
102/ 5 (C)	223,82	-0,37	4143,44	0,61	2234,10	1,29
102/ ELU+	83,17	-0,09	1539,65	0,23	830,16	0,48
102/ ELU-	53,47	-0,14	989,77	0,15	533,68	0,31
104/ 1	-59,55	-0,09	1109,43	0,15	-494,56	-0,36
104/ 2	-95,56	-0,15	1780,38	0,24	-793,65	-0,58
104/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
104/ 4 (C)	-83,36	-0,13	1553,21	0,21	-692,38	-0,50

Nota. Elabora por el programa robot Structural Analysis.

Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
1/ 5 (C)	224,42	0,38	4144,78	-0,62	2238,06	-1,74
3/ 5 (C)	-224,13	0,35	4178,59	-0,57	-1861,91	1,10
14/ 5 (C)	445,21	0,37	8287,08	-0,61	4464,04	-0,54
16/ 5 (C)	-446,43	0,33	8354,64	-0,55	-3720,68	0,76
36/ 5 (C)	399,44	-0,02	8323,56	0,04	3987,40	0,41
38/ 5 (C)	-398,04	-0,01	8319,93	0,02	-3980,39	-0,01
58/ 5 (C)	398,33	-0,01	8323,59	0,01	3981,90	-0,23
60/ 5 (C)	-399,12	0,01	8319,90	-0,02	-3985,86	0,18
80/ 5 (C)	397,49	-0,36	8323,10	0,59	3981,63	0,60
82/ 5 (C)	-396,64	-0,33	8318,62	0,53	-3977,39	-0,80
102/ 5 (C)	223,82	-0,37	4143,44	0,61	2234,10	1,29
104/ 5 (C)	-224,35	-0,35	4179,93	0,57	-1863,31	-1,36
Caso 5 (C)						
1.2D+1.6L						
Suma final	0,00	-0,00	83217,15	0,00	1497,61	-0,33
Suma de reaccio	0,00	-0,00	83217,15	1040214,44	-831934,60	-0,00
Suma de esfuer	-0,00	0,0	-83217,15	-1040214,44	831934,60	0,00
Verificación	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Precisión:	6,56149e-13	2,72817e-27				

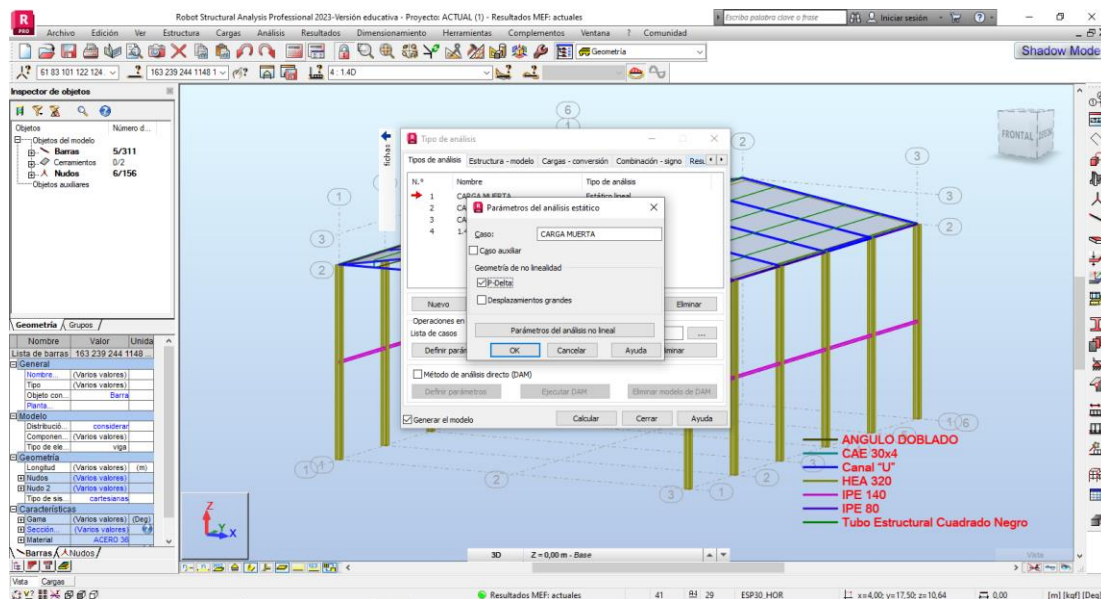
Nota. Elabora por el programa robot Structural Analysis.

Figura 56
Cargas - conversión



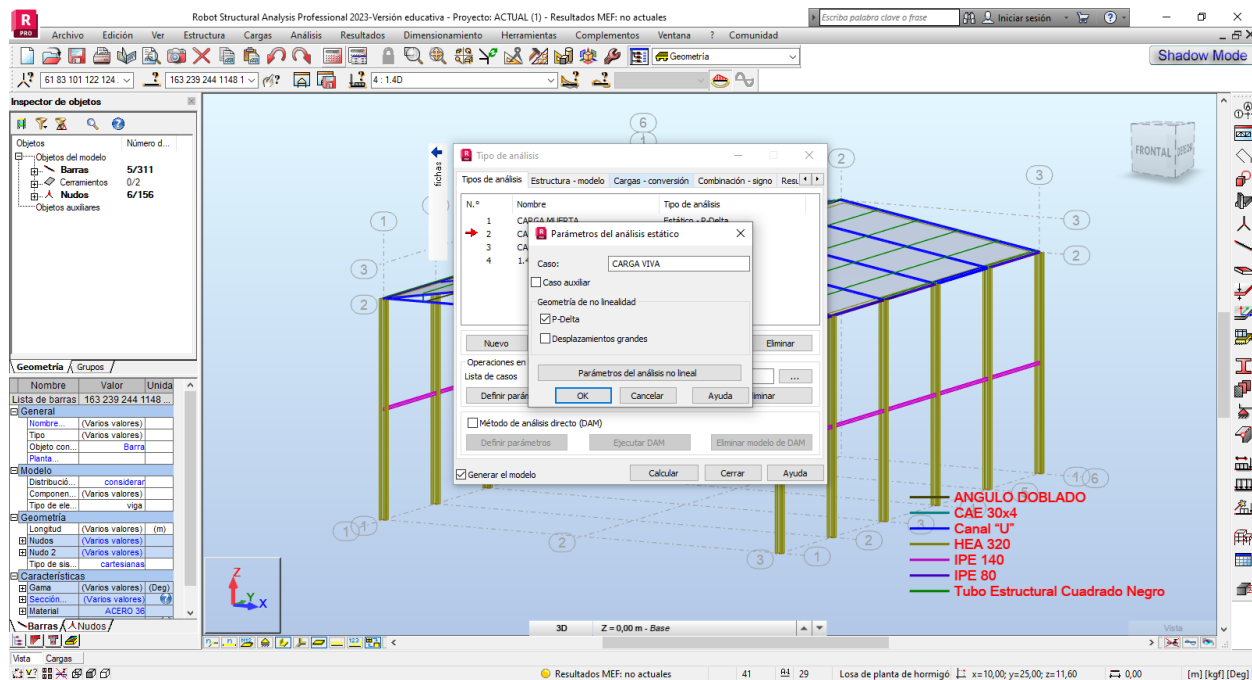
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 57
Parámetro del análisis carga (D)



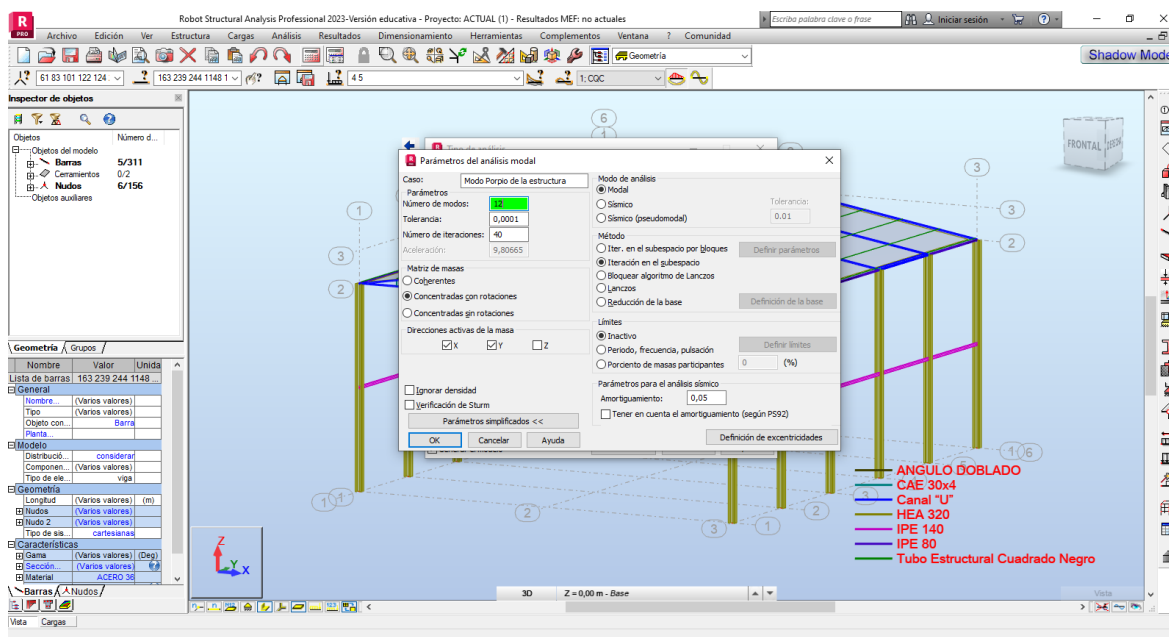
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 58
Parámetro del análisis carga (L)



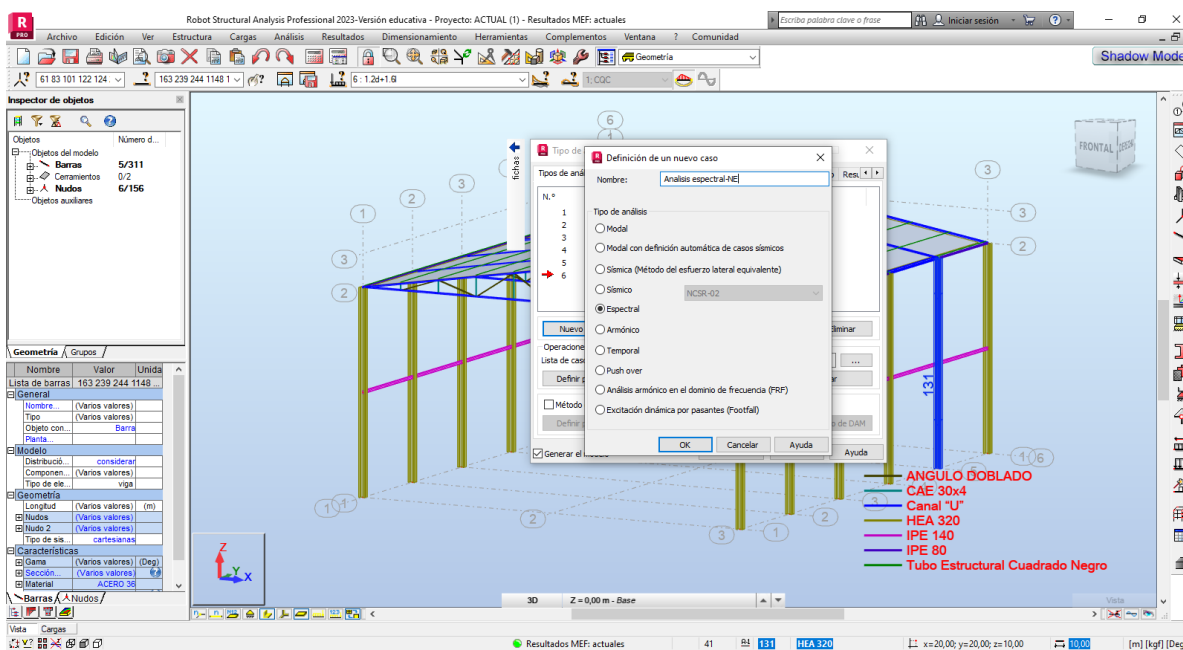
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 59
Parámetro del análisis modal



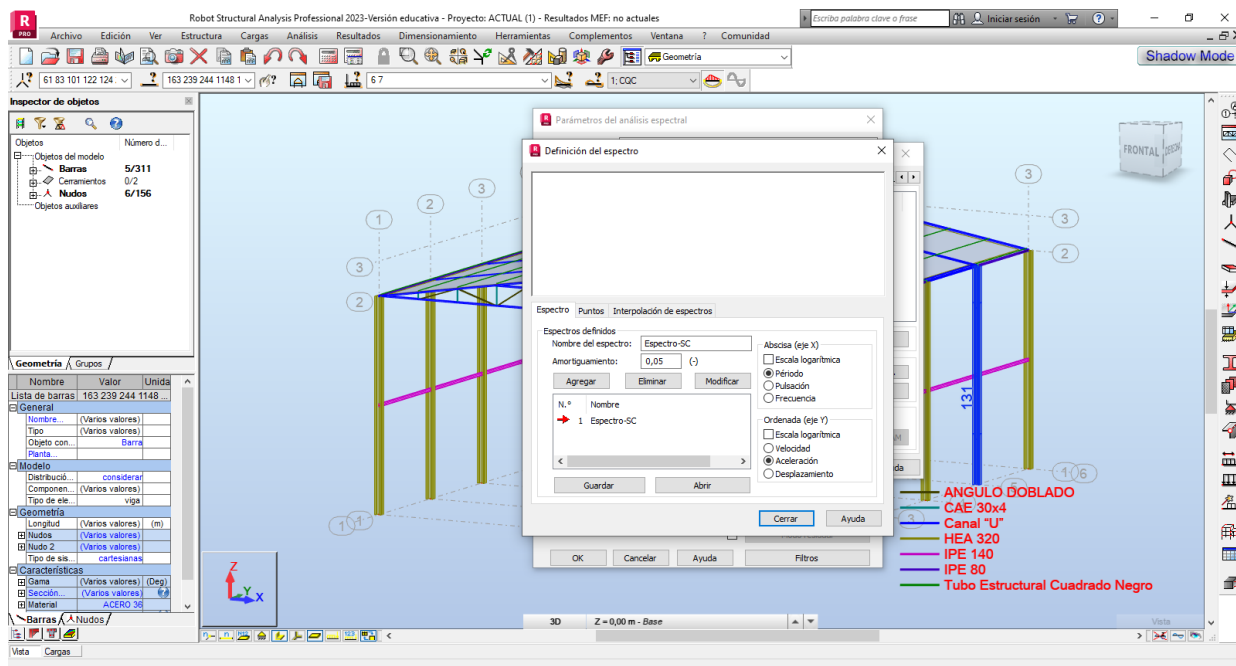
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 60
Análisis espectral -NE

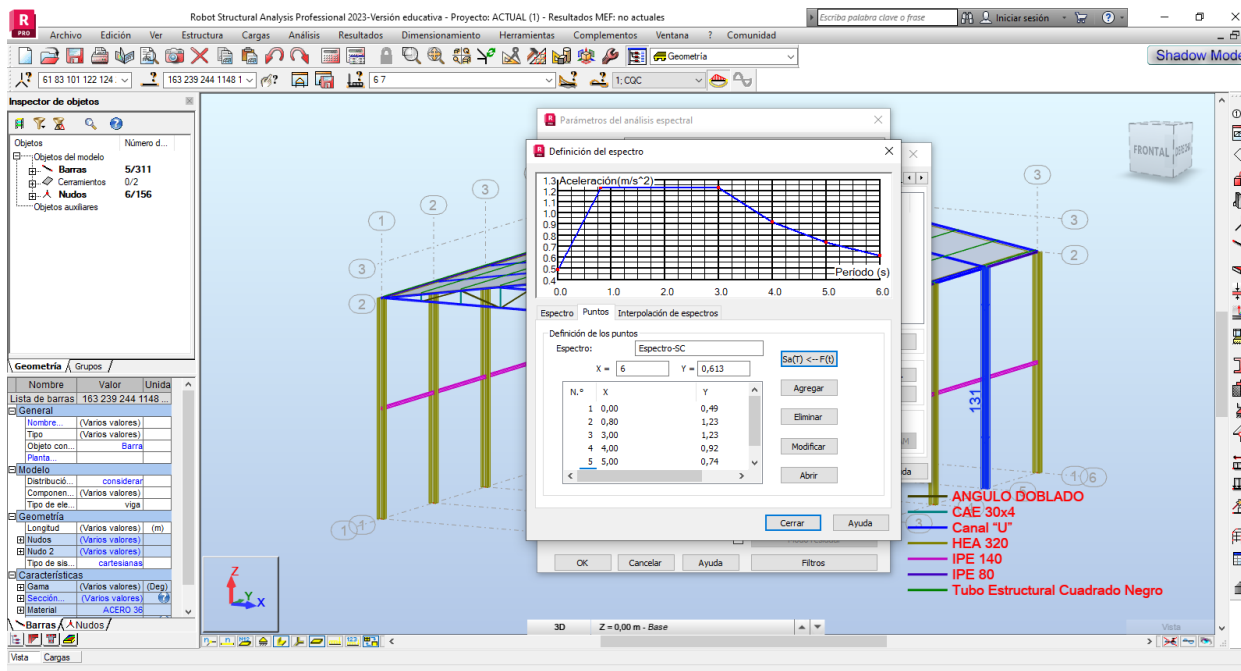


Nota. Elaborada por los autores.

Figura 61
Definición del espectro

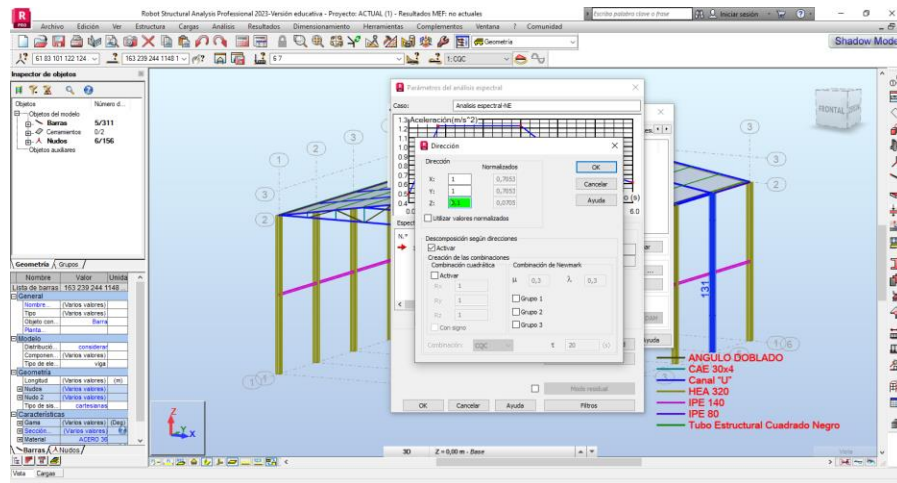


Nota. Elaborada por los autores.



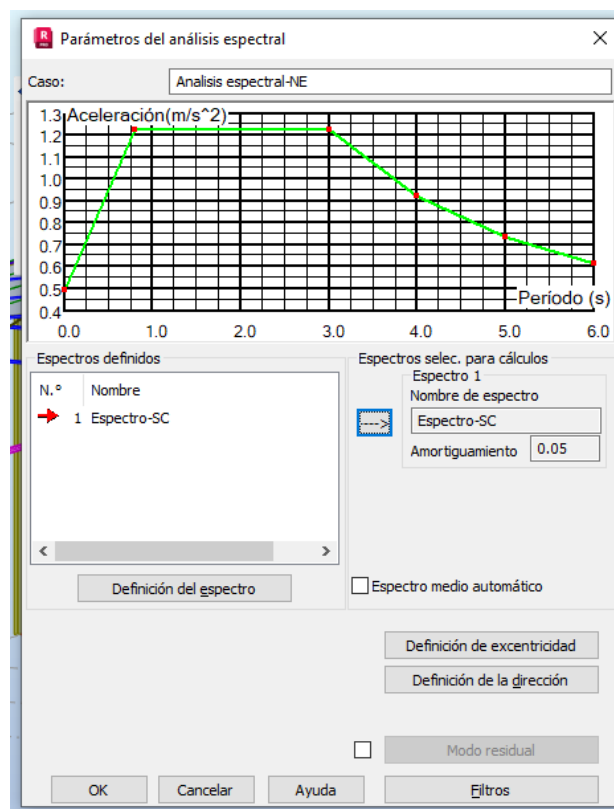
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 62
Direcciones



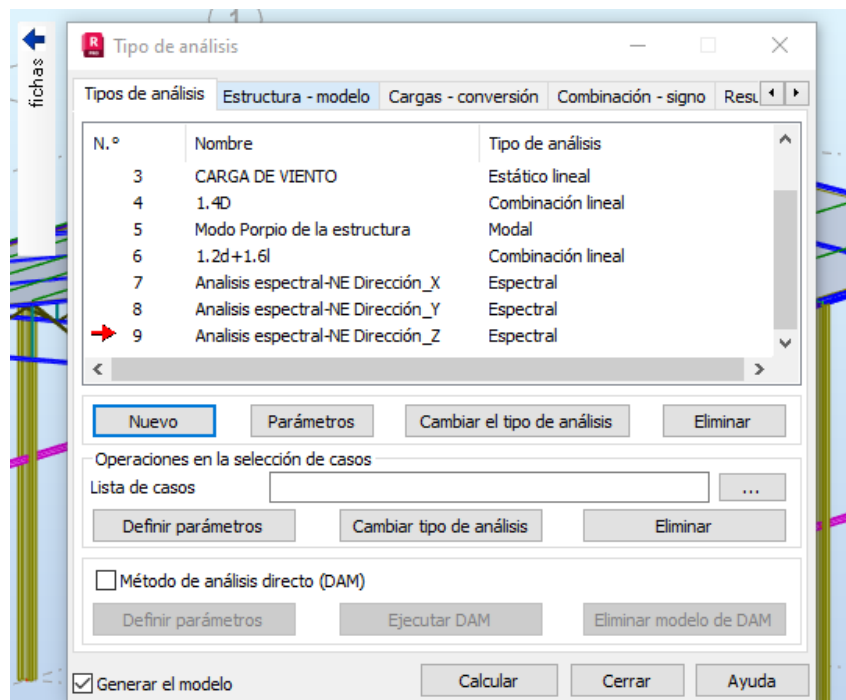
Nota. Elaborada por los autores.

Figura 63
Análisis espectral - NE

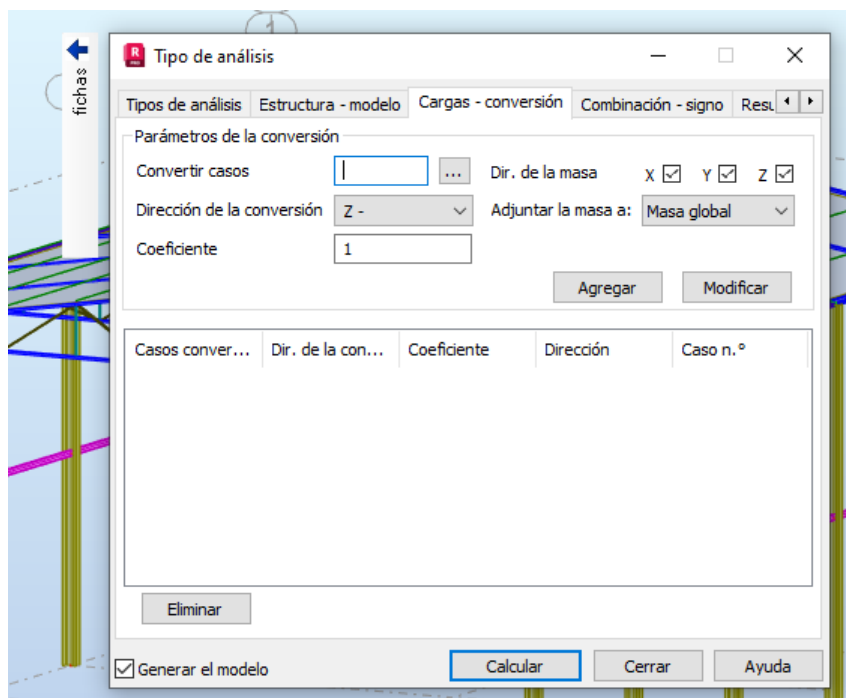


Nota. Elaborada por los autores.

Figura 64
Tipos de análisis



Nota. Elaborada por los autores.



Nota. Elaborada por los autores.

0,5 en carga viva, porque se debe considerar 50% de la carga y en muerta el 100%

Figura 65
Cargas - conversión

Tipo de análisis

Tipos de análisis | Estructura - modelo | **Cargas - conversión** | Combinación - signo | Resu...

Parámetros de la conversión

Convertir casos: 1 ... Dir. de la masa: X ☒ Y ☒ Z ☒

Dirección de la conversión: Z - Adjuntar la masa a: Masa global

Coeficiente: 1

Agregar **Modificar**

Casos conver...	Dir. de la con...	Coeficiente	Dirección	Caso n.º
➔ 1	Z -	1,00	XYZ	Masa global
2	Z -	0,50	XYZ	Masa global

Eliminar

☒ Generar el modelo **Calcular** **Cerrar** **Ayuda**

Nota. Elaborada por los autores.

5 CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

El diseño y análisis estructural del galpón sismorresistente para el cantón Daule destacó la relevancia de integrar estándares normativos, herramientas tecnológicas avanzadas y consideraciones ambientales para asegurar edificaciones comerciales seguras y funcionales en áreas de alta actividad sísmica. La aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) junto con el uso del software Robot Structural Analysis permitió alcanzar un diseño óptimo, garantizando un adecuado comportamiento estructural frente a cargas dinámicas y condiciones geotécnicas específicas de la zona.

El empleo de materiales como acero estructural y cubiertas ligeras aportó significativamente a la eficiencia del proyecto, mejorando su capacidad para disipar energía sísmica y reduciendo costos de construcción y mantenimiento. Asimismo, la implementación de sistemas de arriostramiento y cimentaciones diseñadas conforme al estudio del terreno aseguró la estabilidad estructural frente a fuerzas sísmicas laterales y verticales.

Este proyecto no solo satisface la creciente demanda de infraestructura comercial en una zona en desarrollo como Daule, sino que también constituye un modelo sostenible y replicable que prioriza la seguridad, la economía y el respeto al entorno. Con este enfoque integral, se reafirma el compromiso de la ingeniería civil en la creación de espacios resilientes que contribuyan al progreso económico y social, mediante soluciones constructivas modernas y adaptadas a los requerimientos de diseño sismorresistente.

5.2 RECOMENDACIONES

Es imprescindible que los proyectos similares al de esta investigación cumplan rigurosamente con las normativas vigentes, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) y estándares internacionales reconocidos, como AISC 360 y ASCE 7-16. El cumplimiento de estas regulaciones garantiza tanto la seguridad estructural como un diseño óptimo para enfrentar los riesgos asociados a sismos y condiciones ambientales específicas del cantón Daule y áreas con características similares.

Antes de iniciar cualquier construcción, resulta esencial llevar a cabo un estudio geotécnico detallado que proporcione información precisa sobre las condiciones del terreno y su capacidad para soportar cargas. Estos datos son fundamentales para diseñar cimentaciones confiables que eviten problemas como asentamientos diferenciales, asegurando la estabilidad y seguridad de la estructura durante toda su vida útil.

La selección de materiales, como el acero estructural y las cubiertas livianas, debe considerarse una prioridad debido a su alta relación resistencia-peso, durabilidad y excelente comportamiento frente a eventos sísmicos. La correcta elección de estos componentes permite optimizar tanto los costos de construcción como los de mantenimiento, logrando una mayor eficiencia del proyecto.

Además, es recomendable implementar un programa periódico de inspección y mantenimiento de los elementos estructurales del galpón, incluyendo las conexiones, sistemas de arriostramiento y cubiertas. Esto garantizará la detección temprana de posibles desgastes o fallas, contribuyendo a prolongar la vida útil de la edificación y a mantener su funcionalidad y seguridad.

En proyectos futuros, se sugiere incorporar prácticas sostenibles en el diseño, como el uso de materiales reciclados, sistemas que aprovechen la iluminación natural y estrategias para una ventilación cruzada eficiente. Estas medidas no solo minimizan el impacto ambiental, sino que también mejoran las condiciones internas del galpón y reducen los costos operativos, promoviendo un desarrollo urbano más sostenible.

Por último, se recomienda impulsar la capacitación continua de los profesionales responsables del diseño y construcción de estructuras sismorresistentes. Esto asegurará su actualización en el uso de herramientas tecnológicas modernas y fomentará la implementación de soluciones innovadoras, permitiendo además que proyectos exitosos como este puedan replicarse en otras regiones con características geotécnicas y sísmicas similares.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahumada, I. C. (diciembre de 2010). *Gmoralexv2*. Obtenido de

https://gmoralexv2.weebly.com/uploads/2/8/0/5/28058651/especificacion_ansi-aisc_360-10_vigas.pdf

ALCIVAR, G. C. (2015). *ISSUU*. Obtenido de NEC-SE-DS PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE:

https://issuu.com/gustavochonlongalcivar/docs/nec_se_ds__peligro_sismico_/73

AULA SEPROINCA. (enero de 2019). Obtenido de

<https://aulaseproinca.blogspot.com/2019/01/todo-sobre-naves-industriales-o-galpones.html>

Barbat, H., Oller, S., & Vielma, J. C. (2005). *Monografías de Ingeniería Sísmica* Editor A. H. Barbat. Obtenido de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/28500/MIS56.pdf>

Becerra, D. A. (agosto de 2015). *"Diseño de un Galpón Industrial Aplicando Método de Elemento Finito Aplicando el Programa ANSYS® para el Taller de la Empresa*

Metalmecánica" (Titulo profesional, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL

LITORAL). DSpace en ESPOL. Obtenido de TIPOS DE CARGA EN UNA

ESTRUCTURA: <https://dspace.espol.edu.ec/retrieve/89100/D-79977.pdf>

BLANCO, M. (agosto de 2011). *CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO*

SISMORRESISTENTE. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v27n3/art08.pdf>

CAHUM, Z. (Enero de 2021). *SCRIBD*. Obtenido de SISTEMA DE CONTRAVENTEIO:

<https://es.scribd.com/doc/83074008/contraventeo>

Cancino, C., Lardinois, S., Dina D' Ayala, C. F., Dávila, D. T., Meléndez, E. V., & Santamato, L.

V. (2012). *THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE LOS ANGELES*. Obtenido de https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/proyecto_v1.pdf

Carrizales, V. (febrero de 2016). *Scribd* . Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/354281676/Diseno-de-galpon>

Castro, D. G., & Sarmiento, M. R. (2009). *Academida.edu*. Obtenido de EDIFICACIONES CON DISIPADORES DE ENERGIA:

https://www.academia.edu/8261746/EDIFICACIONES_CON_DISIPADORES_DE_ENERGIA

CRISAFULLI, F. J. (marzo de 2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero*.

Obtenido de

https://cms.alacero.org/uploads/disenio_sismorresistente_de_construcciones_de_acero_5ta_ed_20135148cc.pdf

Duarte, M. d. (septiembre de 2016). *MIDUVI* . Obtenido de Secretaria de gestion de riesgos :

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GUIA-6-GEOTECNICA.pdf>

Etecé, E. (19 de noviembre de 2023). *CONCEPTO*. Obtenido de <https://concepto.de/sismo/>

Ferrera-Toujague, H. d., Candebat-Sánchez, D., & González-Díaz, L. (13 de Septiembre de

2018). *CIGET*. Obtenido de COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ANTE

ACCIONES SÍSMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL DE ACERO EN SANTIAGO

DE CUBA: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358509001/html/>

Floriani, L. d. (16 de junio de 2021). *ScienceDirect*. Obtenido de

https://www.google.com/search?q=caracter%C3%ADsticas+topogr%C3%A1fica&rlz=1C1CHBF_esEC1123EC1123&oq=caracter%C3%ADsticas+topogr%C3%A1fica&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIHCAEQABiABDIHCAIQABiABDIICAMQABgWGB4yCAgEEAAYFhgeMggIBRAAGBYHjIICAYQABgWGB4yCAgHEAAYF

Fuentes, R. O. (enero de 2018). *Repositorio UG*. Obtenido de TESIS-DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN GALPÓN METÁLICO: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/a41dc129-377c-4007-b9e0-e224f6e689c8>

GACEROSC. (26 de Abril de 2023). *3G ACEROS*. Obtenido de <https://3gaceros.com/perfiles-de-acero-mas-utilizados-en-la-construccion/?srsltid=AfmBOopkursfCLtsb9Z620XfXzwGMsFOLD1oRHWp2QhA7es5m-AVUZTo>

Gutiérrez, I. (23 de marzo de 2023). *INGEK*. Obtenido de <https://www.ingek.cl/post/tipos-de-cargas-y-como-afectan-a-las-estructuras>

HERADIA, J. (MARZO de 2019). *STUDOCU*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/benemerita-universidad-autonoma-de-puebla/mecanica-de-solidos/22-diagrama-esfuerzo-deformacion-ejemplos-ejercicios/9877907>

Ingeoexpert. (31 de octubre de 2022). *Ingeoexpert*. Obtenido de https://ingeoexpert.com/2022/10/31/falla-geologica/?srsltid=AfmBOooweIvp3OuKCf_HqnDgJ7sosG000BURcoklMrewRIPsMcPk5kU6

JIMÉNEZ, M. H. (2022). ARQUITECTURA SISMORRESISTENTE. MÁS ALLÁ DE LAS FRONTERAS (TFG, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID). 2022.

- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID. Obtenido de
https://oa.upm.es/72666/1/TFG_Ene23_Hernanz_Jimenez_Maria.pdf
- López, O. A. (22 de Abril de 2023). *Scielo*. Obtenido de https://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2004000100001
- MECALUX* . (08 de noviembre de 2021). Obtenido de Diseño y estructura de sistemas de estanterías sismorresistentes: <https://www.mecalux.com.co/blog/estanterias-sismorresistentes-antisismicas>
- MIDUVI*. (noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf>
- Nautical Channel*. (7 de febrero de 2023). Obtenido de <https://nauticalchannel.es/noticia/barlovento-y-sotavento>
- NEC-SE-DS, PELIGRO SÍSMICO* . (DICIEMBRE de 2014). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- Rojas, A. (20 de diciembre de 2019). *Geoxnet*. Obtenido de Ondas Sísmicas: <https://post.geoxnet.com/glossary/ondas-sismicas/>
- SERVEI ESTACIO*. (2024). Obtenido de <https://serveiestacio.com/blog/tipos-de-perfiles-de-acero-caracteristicas-y-aplicaciones-basicas/?srsltid=AfmBOopJRsAMMgWShsW7butaR9BtsW79ZpsgiTWsiajz9rw8UUI4GBWo>
- SERVICOR*. (01 de Marzo de 2024). Obtenido de <https://servicor.com.ec/index.php/2024/03/01/acero-estructural-que-es-propiedades-tipos-usos-y-caracteristicas/>

SkyCiv Engineering. (25 de noviembre de 2023). Obtenido de

<https://skyciv.com/es/docs/tutorials/load-tutorials/tributary-area-explained/#:~:text=El%20%C3%81rea%20Tributaria%20es%20la,elemento%20es%20responsable%20de%20transportar..>

TECNOLOGIAS M.T. (19 de enero de 2022). Obtenido de <https://mtcopeland.com/es/blog/what-is-structural-steel/>

TORRES, D. X. (2024). *repositorio institucional de la UPS* . Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27678/1/UPS-GT005145.pdf>

Tremblay, R. (enero de 2017). *ResearchGATE*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/324572223_An_Overview_of_the_Changes_to_AISC_341-Seismic_Provisions_for_Structural_Steel_Buildings

Valencia, E. D. (diciembre de 2014). *ministerio de desarrollo urbano y vivienda*. Obtenido de

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>

Valencia, E. D. (2023). *MIDUVI*. Obtenido de CARGAS :

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>

Valencia, R. E. (febrero de 2021). *Academia.edu*. Obtenido de

https://www.academia.edu/35728941/Diseno_galpon_SAP_2000

Vergara, B. J. (2020). DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN GALPÓN PARA LA EMPRESA CONTRUSTAR S.A. EN EL PARQUE INDUSTRIAL EL SAUCE, UBICADO EN GUAYAQUIL KM 11.5 VÍA A DAULE (Tesis de título profesional, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL). 2020. REPOSITORIO DIGITAL.

Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/T-

70528%20%20%20%20%20%20%20Larrea%20Vergara%20Boli%CC%81var%20Jesu
%CC%81s.pdf

Vicente, E. V. (diciembre de 2017). *colegio oficial arquitectos de cadiz*. Obtenido de

<https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/Tipos-de-cimentacion.pdf>

VIELMA, J. (diciembre de 2017). *Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile*. Obtenido de

<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.09.001>

VIELMA, J. (diciembre de 2017). *Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile*. Obtenido de

<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.09.001>