



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE GALPÓN DESTINADO AL
ALMACENAMIENTO DE INSUMOS FARMACÉUTICOS EN EL KM 6.5 VÍA DURÁN-
TAMBO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

Autores: Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay

Andres Estuardo Benavides Aguiar

Tutor: Ing. Kevin Ricardo Proaño Viscarra, Msc

Guayaquil-Ecuador

2025

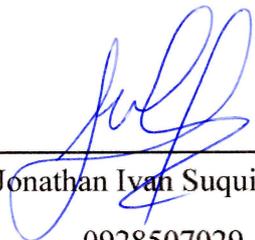
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay con documento de identificación N° 0928507029 y Andres Estuardo Benavides Aguiar con documento de identificación N° 0250362068; 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, 16 de enero del año 2025

Atentamente,



Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay
0928507029



Andres Estuardo Benavides Aguiar
0250362068

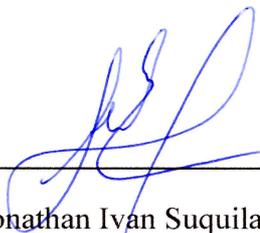
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay con documento de identificación N° 0928507029 y Andres Estuardo Benavides Aguiar con documento de identificación N° 0250362068, 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: “Análisis estructural de galpón destinado al almacenamiento de insumos farmacéuticos en el km 6.5 vía Durán-Tambo”, 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, 16 de enero del año del 2025

Atentamente,



Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay
0928507029



Andres Estuardo Benavides Aguiar
0250362068

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Kevin Ricardo Proaño Viscarra Tobar con documento de identificación N° 1205363326, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE GALPÓN DESTINADO AL ALMACENAMIENTO DE INSUMOS FARMACÉUTICOS EN EL KM 6.5 VÍA DURÁN-TAMBO”, realizado por Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay con documento de identificación N° 0928507029 y Andres Estuardo Benavides Aguiar con documento de identificación N° 0250362068, 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, 16 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Kevin Ricardo Proaño Viscarra , Mgtr.
1205363326

AGRADECIMIENTOS

Al culminar este trabajo de investigación, quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte fundamental en este proceso.

Agradezco a mi tutor de tesis, por su orientación, paciencia y apoyo constante. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para superar cada etapa de esta redacción.

A quienes fueron mis docentes de la Universidad Politécnica Salesiana gracias por su dedicación y enseñanzas a lo largo de mi formación. Sus conocimientos y valores han sido una inspiración que me acompañará siempre. De igual manera a mi compañero de tesis por su colaboración y ayuda a lo largo de esta redacción han sido clave para alcanzar este propósito.

A mi familia, en especial a mis padres, quienes me han brindado su apoyo incondicional, amor y paciencia a lo largo de todo este recorrido académico. Sin su respaldo, esta meta no hubiera sido posible.

Finalmente, expreso mi gratitud al Ing. Leonardo Echeverría Fabre. DBA por llevar seguimiento de nuestro paso a paso en esta etapa de culminación de la carrera sea de forma directa o indirecta, ha contribuido significativamente a la realización de este trabajo. A todos, gracias por ser parte de este logro.

Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, y a mis padres quienes han sido mi guía y fortaleza durante este camino. Su amor incondicional, su sacrificio y todo lo que me han enseñado ha sido muy importante para alcanzar esta meta. Gracias por ser mi ejemplo de dedicación y perseverancia, y gracias por su apoyo incondicional.

Agradezco también a la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes por las enseñanzas durante mi formación.

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Leonardo Echeverría Fabre, DBA, por su apoyo y orientación en los momentos clave de la etapa final de mi carrera. Su disposición para compartir su experiencia y sus consejos fueron de gran ayuda, dejando en mí un aprendizaje valioso que aprecio profundamente.

Andres Estuardo Benavides Aguiar

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que han sido mi fortaleza, inspiración y guía en este camino académico. A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo en cada etapa de mi vida. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

Finalmente, dedico este logro a mis padres y a Dios, ya que a pesar de los percances que he tenido a lo largo del tiempo he podido culminar lo establecido, gracias eternamente por su apoyo incondicional.

Jonathan Ivan Suquilanda Gonzabay

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico esta tesis a mis padres, quienes con su esfuerzo, sacrificio y amor incondicional me han brindado las herramientas necesarias para alcanzar esta meta. Papá y mamá, sin ustedes este logro no habría sido posible. Su ejemplo, apoyo constante y fe en mí me han impulsado a superar cada obstáculo y a seguir adelante con determinación.

También dedico este trabajo a toda mi familia, por ser mi fortaleza, mi refugio y mi fuente de inspiración. Gracias por su cariño, comprensión y palabras de aliento en cada etapa de este camino. Este logro es tanto mío como suyo.

Andres Estuardo Benavides Aguiar

RESUMEN

El presente trabajo se centra en realizar un análisis estructural de una bodega destinada al almacenamiento de productos farmacéuticos, ubicada en el Km 6.5 de la carretera Durán-Tambo. Esta iniciativa aborda la necesidad de crear una infraestructura que cumpla con las regulaciones existentes, asegurando la integridad estructural y la usabilidad del área. Para ello, se emplearon técnicas de análisis tanto estáticas como dinámicas con la herramienta tecnológica SAP 2000, teniendo en cuenta las características únicas del terreno, las cargas permanentes y transitorias, junto con los factores climáticos del cantón. Los hallazgos incluyen sugerencias técnicas para mejorar la distribución estructural, garantizar la integridad estructural y el cumplimiento de los estándares establecidos por la (NEC), así como otros reglamentos internacionales tal como AISC 360.

En cuanto a la elección del material para el análisis se procedió a seleccionar el acero A36 el cual posee un límite de fluencia de 2530 kg/cm^2 . Dicho emerge debido a que indica acero al carbono para placas, perfiles como (vigas, ángulos y canales). Aquel se distingue debido a sus múltiples beneficios como son propiedades mecánicas adecuadas, trabajabilidad, disponibilidad y costo.

La alta accesibilidad en el mercado local lo hace ser un material de fácil adquisición y provisión de materiales de forma idónea. Asimismo, su durabilidad y versatilidad agiliza el proceso de construcción de un galpón. Además, su ductilidad permite la creación de conexiones seguras y rentables. De igual manera, la durabilidad que presenta el material frente a diferentes procesos patológicos tal como es la corrosión es de suma importancia ya que al aplicar revestimientos protectores se evitan daños en la estructura así protegiendo todos los componentes resguardados en este.

PALABRAS CLAVE: Procesos patológicos, Propiedades mecánicas, cargas permanentes.

ABSTRACT

The present job focuses on carrying out a structural analysis of a warehouse intended for the storage of pharmaceutical products, located at Km 6.5 of the Durán-Tambo highway. This initiative addresses the need to create infrastructure that complies with existing regulations, ensuring the structural integrity and usability of the area. To do this, both static and dynamic analysis techniques were used with the SAP 2000 technological tool, taking into account the unique characteristics of the terrain, permanent and transient loads, along with the climatic factors of the region. The findings include technical suggestions to improve structural layout, ensure structural integrity and compliance with standards established by the (NEC), as well as other international regulations such as AISC 360.

Regarding the choice of material for the analysis, A36 steel was selected, which has a yield limit of $[2530 \text{ kg/cm}]^2$. This emerges because it indicates carbon steel for plates, profiles such as (beams, angles and channels). It is distinguished due to its multiple benefits such as adequate mechanical properties, workability, availability and cost. The high accessibility in the local market makes it a material that is easy to acquire and provide materials in an ideal way. Likewise, its durability and versatility speeds up the process of building a shed. Additionally, its ductility allows for the creation of safe and cost-effective connections.

Likewise, the durability of the material against different pathological processes such as corrosion is of utmost importance since applying protective coatings prevents damage to the structure, thus protecting all the components protected therein.

KEYWORDS: Pathological processes, Mechanical properties, permanent loads.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	5
AGRADECIMIENTOS	6
DEDICATORIA	7
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
1. Prologo	17
1.1. Antecedentes.....	20
1.2. Ubicación del proyecto.....	23
1.3. Objetivos.....	25
1.3.1. Objetivo general	25
1.3.2. Objetivos específicos	25
1.4. Planteamiento del problema	26
1.5. Delimitación	28
1.6. Justificación	29
2. Marco Teórico.....	31
2.1. Importancia del análisis estructural de un galpón.....	31
2.1.1. Cumplimiento de códigos y normas.....	32
2.1.2. Optimización de recursos y gastos	34
2.1.3. Definición y características de los galpones.	35
2.1.4. Ventajas del uso de galpones	36
2.1.5. Desventajas del uso de galpones	37
2.1.6. Fundamentos del análisis estructural.....	38
2.1.7. Tipos de cargas.....	38
2.1.8. Resistencia de materiales	41
2.1.9. Modelado estructural.....	41
2.2. Materiales en la construcción de galpones	42
2.3. Importancia del SAP2000 para el análisis estructural	43
2.4. Factores de ubicación y medio ambiente.....	43
2.5. Normativas aplicables	45
2.6. Comportamiento estructural	45
2.7. Durabilidad de las estructuras de acero	46
2.8. Propiedades mecánicas del acero	47
2.8.1. La dureza:.....	47
2.8.2. La tenacidad:	47
2.8.3. La ductilidad:	48
2.8.4. La maleabilidad:.....	48

2.9.	Propiedades físicas del acero	49
2.9.1.	La conductividad térmica:	49
2.9.2.	La conductividad eléctrica:	50
2.9.3.	El magnetismo:.....	50
2.10	Conexiones en Estructuras de Acero	51
2.11	Comportamiento de Estructuras Metálicas bajo Carga Sísmica	52
2.12	Consideraciones para el análisis estructural sísmico	53
2.12.1	Tipología del terreno	53
2.13	Coefficientes geotécnicos del perfil del suelo.....	56
2.14	Espectro de diseño	57
2.15	Categorización de la edificación y coeficiente de relevancia	57
2.16	Derivas de piso	59
3.	Marco metodológico	62
3.1	Tipo de investigación	62
3.2	Normativas	63
3.2.1	Revisión de las normativas locales y de seguridad.	63
3.3	Especificaciones de galpón.....	64
3.3.1	Recolección de datos iniciales	64
3.3.2	Obtención de planos y especificaciones del galpón	65
3.4	Predimensionamiento de cercha	67
3.5	Modelado computacional	71
3.5.1	Selección de unidades y estilo a trabajar.....	71
3.5.2	Ingreso de distancias	71
3.5.3	Generación de vista en planta y 3D de la estructura	72
3.5.4	Ingreso de elevación.....	73
3.5.5	Importación del dibujo	74
3.5.6	Importación de elementos columnas	75
3.5.7	Dibujar columnas	77
3.5.8	Dibujar diagonales	79
3.5.9	Importación de elementos vigas.....	80
3.5.10	Importación de ángulos	81
3.5.11	Asignación de correas.....	82
3.5.12	Asignación de restricciones	84
3.5.13	Dibujar correas	87
3.5.14	Creación de apoyo tipo cercha montantes	89
3.5.15	Replicación de elementos tipo cercha montante.....	91

4	Resultados	92
4.1	Simulación de la estructura.....	93
5.1	Conclusiones.....	100
5.2	Recomendaciones	100
	Bibliografía.....	101
	Anexos	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Ilustración 1 Ubicación del terreno en el "Km 6.5 vía Tambo-Durán". (Google earth)...	24
	Ilustración 2 Vista frontal del terreno. (Google earth).....	24
	<i>Ilustración 3 Estructura metálica galpón (progalpon.cl, 2023).....</i>	<i>32</i>
	<i>Ilustración 4 Mapa conceptual normativas de construcción (Suquilanda, 2024).....</i>	<i>33</i>
	<i>Ilustración 5 Mapa conceptual Eurocódigo (Suquilanda, 2024)</i>	<i>34</i>
	<i>Ilustración 6 Gráfica ganancia-costo (Suquilanda, 2024).....</i>	<i>35</i>
	<i>Ilustración 7 Mapa mental ventajas del uso de galpones (Suquilanda, 2024).....</i>	<i>37</i>
	<i>Ilustración 8 Mapa mental desventajas de Galpón (Suquilanda, 2024)</i>	<i>38</i>
	<i>Ilustración 9 Mapa conceptual carga muerta (Suquilanda, 2024).....</i>	<i>39</i>
	<i>Ilustración 10 Mapa conceptual carga viva (Suquilanda, 2024)</i>	<i>40</i>
	<i>Ilustración 11 Mapa conceptual carga accidental (Suquilanda, 2024)</i>	<i>40</i>
	<i>Ilustración 12 Mapa conceptual Resistencia de materiales & Modelado estructural</i> <i>(Suquilanda, 2024).....</i>	<i>41</i>
	<i>Ilustración 13 Galpón Metálico. (galponeshyp.cl, 2024).....</i>	<i>43</i>
	<i>Ilustración 14 Mapa conceptual Ubicación y entorno del galpón (Suquilanda, 2024) ...</i>	<i>44</i>
	<i>Ilustración 15 Cercha metálica. (slideshare.net, 2021)</i>	<i>47</i>
	<i>Ilustración 16 Dureza del acero. (institutoasteco.com, 2022)</i>	<i>47</i>
	<i>Ilustración 17 Tenacidad del acero. (aceroa.com, 2023).....</i>	<i>47</i>
	<i>Ilustración 18 Ductilidad del acero. (tectonica.arch, 2022)</i>	<i>48</i>
	<i>Ilustración 19 Maleabilidad del acero. (inter2000mecanizados.com, 2022).....</i>	<i>48</i>
	<i>Ilustración 20 Propiedades mecánicas del acero (Suquilanda, 2024).....</i>	<i>49</i>
	<i>Ilustración 21 Conducción térmica del acero. (jansen.es, 2021).....</i>	<i>50</i>

<i>Ilustración 22</i>	<i>Conducción eléctrica del acero. (depositphotos.com, 2023)</i>	50
<i>Ilustración 23</i>	<i>Magnetismo del acero. (steelprogroup.com, 2024)</i>	50
<i>Ilustración 24</i>	<i>Mapa conceptual propiedades físicas del acero (Suquilanda, 2024)</i>	51
<i>Ilustración 25</i>	<i>Tipos de conexiones de acero. (dgdesignmodeling.com, 2024)</i>	52
<i>Ilustración 26</i>	<i>Diagrama esfuerzo deformación. (researchgate.net, 2019)</i>	53
<i>Ilustración 27</i>	<i>Suelo rocoso. (lifeder.com, 2021)</i>	54
<i>Ilustración 28</i>	<i>Suelo rígido. (webserver2.ineter.gob.ni, 2022)</i>	54
<i>Ilustración 29</i>	<i>Suelo rígido moderado. (midasoft.com, 2021)</i>	54
<i>Ilustración 30</i>	<i>Suelo blando. (solucionesruvi.blogspot.com, 2022)</i>	55
<i>Ilustración 31</i>	<i>Suelo extremadamente blando. (coripa.com.ar, 2023)</i>	55
<i>Ilustración 32</i>	<i>Espectro elástico horizontal. (steelconsultores.com, 2023)</i>	57
<i>Ilustración 33</i>	<i>Mapa conceptual categorización de edificación. (Suquilanda,2024)</i>	58
<i>Ilustración 34</i>	<i>Deriva de entrepiso. (researchgate.net, 2022)</i>	60
<i>Ilustración 35</i>	<i>Altura total de Galpón. (Suquilanda, 2024)</i>	65
<i>Ilustración 36</i>	<i>Implantación de Galpón. (Suquilanda, 2024)</i>	66
<i>Ilustración 37</i>	<i>Perfiles usados. (Suquilanda,2024)</i>	67
<i>Ilustración 38</i>	<i>Estilo de trabajo Grid Only en SAP2000</i>	71
<i>Ilustración 39</i>	<i>Ingreso de distancias en SAP2000; Fuente: Propia</i>	72
<i>Ilustración 40</i>	<i>Vista en planta y 3D del modelo en SAP2000; Fuente: Propia</i>	72
<i>Ilustración 41</i>	<i>Selección de opción Edit Grid Data; Fuente: Propia</i>	73
<i>Ilustración 42</i>	<i>Selección de opción Modify Show System; Fuente: Propia</i>	73
<i>Ilustración 43</i>	<i>Ingreso de elevaciones correspondientes; Fuente: Propia</i>	74
<i>Ilustración 44</i>	<i>Selección AutoCAD dxf File en SAP2000; Fuente: Propia</i>	74
<i>Ilustración 45</i>	<i>Selección de columnas de dxf a SAP2000; Fuente: Propia</i>	75
<i>Ilustración 46</i>	<i>Visualización de columnas en SAP2000; Fuente: Propia</i>	75
<i>Ilustración 47</i>	<i>Elección de materiales en SAP2000; Fuente: Propia</i>	76
<i>Ilustración 48</i>	<i>Selección de opción Add New Material en SAP2000; Fuente: Propia</i>	76
<i>Ilustración 49</i>	<i>Selección de opción Frame Sections; Fuente: Propia</i>	77
<i>Ilustración 50</i>	<i>Selección de opción Add New Property; Fuente: Propia</i>	77
<i>Ilustración 51</i>	<i>Elección de perfil; Fuente: Propia</i>	78
<i>Ilustración 52</i>	<i>Ingreso de especificaciones del perfil; Fuente: Propia</i>	78

<i>Ilustración 53 Selección del perfil; Fuente: Propia</i>	79
<i>Ilustración 54 Ingreso de datos del perfil; Fuente: Propia</i>	79
<i>Ilustración 55 Selección de vigas; Fuente: Propia</i>	80
<i>Ilustración 56 Designación de perfil correspondiente a la viga; Fuente: Propia</i>	81
<i>Ilustración 57 Importación de ángulos a SAP2000</i>	81
<i>Ilustración 58 Designación de especificaciones del ángulo; Fuente: propia</i>	81
<i>Ilustración 59 Selección de opción Materials; Fuente: Propia</i>	82
<i>Ilustración 60 Asignación de propiedades del material de la correa</i>	83
<i>Ilustración 61 Selección de tipo de perfil correa; Fuente: Propia</i>	83
<i>Ilustración 62 Ingreso de especificaciones del perfil correa; Fuente: Propia</i>	83
<i>Ilustración 63 Selección de opción Joint Restrictions; Fuente: Propia</i>	84
<i>Ilustración 64 Selección de restricción empotrada</i>	85
<i>Ilustración 65 Selección de opción replicar</i>	85
<i>Ilustración 66 Ingreso de número de veces a replicar</i>	86
<i>Ilustración 67 Replicación del pórtico a lo largo del eje</i>	86
<i>Ilustración 68 extruir puntos</i>	87
<i>Ilustración 69 Visualización de correas; Fuente: propia</i>	88
<i>Ilustración 70 Ingreso de datos a extruir en correas</i>	88
<i>Ilustración 71 Visualización de cercha tipo montante</i>	89
<i>Ilustración 72 Dibujar puntos de diagonales en la montante</i>	89
<i>Ilustración 73 Visualización de las diagonales en los montantes</i>	90
<i>Ilustración 74 Visualización de los puntos dibujados en el montante</i>	90
<i>Ilustración 75 Visualización de réplica de montante</i>	91
<i>Ilustración 76 Selección de la opción replicar</i>	91
<i>Ilustración 77 Visualización de ingreso de cargas sobre perfil G; Fuente: Propia</i>	93
<i>Ilustración 78 Selección de opción Replicate; Fuente: Propia</i>	94
<i>Ilustración 79 Visualización de los elementos con sus respectivas cargas; Fuente: Propia</i>	94
<i>Ilustración 80 Visualización de T obtenido; Fuente: Propia</i>	95
<i>Ilustración 81 Modo 1 eje Y; Fuente: Propia</i>	95
<i>Ilustración 82 Modo 2 eje X; Fuente: Propia</i>	96

<i>Ilustración 83 Visualización de riostras; Fuente: Propia</i>	96
<i>Ilustración 84 Simulación de modo 2; Fuente; Propia.....</i>	97
<i>Ilustración 85 Designación del perfil; Fuente: Propia</i>	97
<i>Ilustración 86 Dibujo del perfil: Fuente Propia.....</i>	98
<i>Ilustración 87 Verificación de la estructura ante la simulación; Fuente: Propia</i>	98
<i>Ilustración 88 Cumplimiento de perfiles; Fuente: Propia.....</i>	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenas	23
Tabla 2. Perfiles de suelo	56
Tabla 3. Derivas de piso.....	61
Tabla 4. Simbología	67
Tabla 5. Resumen.....	92

CAPITULO I

PROLOGO

1. Prologo

La siguiente redacción se sostiene en el análisis estructural de una estructura metálica para el almacenamiento de suministros farmacéuticos es de importancia crítica debido a la naturaleza de los artículos que se almacenarán en este espacio. Estos insumos requieren condiciones particulares de blindaje, aseguramiento y seguridad para mantenerse a distancia estratégica de cualquier posibilidad de contaminación o debilitamiento que pueda comprometer su calidad y viabilidad. Es por ello que la planta básica de este tipo de edificaciones debe atender a rigurosos criterios que garanticen la solidez, robustez y seguridad del local.

Esta consideración se realiza en el “Km 6.5 vía Durán-Tambo”, sitio clave por su disponibilidad y cercanía a centros de dispersión, lo que propicia el flujo calculado de insumos farmacéuticos. El análisis abarca tanto el estudio de las cargas propias de la estructura como las relacionadas con las condiciones naturales y operativas a las que quedará expuesta la nave. De esta manera, no se tiene en cuenta el peso propio de los materiales de construcción, sino también las cargas de capacidad, la actividad de los vientos y otras fuerzas externas que puedan influir en la solidez del edificio.

Esta extensión de análisis básico supone, de esta manera, una apuesta fundamental en el ámbito de la edificación básica vinculado a la división farmacéutica, reflejando la importancia de un proyecto que combina resistencia auxiliar y versatilidad a necesidades de capacidad concretas.

El avance de la infraestructura industrial sirve como base crucial para el avance económico

y social de cualquier área. En este contexto, el diseño y evaluación estructural de edificios destinados al almacenamiento de productos farmacéuticos cobra especial importancia, no sólo por su función en la distribución de artículos vitales para la salud, sino también por los obstáculos técnicos y regulatorios inherentes a la construcción de estas instalaciones.

El actual proyecto titulado “Análisis estructural de una bodega diseñada para el almacenamiento de insumos farmacéuticos en el km 6.5 de la vía Durán-Tambo” surge como reacción a la creciente demanda de infraestructura segura y efectiva en regiones claves de crecimiento industrial, como la zona de transporte. Ruta que une Durán con Tambo en la provincia de Guayas, Ecuador. En los últimos años, esta zona ha solidificado su papel como centro de operaciones industriales y logísticas, beneficiándose de su conectividad, cercanía a centros urbanos y portuarios, y el crecimiento económico de la región.

El almacenamiento de productos farmacéuticos tiene características únicas que lo diferencian de otros tipos de almacenes o instalaciones de almacenamiento industrial. Estos materiales, cruciales para la fabricación y distribución de medicamentos, requieren estrictas condiciones de almacenamiento, que incluyen regulación de temperatura, control de humedad, ventilación y, ciertamente, una estructura capaz de soportar cargas específicas y soportar presiones sísmicas, particularmente en una región como la costa ecuatoriana que es geográficamente susceptible. Por lo tanto, el diseño estructural de un galpón destinado a este fin debe apegarse no sólo a los estándares técnicos marcados por la normativa ecuatoriana sino también asegurar la viabilidad funcional y económica de la solución sugerida.

Esta investigación enfatiza el uso de técnicas contemporáneas de análisis estructural teniendo en cuenta la normativa vigente en el Ecuador, incluyendo la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC). La evaluación de las cargas gravitacionales, cargas vivas y muertas, junto con los efectos sísmicos y del viento que pueden impactar la estructura, se lleva a cabo para garantizar la seguridad y estabilidad del cobertizo durante su vida útil operativa.

La elección del sitio, ubicado en el kilómetro 6.5 de la carretera Durán-Tambo, se basa en una evaluación técnica y logística que reconoce a esta zona como una zona clave para el crecimiento industrial, ofreciendo acceso a rutas de distribución primaria. Este sitio presenta dificultades adicionales en cuanto a las condiciones del terreno y los riesgos sísmicos, al realizar una evaluación exhaustiva de los suelos y la relación entre la estructura y el subsuelo crucial, a través de investigaciones geotécnicas y análisis estructurales computacionales.

El objetivo principal de esta tesis es realizar un análisis estructural extenso del cobertizo, utilizando herramientas de modelado sofisticadas como software de ingeniería estructural (SAP2000), y sugerir un diseño que integre seguridad, eficiencia y rentabilidad. También apunta a crear una base técnica que pueda actuar como referencia para próximos proyectos en la región, ayudando así a mejorar la infraestructura industrial en la nación.

Por otro lado, el motor de este proyecto surge de la necesidad de mejorar los recursos de construcción y garantizar estructuras seguras que cumplan con los requisitos actuales de la industria farmacéutica, un ámbito esencial para la salud de la comunidad. De manera similar, pretende resaltar la importancia de un análisis estructural exhaustivo en un contexto donde

elementos como la actividad sísmica, el clima y las cargas operativas son factores clave que influyen en el desempeño de la estructura.

En conclusión, es importante resaltar que esta investigación incorpora una perspectiva técnica y al mismo tiempo prioriza el desarrollo sostenible y la eficiencia energética, que son componentes vitales de los proyectos de infraestructura contemporáneos. Se prevé que el almacén previsto sirva no sólo como un área práctica sino también como soporte para el paisaje industrial y social de la región.

El objetivo de esta tesis es mostrar que un análisis estructural adecuado y una planificación efectiva pueden garantizar la construcción de edificios seguros y eficientes que cumplan con los requisitos de sectores esenciales como el farmacéutico, al mismo tiempo que optimizan los costos y cumplen con los estándares regulatorios y ambientales del país.

1.1. Antecedentes

A escala internacional, las instalaciones de almacenamiento de productos farmacéuticos deben cumplir con rigurosos estándares estructurales y de seguridad. Por ejemplo, las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatizan la necesidad de sistemas que regulen la temperatura, la humedad y la ventilación de manera controlada. Naciones como Alemania y Estados Unidos, conocidas por sus sectores farmacéuticos avanzados, han creado modelos refinados para estas estructuras que incorporan materiales duraderos y diseños ecológicos.

Así como, el análisis y construcción de naves industriales ha progresado mediante el uso de sofisticadas tecnologías de análisis estructural, que permiten la aplicación de herramientas

computacionales y software de simulación para optimizar materiales, mejorar la resistencia estructural y garantizar la longevidad de las estructuras. Además, otros países como Estados Unidos, México y Brasil han establecido regulaciones estrictas para las instalaciones industriales, particularmente en áreas susceptibles a la actividad sísmica y los impactos climáticos.

En cuanto a Sudamérica estados como Chile, Perú y Colombia, el diseño de bodegas para almacenar productos farmacéuticos considera los variados climas y los riesgos sísmicos de la zona. Por ejemplo, en Chile la normativa estructural para este tipo de edificaciones se apega a la norma NCh433, que regula el diseño sísmico de estructuras.

La región prioriza el uso de materiales como el acero estructural y el hormigón armado, ya que permiten la construcción de galpones resistentes y económicos. En países como Colombia se han realizado proyectos que incorporan metodologías BIM (Building Information Modeling) para optimizar diseños.

Para Ecuador, la necesidad de desarrollar infraestructura resiliente se intensifica debido a su posición geográfica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, una región caracterizada por una importante actividad sísmica. Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, las provincias costeras, como Guayas, exhiben una susceptibilidad considerable a las actividades tectónicas, lo que requiere que las construcciones cumplan con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y otras regulaciones relevantes. Además, el clima de la región, caracterizado por temperaturas y humedad elevadas, plantea más dificultades para la conservación de los productos farmacéuticos.

La transformación de la infraestructura industrial en el Ecuador ha sido un avance continuo que se adapta a las crecientes necesidades de áreas claves, como el comercio, la producción y la

logística. En este contexto, la construcción de naves industriales y almacenes es fundamental, ya que asegura áreas adecuadas para la conservación y distribución de diversos materiales. En particular, el sector farmacéutico enfrenta desafíos y demandas técnicas particulares debido a las condiciones de almacenamiento necesarias para preservar los suministros delicados.

En los últimos años, la vía Durán-Tambo, ubicado en la provincia del Guayas, ha mostrado un notable desarrollo en su infraestructura industrial y logística. Este crecimiento se debe a la cercanía a centros urbanos relevantes, como Guayaquil, y su conexión a redes viales que facilitan el traslado de productos a otras provincias y puertos de exportación. Así, esta zona ha atraído inversiones para la construcción de almacenes y naves para funciones logísticas, comerciales e industriales.

La ubicación propuesta para esta ampliación será un centro de distribución ubicado en el “Km 6.5 vía Durán-Tambo”, sitio el cual se caracteriza por su cercanía a cursos críticos de coordinación y su disponibilidad, lo cual es clave para incentivar el traslado y transporte de estos suministros. Esta área también requiere un análisis básico que considere los impactos de las condiciones naturales de la zona, contando la exposición al bochorno, cargas de viento y posibles tipos sísmicos, con el fin de garantizar una estructura segura y duradera.

Numerosos estudios de investigación han demostrado que un análisis estructural exhaustivo garantiza la seguridad del edificio y, al mismo tiempo, optimiza los recursos económicos y los materiales utilizados en su construcción. En este sentido, el uso de software especializado como SAP2000, ETABS y Robot Structural Analysis permite realizar simulaciones

precisas de las fuerzas gravitacionales, dinámicas y ambientales que endurecerá la estructura. Este método es crucial para garantizar que la caseta cumpla los criterios de resistencia, estabilidad y funcionalidad durante toda su vida útil.

El desarrollo de centros de distribución de capacidad de insumos farmacéuticos requiere de un plan auxiliar especializado, dada la naturaleza delicada de los artículos almacenados y las minuciosas condiciones que requiere la industria farmacéutica. En este escenario, los insumos farmacéuticos deben mantenerse en un ambiente que mantenga su calidad y seguridad, protegiéndolos de componentes como bochorno, temperaturas extraordinarias y otras condiciones naturales que puedan comprometer su solidez. A lo largo del tiempo, el análisis estructural de naves industriales ha progresado para integrar tecnologías y materiales que facilitan una edificación más segura y eficaz. En este análisis, analizarán enfoques de análisis que maximicen la resistencia estructural y faciliten la correcta distribución de las cargas, considerando tanto las características técnicas como las particularidades del lugar.

1.2. Ubicación del proyecto

Tabla 1

Coordenadas

	Coordenadas
1er punto	632581.00 m E - 9755383.00 m S
2do punto	632619.00 m E - 9755373.00 m S
3er punto	632570.00 m E - 9755337.00 m S
4to punto	632570.00 m E - 9755337.00 m S

Fuente. Propia

El sitio se encuentra ubicado en la provincia del Guayas cantón Durán exactamente en el “Km 6.5 vía Durán-Tambo” diagonal al imperio



Ilustración 2 Ubicación del terreno en el "Km 6.5 vía Tambo-Durán". (Google earth)



Ilustración 1 Vista frontal del terreno. (Google earth)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Llevar a cabo el análisis estructural de un galpón en el cantón Durán perteneciente a la provincia del Guayas, considerando las cargas viento, para examinar su desempeño y asegurar su estabilidad ante este tipo de cargas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer los perfiles de acero A36 más idóneos, evaluando su comportamiento estructural, para que la estructura presente un comportamiento óptimo y cumpla su función de construcción.
- Modelar la estructura de un galpón, mediante el uso del software de elementos finitos SAP2000, para simular el comportamiento de esta bajo cargas de viento, a fin de que se identifiquen reacciones y deformaciones.
- Optimizar el comportamiento del galpón, mediante el uso de perfiles metálicos como riostras, para asegurar que la estructura mejore su respuesta ante este tipo de cargas en el Cantón de Duran.

1.4. Planteamiento del problema

La expansión industrial y logística de Ecuador, particularmente en regiones clave como la carretera Durán-Tambo, ha experimentado un progreso considerable en los últimos años. El desarrollo de instalaciones para almacenar materiales vitales, como suministros médicos, ha adquirido especial importancia debido a su importancia en la cadena de suministro de bienes sanitarios esenciales. Sin embargo, la creación y estructura de galpones para este objetivo enfrenta diversos desafíos que deben abordarse de manera técnica y precisa. (inmobiliariabravo, 2024)

Los insumos farmacéuticos, que incluyen materias primas, excipientes y otros elementos destinados a la producción de medicamentos, requieren condiciones de almacenamiento específicas. Estos materiales son particularmente vulnerables a influencias externas como temperatura, humedad y vibraciones; Por ello, las instalaciones donde se guarden deben garantizar la seguridad y estabilidad de forma constante. Además, las estructuras deben diseñarse para soportar cargas operativas y cumplir con los estándares regulatorios en zonas de riesgo sísmico, como la zona costera de Ecuador.

Dada la importancia que tienen los Galpones para los negocios y la industria, el análisis estructural de estos espacios, también conocidos como naves industriales, es un tema de gran relevancia en el campo de la ingeniería civil. Sin embargo, a pesar de su importancia, muchos de ellos no han sido estudiados en profundidad para determinar su capacidad de carga y comportamiento en diversas circunstancias.

Se trata de un problema grave porque las fallas estructurales pueden provocar grandes

pérdidas financieras y, lo que es más importante, incluso muertes. El objetivo es descubrir cómo responde estructuralmente un cobertizo a diferentes tipos de cargas, tanto de servicio como accidentales. Para garantizar que estas estructuras cumplan con las normas de seguridad y sean capaces de resistir los desafíos que enfrentan a diario, este análisis es esencial. Otro aspecto crucial del análisis estructural es la influencia de los factores meteorológicos. Las variaciones climáticas pueden ejercer mucha presión sobre la estructura y poner en grave peligro su estabilidad. Por ejemplo, este tipo de carga golpeará todo el elemento verticalmente en áreas con viento, lo que requiere un diseño que tenga en cuenta este tipo de circunstancias. Para evitar daños estructurales, el viento también puede producir oscilaciones y fuerzas de torsión que es necesario evaluar. Por lo tanto, una comprensión profunda del desempeño estructural de la estructura requiere observar cómo la estructura interactúa con las influencias externas.

La vía Durán-Tambo, particularmente en el kilómetro 6.5, ha sido reconocida como un sitio vital por sus conexiones y cercanía a importantes polos industriales y logísticos. Sin embargo, esta región exhibe propiedades de suelo únicas y una susceptibilidad sísmica significativa, lo que complica el diseño estructural de estructuras industriales. A pesar del progreso industrial de la región, los desafíos técnicos continúan obstaculizando la construcción de instalaciones que cumplan con los estándares requeridos para garantizar la seguridad y eficiencia de los almacenes para el almacenamiento de productos farmacéuticos.

1.5. Delimitación

Esta propuesta propone el análisis de una nave industrial, la cual será simulada utilizando la herramienta tecnológica como es el software SAP 2000, apegándose a los estándares AISC 360 y NEC-15. El proyecto se ejecutará en el “Km 6.5 vía Durán-Tambo”. Ubicado en el cantón Durán.

El análisis de una estructura comienza con una etapa inicial de predimensionamiento de la estructura metálica, durante la cual se evalúan las cargas que debe soportar la estructura (cargas verticales, laterales). En base a los momentos y esfuerzos reunidos en esta fase se eligen los tipos de perfiles adecuados para la nave.

Al finalizar la fase de predimensionamiento, se simula la estructura metálica en el softwareSAP 2000, especificando las dimensiones y propiedades de los perfiles de la nave, respetando las normas técnicas y reglamentarias establecidas para este proyecto. Si el análisis original no cumple con los requisitos, se modifican las características de los perfiles metálicos. Una vez establecido el análisis definitivo, se dibujan los respectivos planos.

1.6. Justificación

Con el pasar de los años tanto la industria y comercio han crecido de una manera exponencial, lo que se traduce en una mayor demanda de espacios para poder almacenar y salvaguardar diferentes tipos de productos, una de las industrias que más se ha expandido es la farmacéutica debido a este auge se requieren mayor cantidad de espacios de almacenamiento. Dado que no se garantizan los niveles de seguridad necesarios para quienes utilizan este tipo de estructuras, instalar diversas naves industriales, también conocidas como bodegas, sin realizar previamente un análisis estructural implica un gran riesgo para el almacenamiento de materiales, que podría representar la pérdida parcial o total. pérdida de éstos o, en el peor de los casos, la pérdida de vidas humanas.

Es imperativo construir una nave industrial en el Cantón “Km 6.5 vía Durán-Tambo” para almacenar adecuadamente materiales e insumos que tienen el potencial de mejorar la salud pública y el desarrollo, así como la distribución de bienes de mayor calidad.

Las instalaciones diseñadas para almacenar productos farmacéuticos deben cumplir con estrictos estándares operativos y de seguridad, ya que los artículos almacenados son muy valiosos y su gestión debe garantizar que se mantengan en condiciones ideales para su futura distribución y utilización. En este escenario, cobra especial importancia la evaluación estructural de una bodega ubicada en el km 6.5 de la carretera Durán-Tambo, ya que su adecuado diseño no sólo mejora la eficiencia de los recursos materiales sino que también mitiga riesgos potenciales que podrían poner en riesgo la seguridad de los materiales almacenados, de los trabajadores, y la comunidad cercana.

Un elemento clave que apoya este análisis es la ubicación del galpón.

El área designada para su construcción está situada en una zona con importante actividad

sísmica, lo que requiere un diseño estructural que cumpla con las normas antisísmicas vigentes, asegurando que el edificio pueda soportar posibles terremotos o cambios sísmicos sin poner en riesgo su estabilidad ni la seguridad de los materiales almacenados. Por otro lado, este tipo de estructura debe soportar cargas dinámicas provenientes de sistemas de refrigeración y ventilación, equipos de control de temperatura y humedad, junto con cargas estáticas de productos colocados en estantes. El análisis estructural es crucial para identificar las dimensiones, materiales y refuerzos adecuados que permitan a la estructura soportar estas cargas de forma segura y eficaz.

Desde una perspectiva económica, un análisis estructural exhaustivo ayuda a optimizar los recursos dedicados a la construcción y funcionamiento del cobertizo. Un diseño eficaz permite reducir gastos en materiales y mantenimiento en el tiempo, mejorando la rentabilidad del proyecto. Además, una estructura de este tipo adecuadamente diseñada influye directamente en la preservación de los suministros farmacéuticos y artículos de alto valor, lo que resulta en una reducción de las pérdidas económicas por daños causados por fallas estructurales o malas condiciones ambientales, como fluctuaciones de temperatura y humedad.

Por otra parte, es fundamental enfatizar que el galpón utilizado para almacenar insumos debe tener en cuenta factores técnicos. Se trata de un requisito estratégico que garantiza la sostenibilidad, eficiencia y seguridad de la estructura. La finalización de este análisis es un paso esencial en el proceso de diseño y construcción que tiene un impacto significativo en la eficacia operativa y la seguridad de la instalación. De manera similar, enfatizar que si bien el análisis estructural puede ser más costoso inicialmente, a largo plazo ayuda a reducir los costos de seguros, pérdidas y reparaciones, lo que lo convierte en una inversión más beneficiosa.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2. Marco Teórico

2.1. Importancia del análisis estructural de un galpón

A nivel mundial, el análisis estructural es crucial para garantizar la seguridad de las personas y la estabilidad de la infraestructura, particularmente en instalaciones industriales como un galpón diseñado para albergar productos farmacéuticos. En este tipo de instalaciones, la seguridad depende no sólo del manejo adecuado de los bienes almacenados sino también de la integridad estructural del edificio para soportar las diferentes cargas que pueda encontrar, incluyendo cargas vivas (personas, equipos, materiales), cargas muertas (peso propio de la estructura) y cargas ambientales (viento, nieve, terremotos). (Proaño, 2021)

En países con importante actividad sísmica como Japón, Chile y México, el análisis estructural es cada vez más crucial, ya que la infraestructura debe diseñarse para resistir terremotos y diversos desastres naturales. (Ferrer, Ayala, & Delgadillo, 2017). En América del Sur, países como Chile, Perú y Ecuador se encuentran en zonas sísmicas, lo que requiere que las pautas de construcción incorporen medidas que resistan la actividad sísmica garantizando al mismo tiempo la seguridad de la estructura y la integridad de los bienes almacenados. (Martinez, 2022)

En Ecuador, especialmente dada su posición dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, es crucial tener en cuenta los atributos sísmicos al planificar cualquier construcción, como naves industriales. Una evaluación estructural exhaustiva puede confirmar que los cimientos son lo suficientemente fuertes y que los materiales utilizados soportan presiones sísmicas, garantizando la seguridad de los productos farmacéuticos almacenados.

El análisis estructural se utiliza para evaluar la capacidad de carga de un galpón o dicho de otra manera el análisis estructural es la técnica empleada para evaluar la integridad estructural de un galpón.

Por otro lado, el análisis estructural debe considerar el comportamiento de los materiales bajo diversas condiciones ambientales. En una estructura destinada a la industria farmacéutica, la estabilidad estructural no sólo afecta a la seguridad de la construcción, sino que también es crucial para mantener las condiciones ideales de almacenamiento, como temperatura y humedad controladas. (Cruz, 2024)

Es importante realizar un análisis estructural ya que ayuda a los ingenieros a identificar y evaluar las cargas que actúan sobre la estructura lo cual permite reconocer las áreas donde se necesitarán refuerzos antes de que fallen.

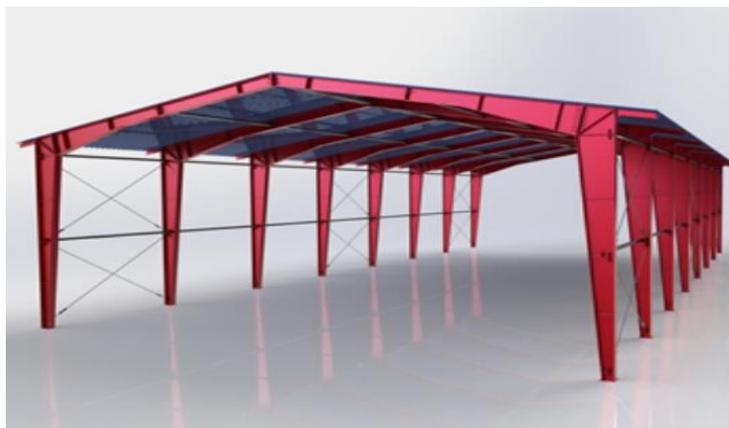


Ilustración 3 Estructura metálica galpón (progalpon.cl, 2023)

2.1.1. Cumplimiento de códigos y normas

Cumplir con las normas y regulaciones es otro componente crítico del análisis estructural. A escala global, diversas regulaciones establecen los requisitos básicos de seguridad e integridad estructural. Por ejemplo, en Europa y Estados Unidos, directrices como el Eurocódigo para diseño

estructural y las normas de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) establecen requisitos para garantizar que los edificios sean seguros, prácticos y eficaces.

En Sudamérica, cada estado posee sus propias normativas. En Chile, el Reglamento de Construcción y las Normas Chilenas (NCh) establecen lineamientos para estructuras industriales, tomando en cuenta elementos como sismos y uso de materiales. Por otro lado en Argentina, los Códigos de Construcción establecen normas particulares de seguridad y estabilidad estructural.

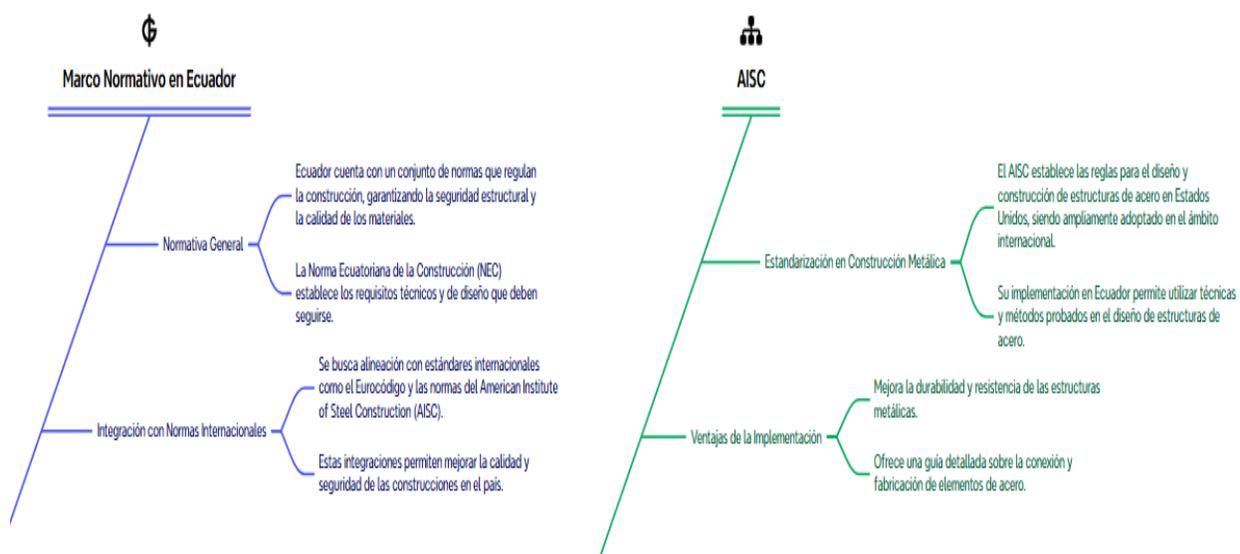


Ilustración 4 Mapa conceptual normativas de construcción (Suquilanda, 2024)

Por lo que concierne en Ecuador, la norma ecuatoriana de la construcción (NEC) y American Institute of Steel Concrete (AISC) son fundamentales para cualquier emprendimiento constructivo, particularmente para proyectos de naves industriales. Estas regulaciones describen los criterios para el diseño y cálculo de estructuras, la resistencia a fuerzas sísmicas, la seguridad contra incendios y otros factores esenciales que impactan tanto la seguridad humana como la protección de los artículos almacenados.

Una nave industrial diseñada para almacenar productos farmacéuticos también debe cumplir con las normas de seguridad y salud ocupacional, incluidas las establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las leyes locales de seguridad laboral. El análisis estructural debe tener en cuenta elementos como ventilación suficiente, resistencia al fuego y protección contra contaminantes, garantizando que el entorno de almacenamiento sea seguro tanto para las mercancías como para las personas que trabajan en el almacén.



Ilustración 5 Mapa conceptual Eurocódigo (Suquilanda, 2024)

2.1.2. Optimización de recursos y gastos

El examen estructural o más conocido análisis es fundamental para optimizar recursos y minimizar costes. En todo el mundo siempre hay un esfuerzo por encontrar el equilibrio entre seguridad, funcionalidad y gastos de construcción. Una estructura bien diseñada reduce el uso de materiales y mejora los métodos de construcción, lo que lleva a menores gastos y al mismo tiempo mantiene la seguridad y la longevidad de la infraestructura. (Barzola & Carriel, 2019)

En América del Sur, donde los costos de materiales y mano de obra difieren significativamente entre países, la optimización de los recursos es esencial. Países como Brasil y Argentina poseen mercados de materiales de construcción relativamente avanzados, lo que brinda acceso a diferentes opciones de materiales que pueden ser rentables y eficientes.

En Ecuador, los costos de materiales como el concreto y el acero pueden ser competitivos debido a su ubicación geográfica y recursos naturales; sin embargo, el análisis estructural debe utilizar estos recursos de manera efectiva para evitar costos innecesarios. (Sornoza, 2022)

El análisis estructural permite elegir los materiales más adecuados y que ofrezcan la mejor relación costo-beneficio, garantizando la seguridad a largo plazo. En este sentido, se pueden emplear nuevos métodos de construcción para mejorar la construcción del cobertizo evitando al mismo tiempo que los costos aumenten significativamente. Además, una estimación precisa de las cargas y las características del terreno puede evitar un sobredimensionamiento que genere costes adicionales. (MacNeil, 2024)



Ilustración 6 Gráfica ganancia-costos (Suquilanda, 2024)

2.1.3. Definición y características de los galpones.

Los galpones industriales son estructuras no habitacionales de un solo nivel, diseñadas para

cubrir grandes espacios y ofrecer plantas libres mediante un sistema estructural modular y repetitivo. Los elementos estructurales incluyen apoyos verticales y sistemas de transmisión de cargas horizontales.

Los galpones industriales son utilizados en su mayoría para actividades de cuidado, almacenamiento, producción entre otros usos que se le pueden dar de acuerdo a la necesidad, también son llamados naves industriales debido a su techo en forma de “V” igual que una nave. (Estructuras, 2024)

2.1.4. Ventajas del uso de galpones

La utilización de galpones nos da muchas ventajas en la parte económica por su costo de construcción y por la poca complejidad de sus mantenimientos, así como su rapidez de construcción estas ventajas representan un ahorro a largo plazo.

2.1.4.1.La versatilidad:

Capacidad para adaptarse a diferentes tipos de uso.

2.1.4.2.Amplio espacio:

Estos brindan debido a la separación entre sus columnas que da una mayor capacidad de almacenamiento.

2.1.4.3.Altura:

Los galpones pueden brindar luz y ventilación natural lo que sirve para optimizar el uso de energía eléctrica reduciendo los consumos.

2.1.4.4.Resistencia al fuego:

Las estructuras de acero soportan altas temperaturas sin perder su integridad estructural lo cual da tiempo a respuesta y evacuaciones en caso de un incendio.

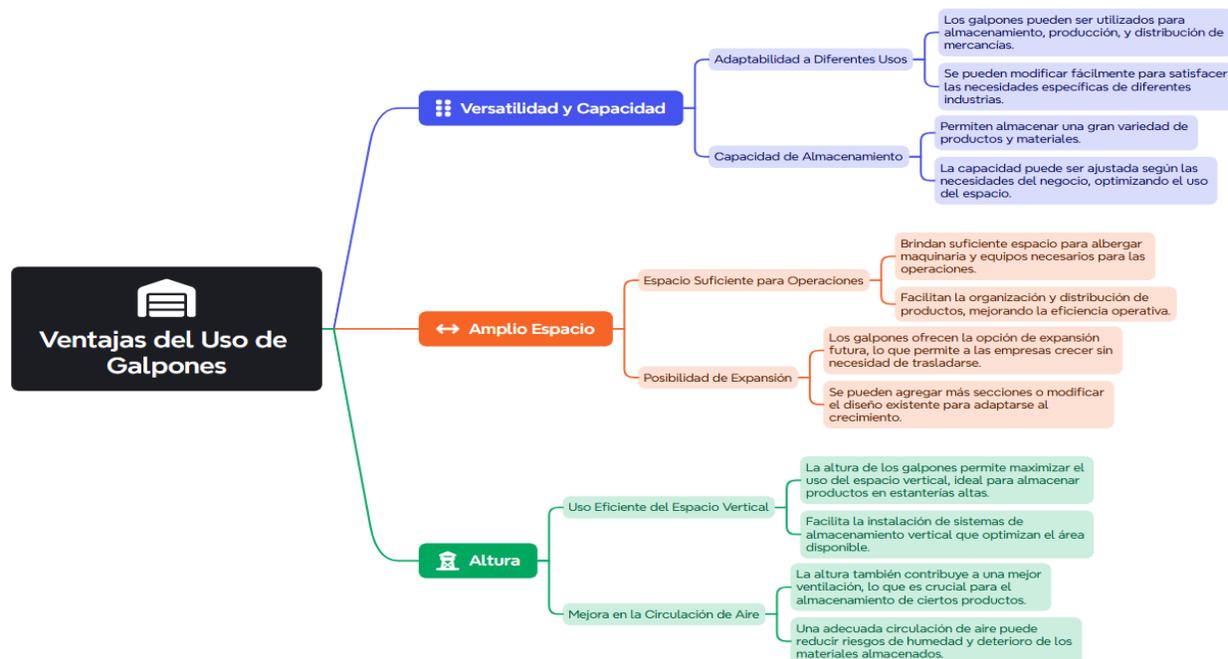


Ilustración 7 Mapa mental ventajas del uso de galpones (Suquilanda, 2024)

2.1.5. Desventajas del uso de galpones

Entre las desventajas de los galpones tenemos que las estructuras metálicas

2.1.5.1. Costo inicial:

Suelen tener un costo inicial alto, las estructuras metálicas, en comparación con otros materiales de construcción, suelen tener un costo inicial más elevado. Este gasto adicional puede ser un factor limitante para algunos proyectos, especialmente si el presupuesto es ajustado.

2.1.5.2. La vulnerabilidad a la corrosión:

Aunque el acero es resistente es vulnerable ante los efectos de la corrosión en entornos agresivos en zonas con presencia de humedad, sales o condiciones industriales. Lo cual genera gastos adicionales en recubrimientos y mantenimientos.

2.1.5.3. Conductividad térmica:

En las zonas calurosas las estructuras metálicas transfieren el calor con facilidad.

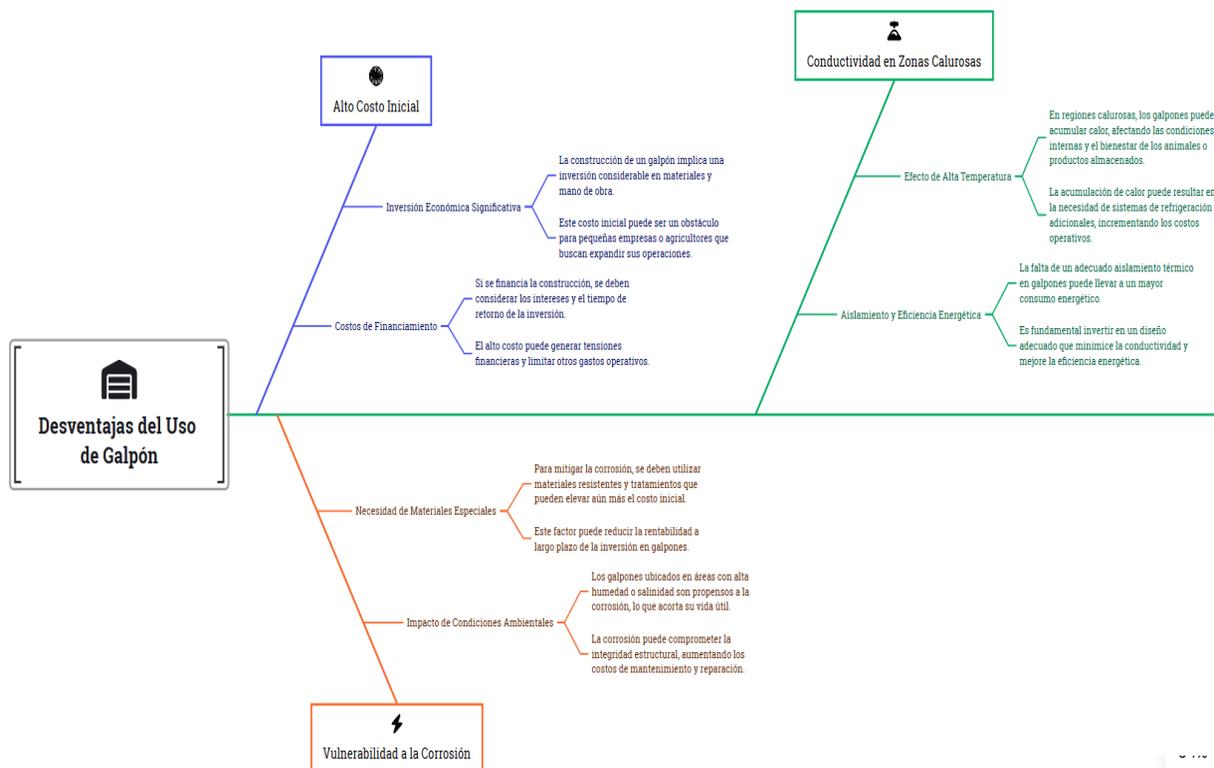


Ilustración 8 Mapa mental desventajas de Galpón (Suquilanda, 2024)

2.1.6. Fundamentos del análisis estructural

El análisis estructural es fundamental para garantizar la seguridad y funcionalidad a lo largo de la

vida útil de cualquier estructura, además esto permite hallar fallas estructurales y darles solución antes del fallo. (Carigliano, 2015)

Para esto debemos identificar las posibles cargas o esfuerzos que va a soportar:

2.1.7. Tipos de cargas

2.1.7.1. Carga muerta

Son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida

de la estructura, generalmente la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura.

También se considera como carga muerta a los objetos permanentemente unidos a la estructura tales como techo, plomería, instalaciones eléctricas, muros entre otros. (Modeling, 2024)

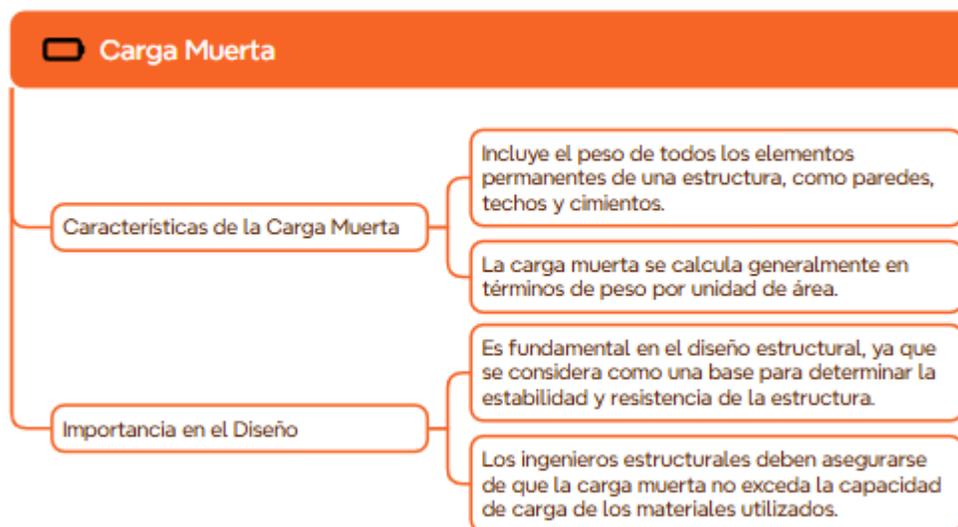


Ilustración 9 Mapa conceptual carga muerta (Suquilanda, 2024)

2.1.7.2. Carga viva

Esta carga también es conocida como carga impuesta o carga probabilística ya que está calculada en base a estimaciones y no datos reales. Son aquellas fuerzas gravitacionales que actúan sobre la estructura y no son de carácter permanente.

Las cargas vivas incluyen las cargas de ocupación en edificios y de tráfico en puentes, cuya presencia y distribución pueden variar con el tiempo. Su magnitud es incierta y no se pueden prever con exactitud las intensidades máximas a lo largo de la vida útil de la estructura. Los códigos de construcción establecen los valores mínimos de estas cargas para el diseño de entresijos y cubiertas, según las normativas locales. (Ferrovial, 2021)

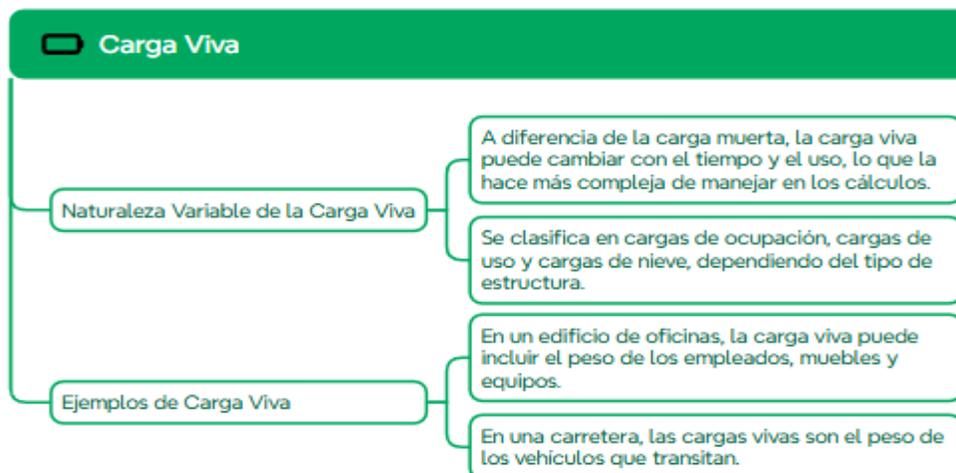


Ilustración 10 Mapa conceptual carga viva (Suquilanda, 2024)

2.1.7.3. Cargas ambientales o accidentales

Estas cargas se pueden producir principalmente por nieve, presiones, succión debido al viento, fuerzas inerciales causadas por movimientos sísmicos, acumulación de aguas lluvias sobre superficies horizontales, fuerzas provocadas por la variación de la temperatura.

Al igual que la carga viva las cargas ambientales o accidentales son impredecibles tanto en su distribución como en su intensidad. (S.A.S., 2015)

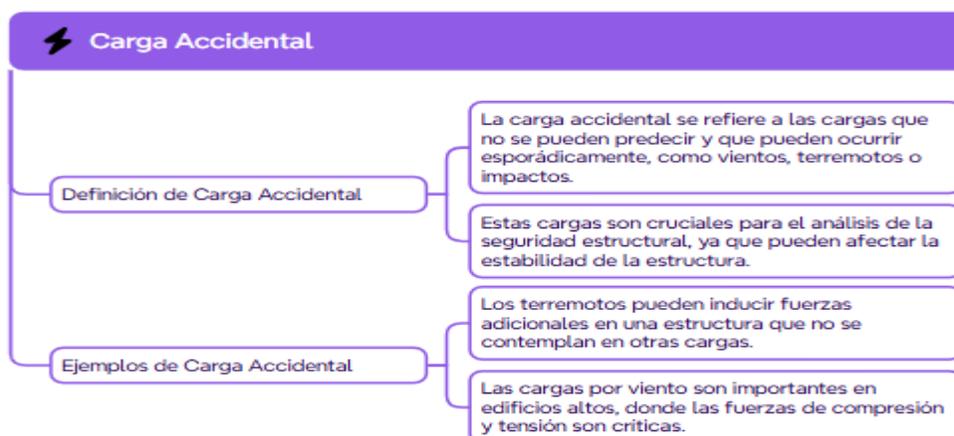


Ilustración 11 Mapa conceptual carga accidental (Suquilanda, 2024)

2.1.8. Resistencia de materiales

Examina cómo reaccionan los materiales ante diversos tipos de tensiones (tensión, compresión, flexión, torsión) y evalúa su capacidad para resistir sin romperse.

2.1.9. Modelado estructural

Una descripción sencilla de la estructura real para ayudar en su análisis, identificando componentes como vigas, columnas y juntas.

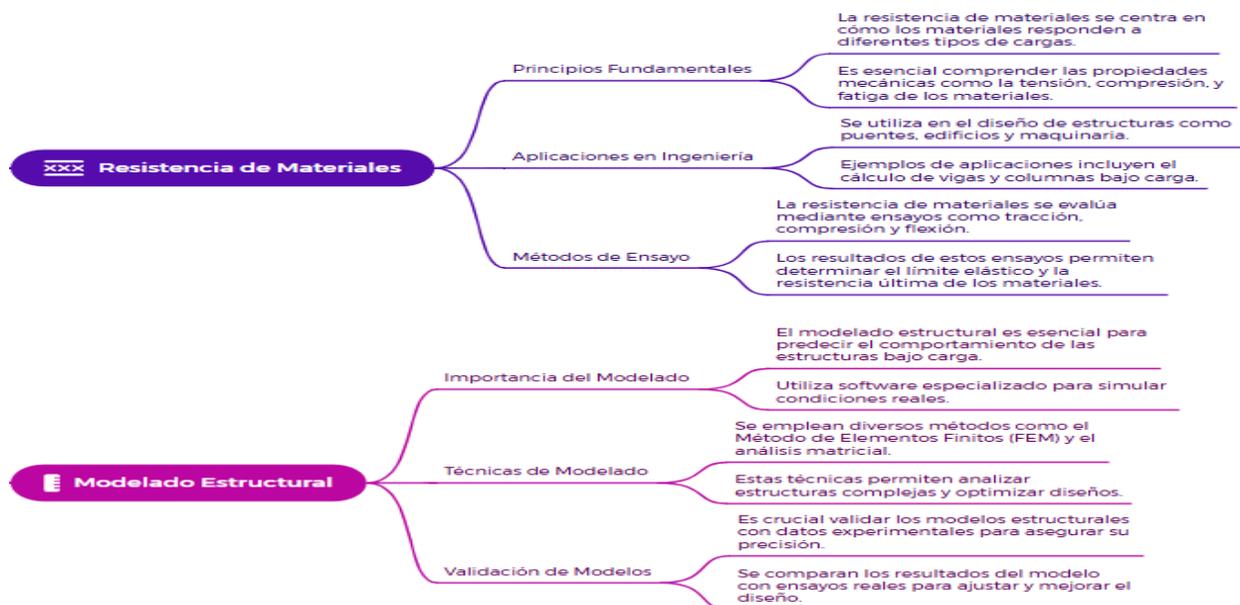


Ilustración 12 Mapa conceptual Resistencia de materiales & Modelado estructural (Suquilanda, 2024)

2.1.9.1. Análisis de deformaciones

Evalúa cómo la estructura se deforma bajo diferentes tipos de cargas. Sosteniendo que las deformaciones se encuentren dentro de parámetros aceptables estableciendo la funcionalidad y seguridad



Ilustración 10 Mapa conceptual Análisis de deformaciones (Suquilanda, 2024)

2.2. Materiales en la construcción de galpones

A la hora de construir galpones existe una gran variedad de materiales que pueden ser utilizados uno de los más usados es el acero.

Este material presenta muchas ventajas comparándolo con otros como el concreto reforzado, mampostería o madera, principalmente debido a su mejor comportamiento mecánico.

Entre las cualidades más importantes del acero esta su alta resistencia a la tracción, gracias a esto podemos tener estructuras más delgadas y ligeras sin reducir su capacidad de carga esto genera la reducción de costos y el tiempo de construcción.

Otra de sus cualidades a destacar es su ductilidad lo que permite que el acero se pueda deformarse de forma considerable sin fracturarse, esto ayuda a la resistencia de la estructura frente a sismos ya que hace que la energía sea absorbida y disipada sin que la estructura colapse.

El acero es muy utilizado gracias a su fácil fabricación y la rapidez con la que puede ser montado, estas piezas pueden ser prefabricadas y llevadas al sitio para ensamblarse lo que

disminuye los tiempos en la construcción.



Ilustración 13 Galpón Metálico. (galponeshyp.cl, 2024)

2.3.Importancia del SAP2000 para el análisis estructural

El software avanzado de análisis estructural SAP2000 permite el dimensionamiento, modelación y análisis de las estructuras, su interfaz gráfica 3D orientada a objetos facilita el trabajo colaborativo bajo la metodología Building Information Modeling (BIM), unificando y centralizando la información del proyecto. (Tavera, 2023)

SAP2000 ofrece funcionalidades como análisis estáticos y dinámicos, manejo de cargas móviles, generación automática de mallas, y compatibilidad con otros programas como AutoCAD y Revit.

Su interoperabilidad con herramientas BIM optimiza el flujo de trabajo y permite a los equipos de ingenieros intercambiar modelos de manera eficiente, contribuyendo a la reducción de plazos y costos en el ciclo de vida del proyecto. La formación adecuada en el uso de SAP2000 es crucial para maximizar sus beneficios en el análisis estructural.

2.4.Factores de ubicación y medio ambiente

El galpón, ubicado en el cantón Durán, en la región costa del país, se encuentra en una zona calurosa con un terreno árido y seco, lo que afecta tanto durante la construcción como a lo largo

del tiempo. Las altas temperaturas impactan negativamente al acero de la estructura, generando calor en su interior. Esto hace necesario implementar diversas medidas preventivas para salvaguardar la integridad de la estructura y de los elementos que se almacenarán en su interior.

Una de las formas más comunes de proteger este tipo de estructuras es mediante el uso de pinturas que actúan como barreras, lo cual ayuda a reducir el impacto del calor y la corrosión. (Iberia, 2022)

Otra opción es el galvanizado de los metales, lo cual proporciona una capa protectora que prolonga la vida útil de los materiales. Además, el aislamiento y el sellado de uniones o juntas son medidas clave para evitar filtraciones de calor y humedad que puedan deteriorar la estructura.

Por otro lado, la protección catódica es una técnica que también puede ser empleada. Esta consiste en colocar ánodos en un electrolito para crear un circuito eléctrico, lo que permite que la corriente fluya hacia la superficie de la estructura, desplazando la corrosión hacia los ánodos y evitando la corrosión adicional en la estructura principal. (Espinoza, 2011)

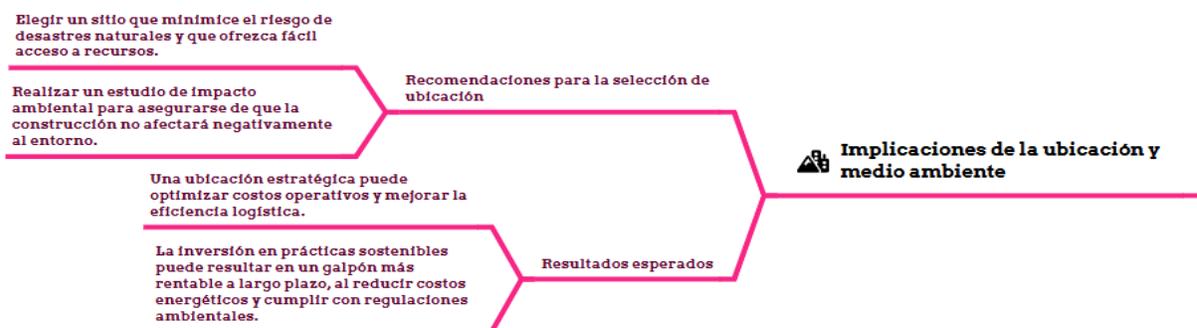


Ilustración 14 Mapa conceptual Ubicación y entorno del galpón (Suquilanda, 2024)

2.5. Normativas aplicables

Implementación de normativas y códigos locales e internacionales que establecen estándares de diseño y seguridad para diversos tipos de estructuras.

Entre las diversas regulaciones que se aplican a las estructuras de acero se encuentran las NEC (Normas Ecuatorianas de Construcción) y AISC. La Sociedad Estadounidense de Infraestructura de Concreto, más específicamente AISC 360, que proporciona requisitos para el diseño y fabricación de estructuras de aluminio, garantiza la seguridad de los parámetros estructurales, normativos y de construcción.

2.6. Comportamiento estructural

El comportamiento estructural de una estructura, como los galpones, se determina considerando varios tipos de condiciones. Esto puede incluir distintos tipos de cargas como son cargas de servicio y accidentales lo que puede incidir en la estructura y afecte su funcionalidad, así como la resistencia del material que se instaurará en la estructura generalmente los galpones emplean material metálico ya que este se caracteriza por ser altamente resistente al esfuerzo de tracción y compresión, además de poseer la propiedad de ser dúctil lo que permite que la estructura se deforme y no se rompa. (Toledo, 2015)

Debido a esto, es necesario considerar una serie de escenarios en los que el galpón podría colapsar. Para sustentar el uso y operación, cada uno de los componentes estructurales que componen el conjunto estructural debe necesitar de un análisis previo bajo diversas condiciones de acuerdo con las normas de seguridad.

Por otro lado, se constata la tabla de propiedades de los perfiles que conforman el conjunto estructural para que este funcione de manera eficiente, además de conocer la nomenclatura, simbología de cada lado del perfil, medidas estándares y distinguir los diferentes tipos de perfiles

que se encuentran.

En términos generales la funcionalidad de la estructura dependerá de diversas interacciones entre estas están las cargas aplicadas sobre la estructura, propiedades de los materiales, la geometría que posea el galpón y factores externos que incidan en esta.

2.7.Durabilidad de las estructuras de acero

Es importante considerar la durabilidad de las estructuras de acero en un proyecto ya que es un aspecto clave durante el diseño y la ejecución, ya que esto asegura la funcionalidad de la estructura y su resistencia a lo largo del tiempo, a pesar de las condiciones ambientales a las que estará expuesta. (Mora, 2019)

Entre los principales factores que pueden afectar una estructura de acero están la corrosión, la erosión, la salinidad, entre otros mecanismos que pueden afectar la durabilidad de la estructura de acero, especialmente en zonas industriales, marinas o áreas con alta humedad. La corrosión es uno de los principales riesgos para la estructura de acero ya que pueden afectar a su capacidad de carga lo que compromete a la estructura y por ende a los elementos almacenados en ella. Es necesario adoptar diversas estrategias preventivas para alargar la vida útil de las estructuras de acero usar materiales adecuados como acero con mayor resistencia a la corrosión, aceros inoxidables o galvanizados lo que da una mayor protección en ambientes agresivos. Para la protección superficial se pueden utilizar recubrimientos galvanizados o pinturas anticorrosivas estos elementos son de gran ayuda sin embargo deben ser repuestos periódicamente. (acero, 2015)

Es importante que el diseño de la estructura facilite el acceso a uniones y otras partes críticas de la estructura facilitando el mantenimiento e inspección. Para esto es recomendable el uso de formas geométricas sencillas en los elementos estructurales. Las uniones atornilladas como soldadas deben estar bien ejecutas usando materiales y técnicas que brinden una mayor vida útil.

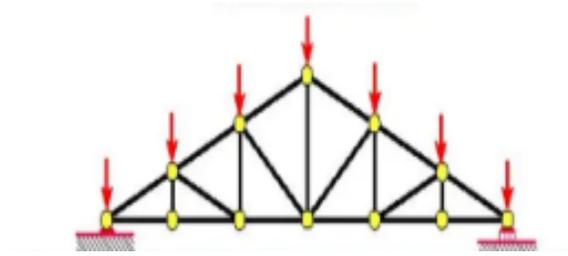


Ilustración 15 Cercha metálica. (slideshare.net, 2021)

2.8. Propiedades mecánicas del acero

Estas propiedades definen la respuesta del acero frente a las diferentes fuerzas que se ejercen sobre él.

2.8.1. La dureza:

Es la resistencia mecánica que tiene el acero para soportar esfuerzos de rayadura y penetración.

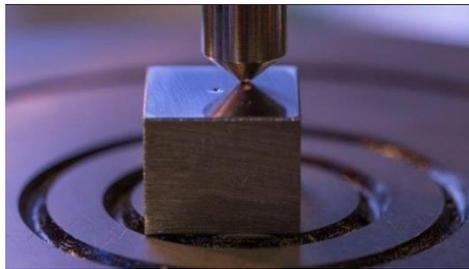


Ilustración 16 Dureza del acero. (institutoasteco.com, 2022)

2.8.2. La tenacidad:

Esta propiedad del acero le permite absorber energía de manera repentina sin sufrir una fractura. Se trata de una característica que le permite soportar esfuerzos cíclicos y repetitivos antes de presentar una falla.

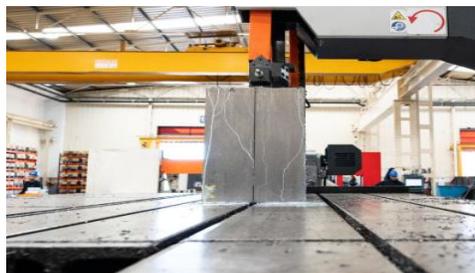


Ilustración 17 Tenacidad del acero. (aceroa.com, 2023)

2.8.3. La ductilidad:

Es la propiedad del acero que actúa cuando se le aplica una fuerza de tracción, esta le permite alargarse y adelgazar manteniendo su integridad estructural.

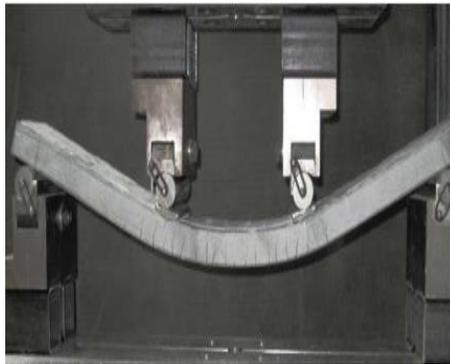


Ilustración 18 Ductilidad del acero. (tectonica. arch, 2022)

2.8.4. La maleabilidad:

Permite adoptar diferentes formas por fuerzas de compresión sin perder su integridad estructural o regresar a su forma original es decir no pierde sus características ni funcionalidad al ser doblado, manipulado o enderezado.



Ilustración 19 Maleabilidad del acero. (inter2000mecanizados.com, 2022)

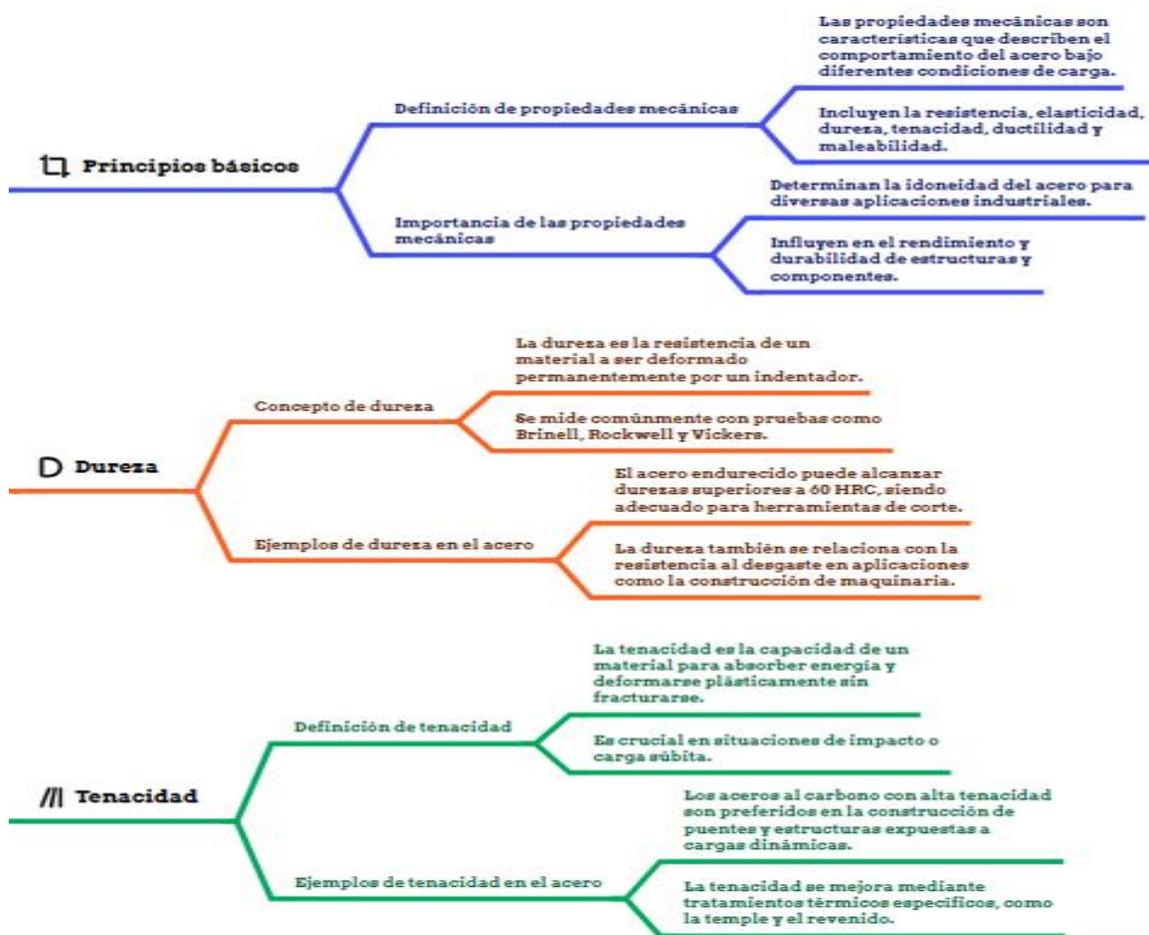


Ilustración 20 Propiedades mecánicas del acero (Suquilanda, 2024)

2.9. Propiedades físicas del acero

Estas propiedades son características intrínsecas que hacen del acero un material ampliamente utilizado en el área de la construcción. Determinan el comportamiento del acero frente a diferentes tipos de energía. (Ulma, 2023)

2.9.1. La conductividad térmica:

El acero es de 45 vatios por metro kelvin, la cual es bastante alta, esto le permite al acero transmitir energía cinética en sus moléculas a otras sustancias cercanas de manera fácil.



Ilustración 21 Conducción térmica del acero. (jansen.es, 2021)

2.9.2. La conductividad eléctrica:

Es la propiedad más conocida del acero, esta propiedad hace que el acero permita el paso de la corriente eléctrica esto debido a una diferencia de potencial entre ambos extremos del metal.

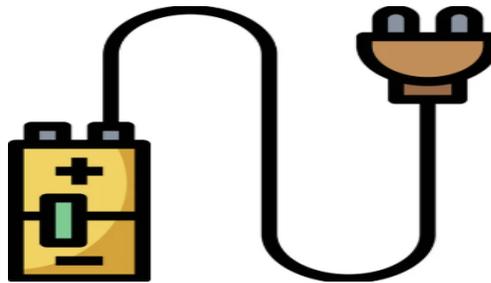


Ilustración 22 Conducción eléctrica del acero. (depositphotos.com, 2023)

2.9.3. El magnetismo:

Es la propiedad del acero común al carbono de ser atraído frente a la presencia de imanes.



Ilustración 23 Magnetismo del acero. (steelprogroup.com, 2024)

El costo y disponibilidad del acero es otra de sus propiedades. Al ser tan abundante es fácil de obtener y procesar, por lo que se considera un material muy asequible para todo tipo de construcciones.

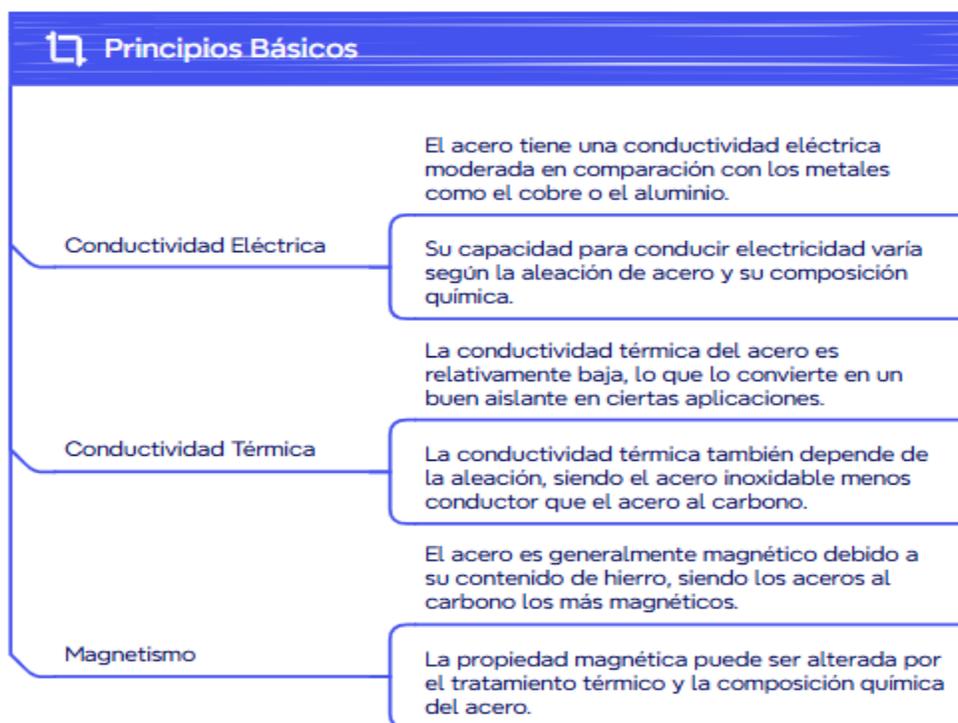


Ilustración 24 Mapa conceptual propiedades físicas del acero (Suquilanda, 2024)

2.10 Conexiones en Estructuras de Acero

Una conexión es un conjunto de elementos que se encuentran en un nodo y se conectan para transmitir esfuerzos entre sí, cumpliendo con las condiciones del modelo ideal de la estructura. Estas conexiones pueden realizarse mediante tornillos de alta resistencia y soldaduras o incluso remaches. (nLealu, 2016)

2.9.3.1. La soldadura:

Es una unión bastante simple en el diseño y ejecución ya que requiere menos materiales y piezas. Una de sus principales desventajas es el proceso de inspección de las soldaduras debido a

su costo y complejidad para mantenerla en un buen estado.

2.9.3.2.El empernado:

Apareció como un buen sustituto para los remaches gracias a su menor costo de instalación y la facilidad para instalar y dar mantenimiento. Sin embargo, los pernos tienden a aflojarse bajo cargas vibratorias y esa es una de sus desventajas más notables.

2.9.3.3.El remachado:

Está formado por una cabeza y un vástago dúctil el proceso de instalación consiste en precalentar el remache y aplicar una presión neumática. Entre sus desventajas tenemos tener que realizar el precalentamiento, el ruido durante la instalación y la dificultad para remplazarlos durante sus mantenimientos.



Ilustración 25 Tipos de conexiones de acero. (dgdesignmodeling.com, 2024)

2.11 Comportamiento de Estructuras Metálicas bajo Carga Sísmica

Gracias a sus propiedades de absorción de energía y resistencia el acero es una de las opciones preferidas para la construcción en zonas sísmicas así lo evidencian múltiples estudios demostrando su alta resistencia y ductilidad.

Durante los movimientos sísmicos el acero tiene la capacidad de deformarse sin romperse lo que le permite absorber y disipar la energía que generan los sismos. La capacidad de deformarse de forma controlada evita las fracturas y colapsos repentinos lo que conlleva a la disminución de riesgo de daños materiales y la pérdida de vidas humanas. (Crisafulli, 2018)

Para entender mejor esto se debe conocer sobre la ductilidad del acero y para esto debe conocer que es el límite elástico. El límite elástico es la máxima tensión que sufre el acero antes de sufrir deformaciones permanentes conocer estos conceptos es necesario para la realización de buenos diseños estructurales.

Los diagramas de esfuerzo – deformación del acero brindan información valiosa acerca de su comportamiento.

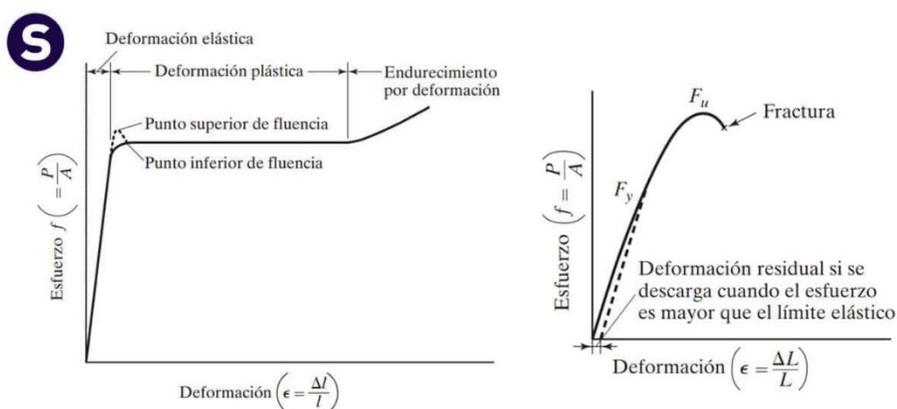


Ilustración 26 Diagrama esfuerzo deformación. (researchgate.net, 2019)

2.12 Consideraciones para el análisis estructural sísmico

2.12.1 Tipología del terreno

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), es importante tener en cuenta las propiedades geotécnicas del suelo de esa región. La NEC clasifica los suelos en varios tipos (de A a E) según su reacción a las fuerzas sísmicas y su capacidad para amplificar esas fuerzas. (NEC,

2015)

En términos generales, la categorización de suelos en el NEC se describe a continuación:

Tipo A (suelo rocoso): Suelo denso, mínimamente propenso a amplificación sísmica.



Ilustración 27 Suelo rocoso. (lifeder.com, 2021)

Tipo B (suelo con alta rigidez): Suelos que exhiben una amplificación sísmica mínima, generalmente formados por rocas o suelos muy densos.

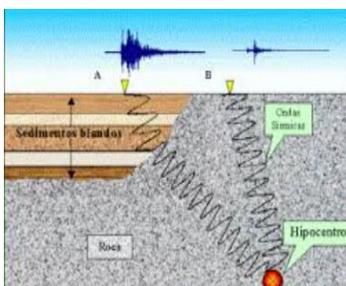


Ilustración 28 Suelo rígido. (webserver2.ineter.gob.ni, 2022)

Tipo C (suelo de rigidez moderada): Suelos que presentan una reacción sísmica moderada, incluyendo arenas compactadas o suelos de densidad media.

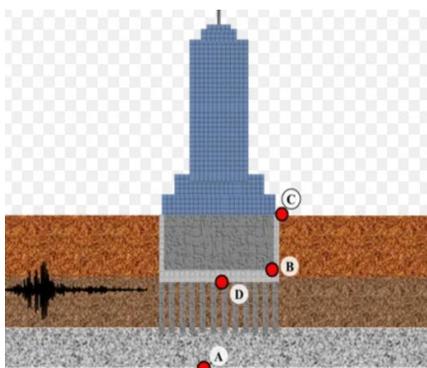


Ilustración 29 Suelo rígido moderado. (midasoft.com, 2021)

Tipo D (suelo blando o suelto): suelos que son más propensos a una amplificación sísmica significativa, incluidos limos y arcillas blandas.



Ilustración 30 Suelo blando. (solucionesruvi.blogspot.com, 2022)

Tipo E (suelo extremadamente blando): suelos muy blandos o saturados, como arcillas blandas o turba, que potencian en gran medida las ondas sísmicas.



Ilustración 31 Suelo extremadamente blando. (coripa.com.ar, 2023)

Tabla 2*Perfiles de suelo*

Tipo de perfil	Descripción
A	Perfil de roca competente
B	Perfil de roca de rigidez media
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
D	Perfiles de suelos rígidos
E	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas
F	Este tipo de perfil requiere una evaluación realizada in situ por un especialista en suelos

Fuente. NEC-Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2015).

2.13 Coeficientes geotécnicos del perfil del suelo

Los coeficientes del perfil del suelo representan los factores de amplificación de las ordenadas de aceleración del espectro elástico. (NEC, 2015)

Estos desempeñan un papel crucial en el análisis estructural por varias razones. Estos coeficientes representan las características del suelo que afectan directamente la capacidad de los cimientos para soportar la carga de la estructura, su estabilidad y la reacción del suelo a las fuerzas aplicadas.

- Fa: Amplificación de suelo en la zona de periodo corto.
- Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.
- Fs: Comportamiento no lineal de los suelos.

2.14 Espectro de diseño

Depende fundamentalmente de las características tectónicas, sismológicas, geológicas y del tipo de suelo en el que se va a realizar la construcción. Es de tipo elástico y presenta una relación de amortiguación relativa al valor crítico del 5% para ser capaz de analizar los efectos dinámicos del sismo de diseño. (Aquino, 2015)

El espectro de diseño utilizado en el análisis estructural es una representación gráfica que ilustra la respuesta máxima anticipada de una estructura durante un terremoto, en función de su período de vibración (la duración requerida para finalizar un ciclo de oscilación). Este espectro ayuda a determinar las fuerzas sísmicas que una estructura debe soportar, desempeñando un papel crucial en la ingeniería sísmica para garantizar la seguridad de los edificios durante un terremoto.

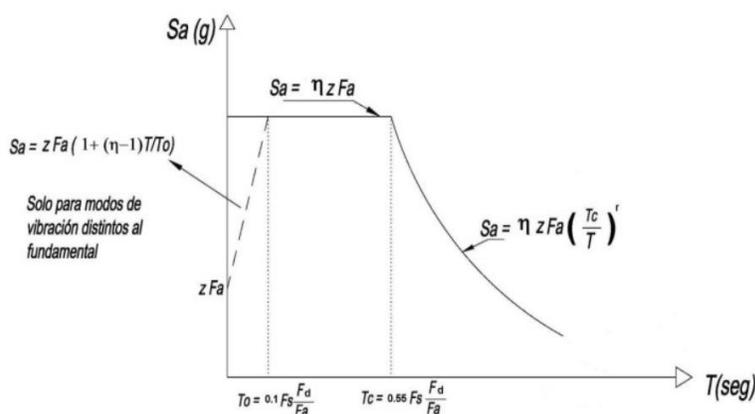


Ilustración 32 Espectro elástico horizontal. (steelconsultores.com, 2023)

2.15 Categorización de la edificación y coeficiente de relevancia

El propósito del edificio es un factor crucial en el diseño sísmico; El factor I busca mejorar la demanda de diseño sísmico de estructuras, ya que deben continuar funcionando o sufrir daños mínimos durante y después de un evento sísmico debido a sus diferentes características de uso.

La categorización de edificios implica clasificar el tipo de construcción en función de su uso, tamaño, función, tipo de ocupación y nivel de riesgo asociado. (Pazmiño, 2015)

Esta clasificación es crucial ya que dicta cómo se debe diseñar la estructura para resistir fuerzas sísmicas u otras cargas importantes (como viento, nieve o tráfico).

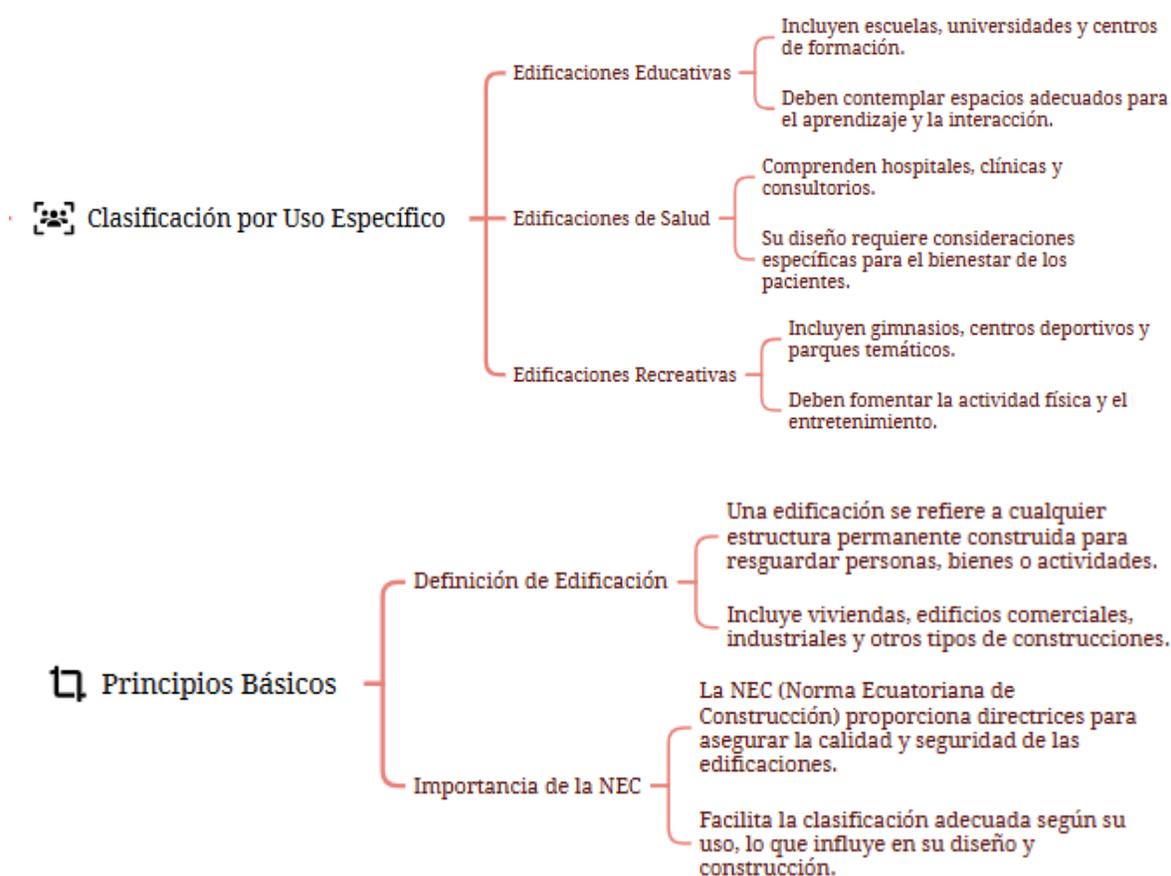


Ilustración 33 Mapa conceptual categorización de edificación. (Suquilanda, 2024)

El propósito de la edificación indica los requisitos sísmicos y de carga pueden diferir según si la propiedad es residencial, comercial, industrial, institucional u otra categoría. Por ejemplo, una escuela u hospital puede necesitar estándares de seguridad estructural más altos en comparación

con una estructura de bajo impacto. (Construcción, 2014)

En cuanto, a quienes hagan uso de las instalaciones se puede considerar que las estructuras que albergan a más personas, como estadios, teatros o escuelas, tienen mayor importancia sísmica, ya que el peligro potencial en caso de colapso es elevado. Finalmente, la Importancia funcional, ciertas estructuras, como hospitales, centros de gestión de emergencias o infraestructura esencial (puentes, presas), tienen un mayor nivel de importancia funcional, ya que deben permanecer operativas incluso en caso de un terremoto.

Sin embargo, la categorización del edificio y el coeficiente de relevancia impactan mucho en el análisis estructural, ya que al modificar el diseño sísmico: el coeficiente de relevancia garantiza que las estructuras con funciones esenciales exhiban una mayor resistencia a las actividades sísmicas, lo que podría requerir materiales adicionales o una configuración estructural más compleja.

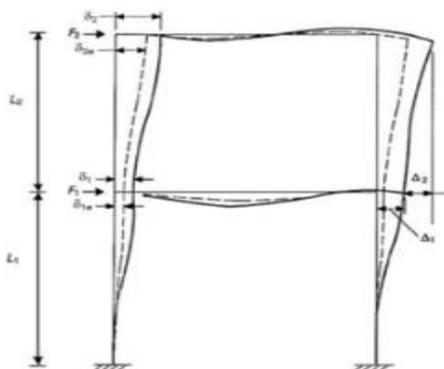
Vitalmente, la evaluación de riesgos el uso de estos coeficientes permite a los ingenieros realizar una evaluación más precisa del riesgo sísmico vinculado al edificio, adaptando el diseño a la importancia funcional y social de la estructura.

2.16 Derivas de piso

Se refiere a un desplazamiento lateral de un nivel del edificio con respecto al nivel adyacente, medido en dos puntos ubicados en él. Orientación vertical de la estructura que distingue el desplazamiento superior del inferior.

Las derivas de piso son un factor esencial en el análisis estructural, particularmente en edificios expuestos a cargas horizontales, como las causadas por terremotos o fuertes vientos. Las

derivas denotan los movimientos laterales que ocurren entre los niveles de un edificio debido a la flexibilidad de sus componentes estructurales, y su importancia radica en cómo estos movimientos pueden influir en la estabilidad, seguridad y funcionamiento de la estructura.



$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

C_d = Coeficiente de desplazamiento;
 δ_{xe} = desplazamiento en el punto requerido, determinado en base a un análisis inelástico;
 I_e = Coeficiente de importancia

Ilustración 34 Deriva de entrepiso. (researchgate.net, 2022)

En cuanto, la regulación de la distorsión estructural llegaría a presentar cambios excesivos lo que pueden provocar deformaciones indeseables en elementos estructurales como paredes, tabiques, ventanas y puertas. Dichas deformaciones pueden manifestarse como grietas o fisuras en las paredes y diversos componentes no estructurales, lo que podría afectar la funcionalidad del edificio, a pesar de que la estructura primaria se mantenga estable.

Asimismo, la Seguridad de los ocupantes acontece que los movimientos excesivos del piso pueden poner en peligro la seguridad de los ocupantes en un evento sísmico, ya que los cambios laterales pueden influir en la estabilidad de los componentes de la estructura y su capacidad para

resistir fuerzas sísmicas. Si los pisos se mueven excesivamente entre sí, se puede provocar el colapso parcial o total del edificio, poniendo en riesgo la seguridad de sus habitantes.

De vital relevancia tener en consideración la evaluación sísmica ya que, los cambios de piso juegan un papel vital en la evaluación de la resistencia sísmica del edificio. Si las derivas no se gestionan adecuadamente, pueden exceder los umbrales establecidos por los códigos sísmicos e impactar negativamente el comportamiento estructural en un terremoto. El análisis de la deriva permite modificar el diseño estructural para garantizar que no se excedan los límites de desplazamiento permisibles.

Tabla 3

Derivas de Piso

Estructura de:	ΔM máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera.	0,02
De mampostería.	0,01

Fuente. NEC-Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2015).

CAPITULO III MARCO METODOLOGICO

3. Marco metodológico

3.1 Tipo de investigación

El presente abordaje se basa en una metodología de investigación que permite considerar de manera metódica y exhaustiva los diferentes factores que influyen en el análisis y desempeño de la estructura.

El estudio es principalmente cuantitativo, ya que se basa en la recopilación y análisis de índole numérico. Este método permite realizar cálculos precisos sobre el rendimiento estructural del galpón a través de la herramienta tecnológica SAP2000. Además, se utilizan modelos matemáticos para evaluar la resistencia y estabilidad de la estructura bajo distintos tipos de cargas tales como cargas vivas y muertas las cuales indican el peso propio de los componentes estructurales y las cargas relacionadas con el uso de la estructura. (Engineering, 2024) De igual manera, como cargas sísmicas estas examinan la respuesta de la estructura frente a movimientos telúricos, teniendo en cuenta que la ubicación se encuentra en una zona propensa a sismos. Análogamente, cargas de viento dichas evalúan el impacto de las presiones y succiones provocadas por fuertes vientos sobre la estructura.

Es de índole importante de este estudio abordar un tema preciso y particular la evaluación estructural de una nave industrial que cumpla con los estándares técnicos y garantice el almacenamiento seguro de productos farmacéuticos. Para lograr esto se tienen en cuenta las normativas locales, incluida la NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción), junto con estándares internacionales como AISC, ASCE entre otros.

La presente indagación aplicada no sólo procura evaluar el rendimiento estructural, sino también sugerir soluciones que mejoren la distribución de los elementos y garanticen la longevidad de la estructura en el tiempo.

3.2 Normativas

3.2.1 Revisión de las normativas locales y de seguridad.

3.2.1.1 Buenas prácticas de Almacenamiento (BPA)

-Dado que el Galpón servirá para almacenar productos farmacéuticos, es fundamental el cumplimiento de las BPA marcadas por la Autoridad Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). Estos consisten en:

-Niveles regulados de temperatura y humedad para salvaguardar la calidad de los productos.

-Sistemas de ventilación suficientes para evitar la acumulación de contaminantes.

-Zonas de almacenamiento bien definidas para evitar la contaminación cruzada.

3.2.1.2 Normas NEC-15 (Norma Ecuatoriana de la Construcción)

-El NEC-15 es un marco regulatorio esencial que describe los estándares para el diseño, construcción y mantenimiento de estructuras en el Ecuador. Para el análisis de la estructura del galpón se debe tener en cuenta lo siguiente:

-**NEC-SE-DS:** Diseño para actividad sísmica. Este capítulo es importante, ya que Ecuador

está situado en una región de importante actividad sísmica.

-NEC-SE-HM: Fuerzas del viento y cargas estáticas. Esto garantiza que el cobertizo pueda soportar las condiciones climáticas locales.

-NEC-SE-AC: Especificaciones para estructuras de acero, ya que esta sustancia se utiliza frecuentemente en instalaciones de almacenamiento industrial.

3.2.1.3 AISC (Instituto Americano de Construcción en Acero)

Las directrices AISC sirven como punto de referencia global para el diseño y construcción de estructuras de acero. Para el cobertizo en cuestión, es importante considerar los siguientes aspectos:

-Especificaciones para el diseño de estructuras de acero (AISC 360): esta norma describe los requisitos de diseño centrándose en la resistencia y la integridad estructural.

-Manual de construcción en acero: contiene tablas y referencias de diseño para componentes estándar como vigas, columnas y juntas.

-Estándares de diseño para conexiones: AISC destaca la necesidad de crear conexiones seguras y efectivas que transmitan cargas adecuadamente.

3.3 Especificaciones de galpón

3.3.1 Recolección de datos iniciales

El predimensionamiento y la especificación de las dimensiones de un galpón son cruciales

para garantizar su funcionalidad y seguridad. Para una nave industrial designado para almacenar productos farmacéuticos, las dimensiones deben adaptarse a las necesidades particulares del uso previsto, cumpliendo con las regulaciones locales y las necesidades operativas.

El diseño y las especificaciones de las dimensiones de esta estructura son cruciales para garantizar su seguridad y funcionalidad. Para un almacén designado para el almacenamiento de productos farmacéuticos, estas medidas deben adaptarse a las necesidades particulares del propósito previsto, cumpliendo con las regulaciones locales y los requisitos operativos.

3.3.2 Obtención de planos y especificaciones del galpón

3.3.2.1 Altura total: 10 m

Por lo general, el peralte de un galpón industrial oscila entre 6 y 12 metros, dependiendo del tipo de almacenamiento y de los utensilios utilizados. Una mayor altura permite el uso de sistemas de almacenamiento vertical.

Para productos farmacéuticos, es importante considerar los requisitos de ventilación y control ambiental.

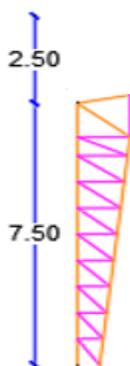


Ilustración 35 Altura total de Galpón. (Suquilanda, 2024)

3.3.2.2 Ancho y Largo: 25m x 40 m

Estas dimensiones dependen del espacio necesario para el almacenamiento y las operaciones logísticas. Por ejemplo, un galpón destinado a insumos farmacéuticos podría requerir dimensiones de 20 x 50 metros, proporcionando 1.000 m² de área útil.

El diseño también debe incluir espacio para pasillos amplios que faciliten el movimiento de montacargas y personal.

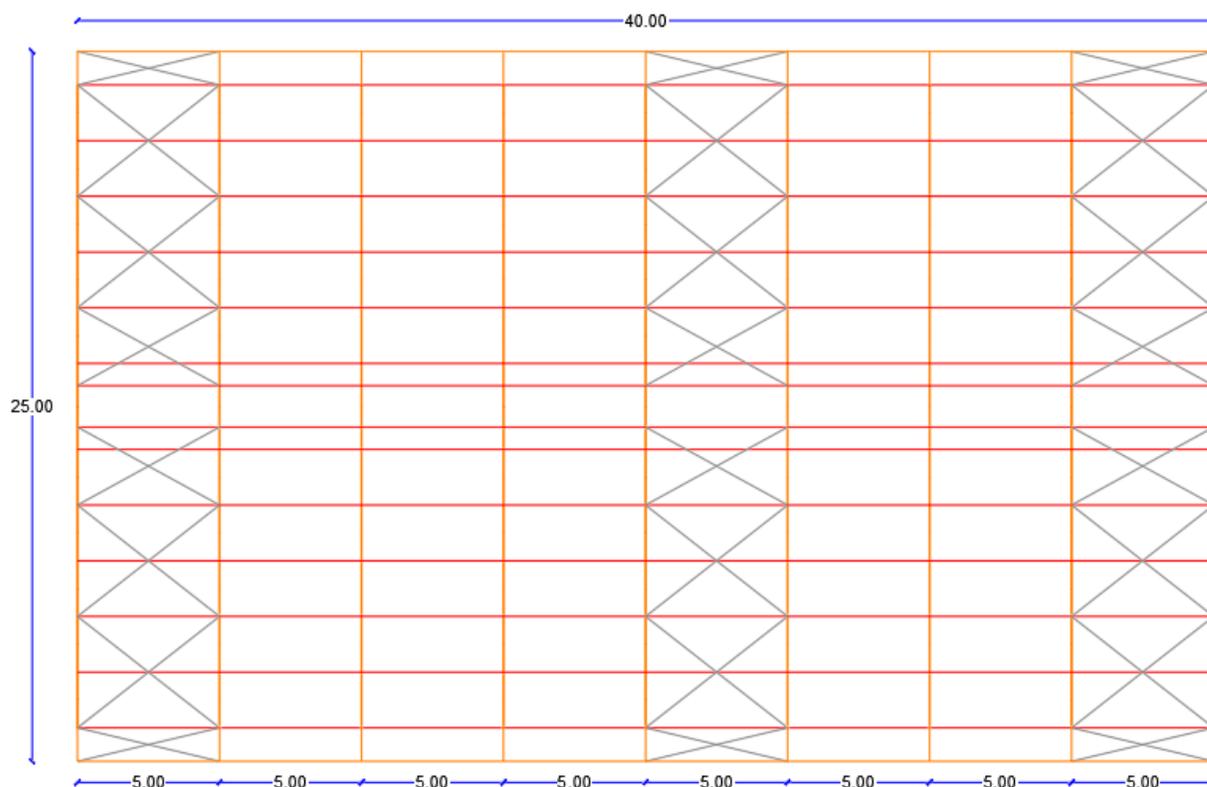


Ilustración 36 Implantación de Galpón. (Suquilanda, 2024)

3.3.2.3 Perfiles

En cuanto a los perfiles se optó por diferentes:

Correas: G200X75X25X5 mm

Diagonales o Riostras: L75X75X8 mm

Varillas: 18 mm

Vigas y columnas: C250X60X10 mm

Ángulos: 2L60X60X8 mm

	G200X75X25X5 mm	Correas
	L75X75X8 mm	Diagonales o Riestras
	18 mm	Varillas
	C250X80X10 mm	Vigas y Columnas
	2L 60X60X8 mm	Ángulos para las montantes

Ilustración 37 Perfiles usados. (Suquilanda,2024)

3.4 Predimensionamiento de cercha

Tabla 4

Simbología

	SIMBOLOGIA
Lv	Carga viva
Dc	Carga muerta
Wu	Carga ultima
Mu	Momento ultimo
Vu	Cortante ultimo
Fy	Esfuerzo de fluencia
$\sigma = F/A$	Esfuerzo=fuerza/área
Φ	Fi
$M = f \cdot d$	Momento=Fuerza*Distancia
$Mu = (Wu \cdot L^2) / 8$	Momento ultimo= (Carga ultima*Longitud ²) /8
$Zx = Mu / \sigma$	Módulo de sección=Momento ultimo/Esfuerzo

Nota. Fuente: Propio

2L60X60X8 mm

Diagonales

Primero se procede a identificar tanto la carga viva y muerta, la cual me especifica la norma NEC.

$$Lv = 70 \frac{Kg}{m^2}$$

$$Dc = 10 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\text{Instalaciones} = 10 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Una vez identificado estos datos, se procede a hallar la carga ultima, adicional a esto se considera un 10%

$$\begin{aligned} Wu &= 1,2Dc + 1,6Lc \\ Wu &= 1,2\left(20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right) + 1,6Lc\left(70 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right) \\ Wu &= 136 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \\ Wu &= 136 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 0,1 = 13,6 \\ Wu &= 136 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 13,6 = 150 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \\ WuL &= 150 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 5 = 750 \frac{\text{Kg}}{\text{ml}} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta el dibujo de la estructura se observa tanto el momento ultimo como la cortante ultima, además de establecer el tipo de acero a trabajar, una vez realizado esto se procede a hallar el área con sus respectivas formulas.

$$\begin{aligned} Mu &= 140 \text{ Kg} \\ Vu &= 9090 \text{ Kg} \\ A36 Fy &= 2530 \\ \sigma &= \frac{F}{A} \\ A &= \frac{F}{\sigma} = \frac{Vu}{\phi * Fy} \\ A &= \frac{9090}{0,6 * 2530} = 5,98 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

C250X60X10 mm

Cordones/Vigas

En este punto se procede a hallar el momento con su fórmula correspondiente tal cual como se muestra a continuación.

$$M = F * d$$

$$F = \frac{Mu}{H}$$

$$F = \frac{140}{\frac{95 + 50}{2}} = 1,93 \text{ Kg}$$

Así mismo se procede a hallar el esfuerzo para este perfil con su respectiva formula.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\Phi * Fy}$$

$$A = \frac{193.80}{0,6 * 2530} = 1,93 \text{ cm}^2$$

C250X60X10 mm

Columna

Aquí se procede a hallar el área de la columna con un 60% adicional, ya que este elemento debe presentar mayor rigidez.

$$Ac = 1,60 * Acord$$

$$Ac = 1,60 * 1,93 = 3.08 \text{ cm}^2$$

G200X75X25X5 mm

Correas

Aquí se calcula la carga ultima lineal.

$$WuL = 150 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 0,80\text{m}$$

$$WuL = 120 \text{ Kg/m}$$

Se procede a hallar el momento último del perfil tipo G con su respectiva formula.

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

$$Mu = \frac{120 * 5^2}{8}$$

$$Mu = 375 \text{ kg/m}$$

A continuación, se halla el módulo de sección para este perfil.

$$Zx = \frac{Mu}{\sigma}$$

$$Zx = \frac{375}{0,9 * 2530}$$

$$Zx = 16,46 \text{ cm}^3$$

3.5 Modelado computacional

3.5.1 Selección de unidades y estilo a trabajar

Dentro del software SAP2000, la elección de unidades y estilo de trabajo son elementos esenciales al inicio de un proyecto, ya que garantizan precisión y uniformidad en el análisis estructural. En este se ha seleccionado el estilo Grid Only en base a la estructura que se desea modelar, además de las unidades Kgf, m, c.

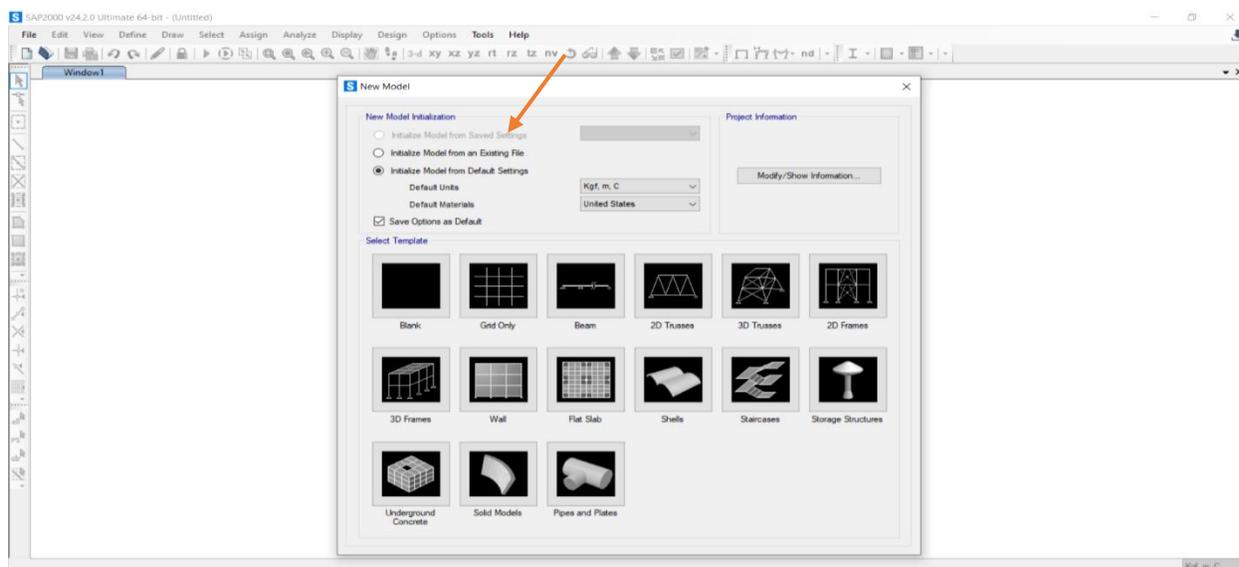


Ilustración 38 Estilo de trabajo Grid Only en SAP2000

3.5.2 Ingreso de distancias

Al momento de ingresar distancias en SAP2000 pertenece a la definición de la geometría de la estructura, específicamente las ubicaciones de los nodos y componentes estructurales en el

espacio. Este procedimiento es esencial para representar con precisión la estructura.

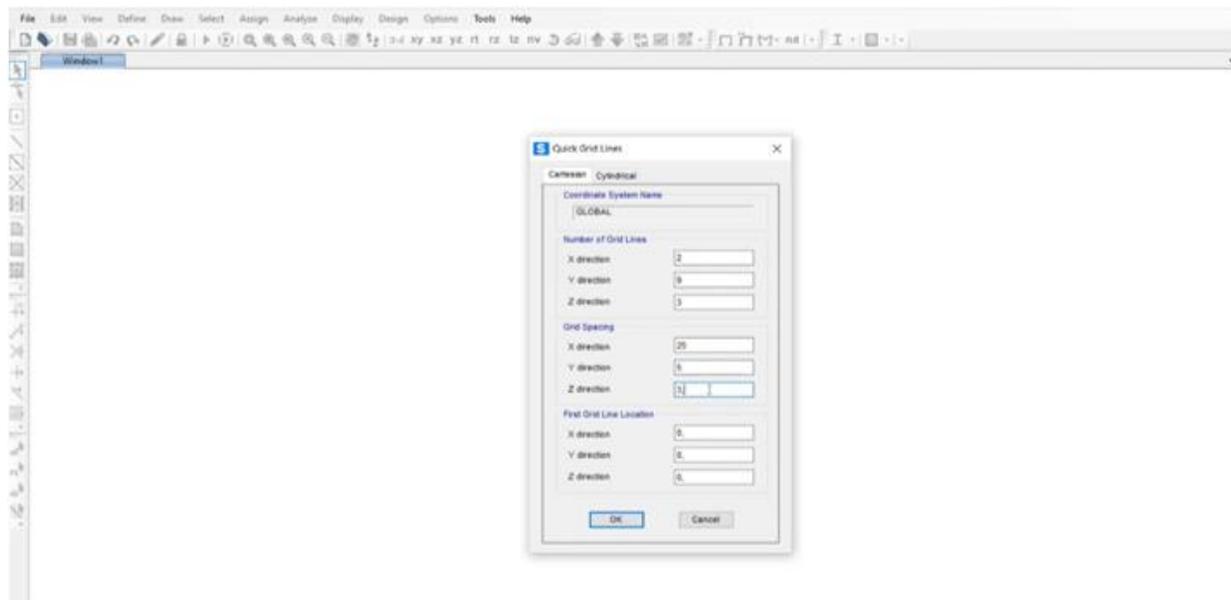


Ilustración 39 Ingreso de distancias en SAP2000; Fuente: Propia

3.5.3 Generación de vista en planta y 3D de la estructura

La creación de la implantación y vista 3D en SAP2000 permite observar y evaluar la estructura desde varios ángulos, lo cual es crucial para validar la geometría, la conexión de los componentes y realizar ajustes al modelo.

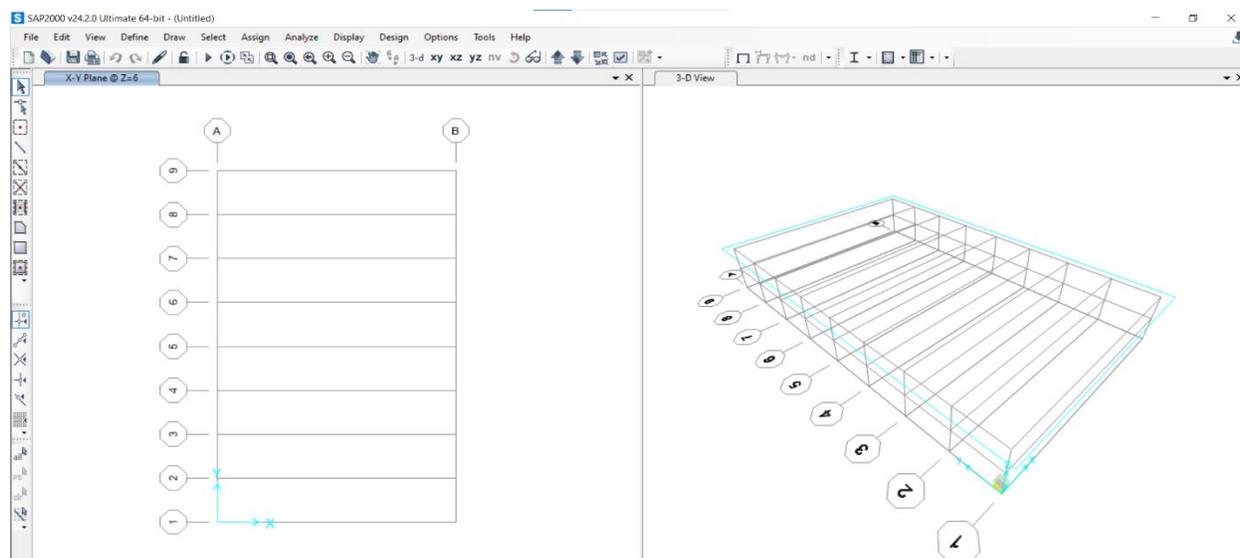


Ilustración 40 Vista en planta y 3D del modelo en SAP2000; Fuente: Propia

3.5.4 Ingreso de elevación

Dentro del software Sap2000 este inciso se refiere al ingreso de la altura que tiene la estructura tanto del inicio de la columna al final de esta, así como la altura que hay del fin de la columna al punto más alto de la cubierta.

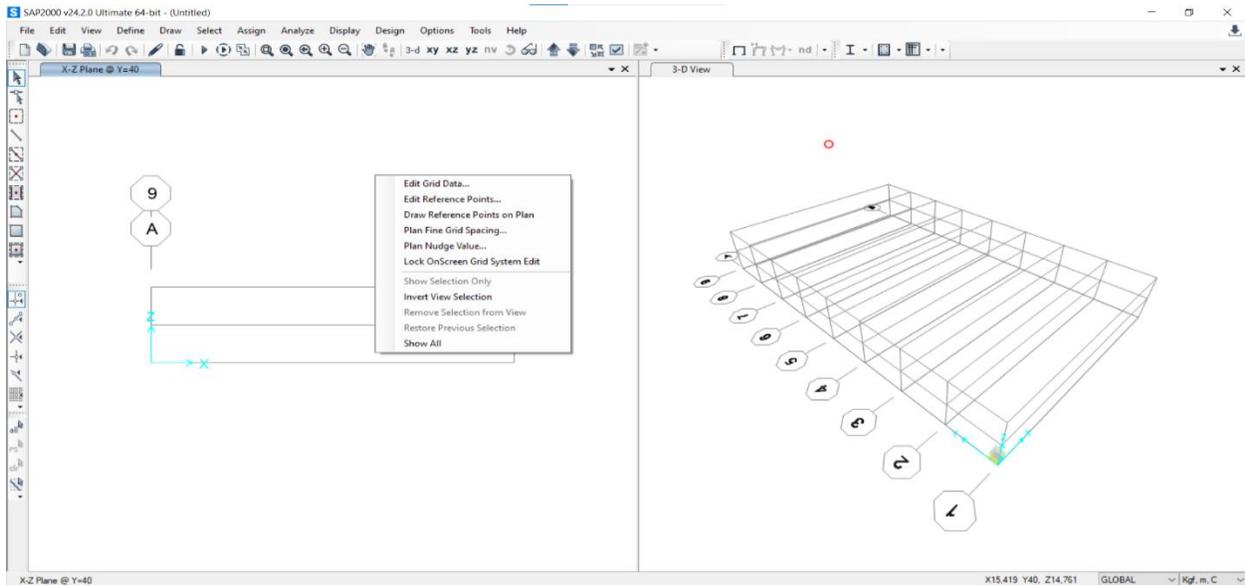


Ilustración 41 Selección de opción Edit Grid Data; Fuente: Propia

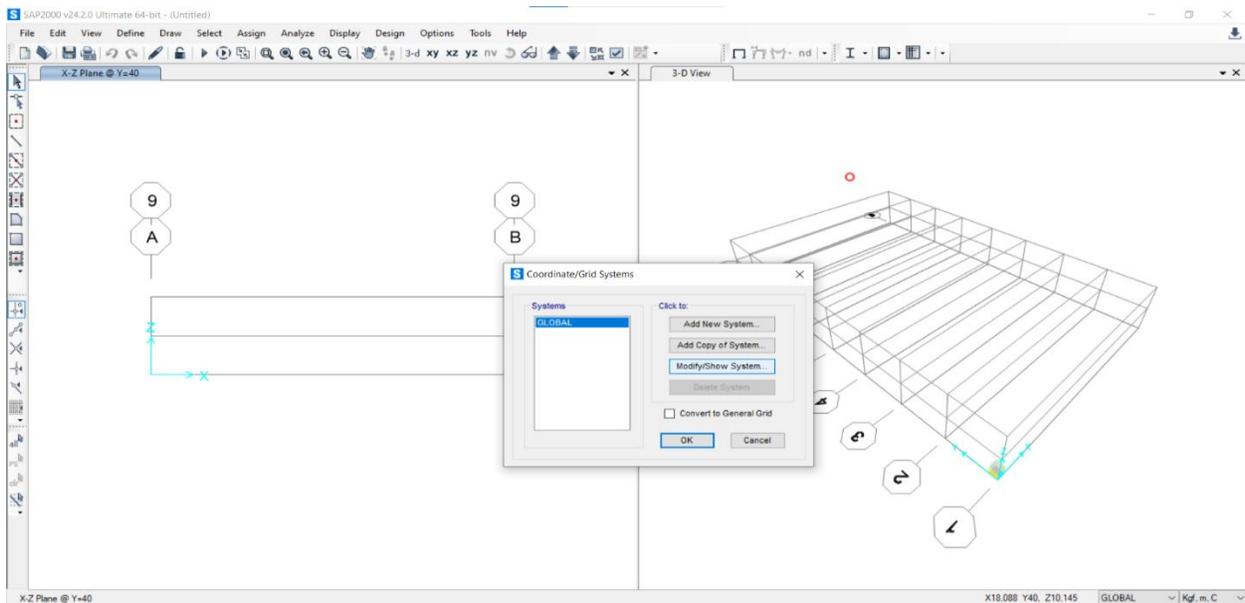


Ilustración 42 Selección de opción Modify Show System; Fuente: Propia

En este paso se procede a ingresar la altura de la estructura, para esto hay que verificar la altura correspondiente de la estructura en el plano de AutoCAD.

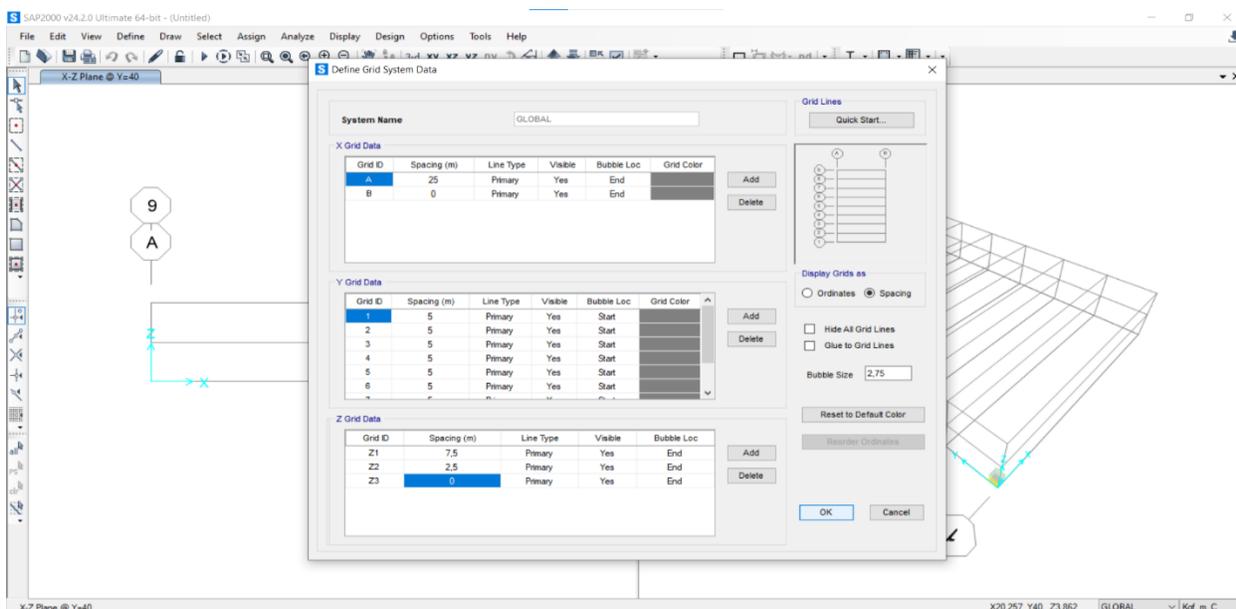


Ilustración 43 Ingreso de elevaciones correspondientes; Fuente: Propia

3.5.5 Importación del dibujo

Este apartado especifica la importación del dibujo en AutoCAD, pero en formato dxf y cada elemento en forma de línea.

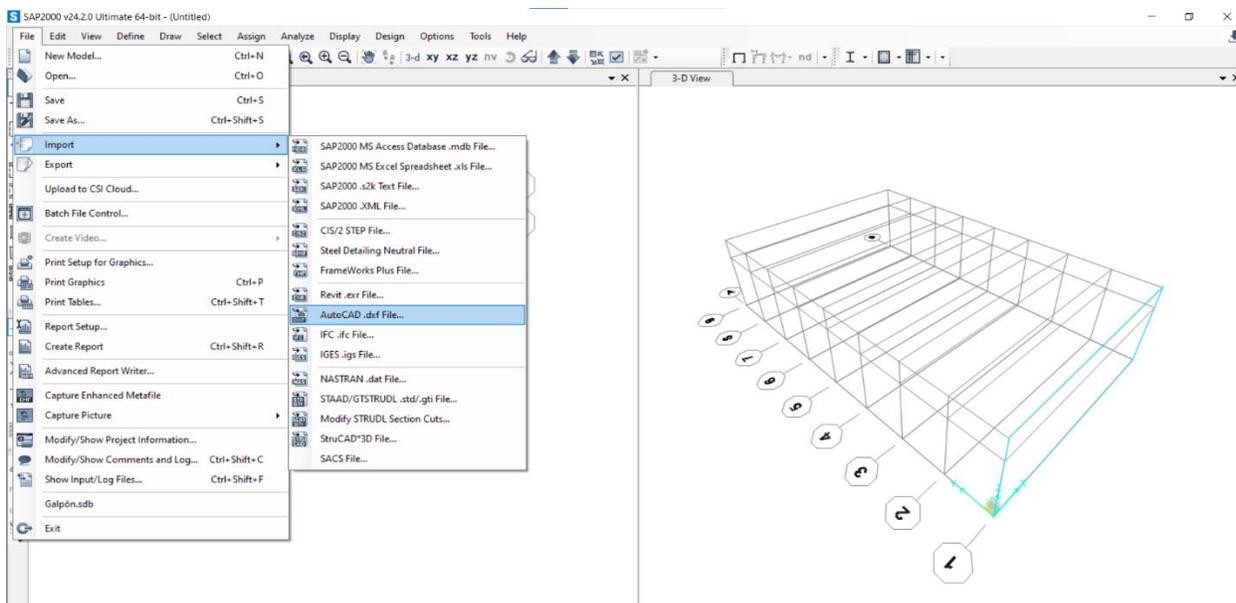


Ilustración 44 Selección AutoCAD dxf File en SAP2000; Fuente: Propia

3.5.6 Importación de elementos columnas

Este inciso especifica la importación de un elemento estructural tal como es la columna, lo que implica integrar elementos estructurales verticales en el modelo desde fuentes externas como archivos CAD, esto ahorra tiempo en el proceso de modelado.

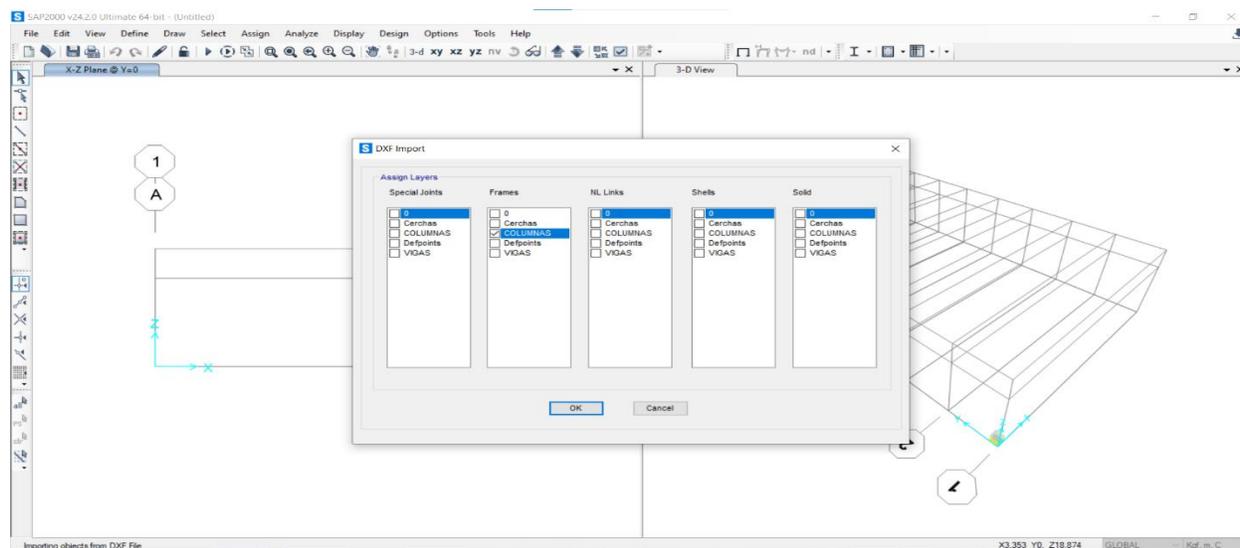


Ilustración 45 Selección de columnas de dxf a SAP2000; Fuente: Propia

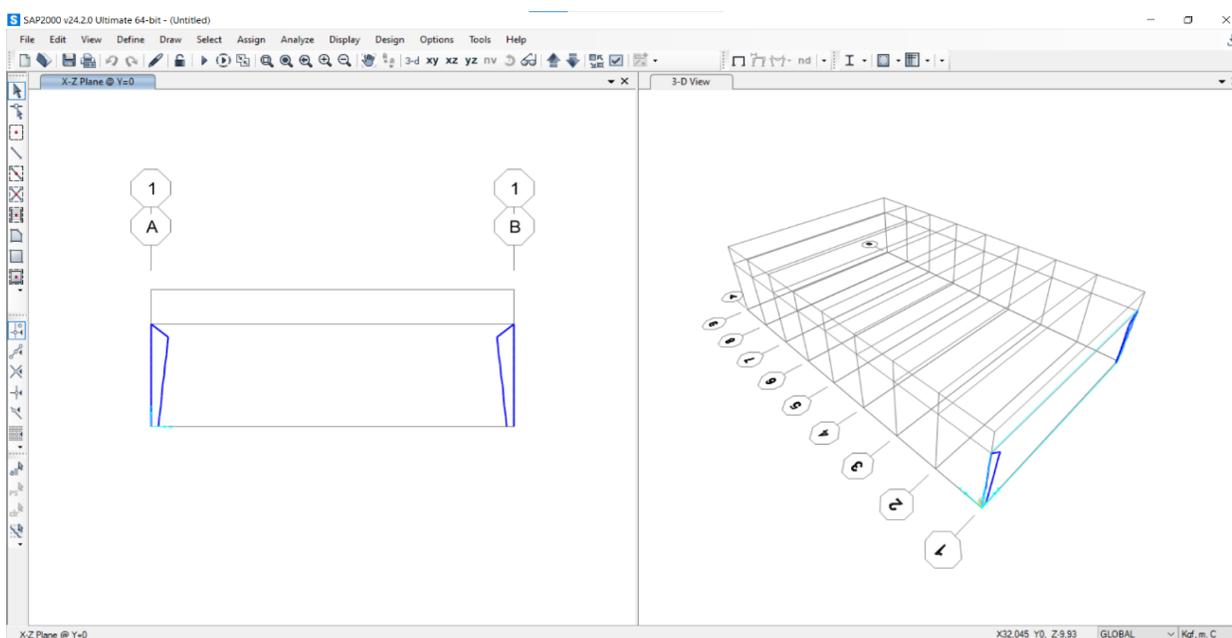


Ilustración 46 Visualización de columnas en SAP2000; Fuente: Propia

3.5.6.1 Definición de material en columnas

En SAP2000, la caracterización del material en columnas es un paso esencial ya que posibilita de tallar las propiedades físicas y mecánicas del material que se empleará en el análisis estructural.

Estas características influyen de manera directa en el desempeño del modelo.

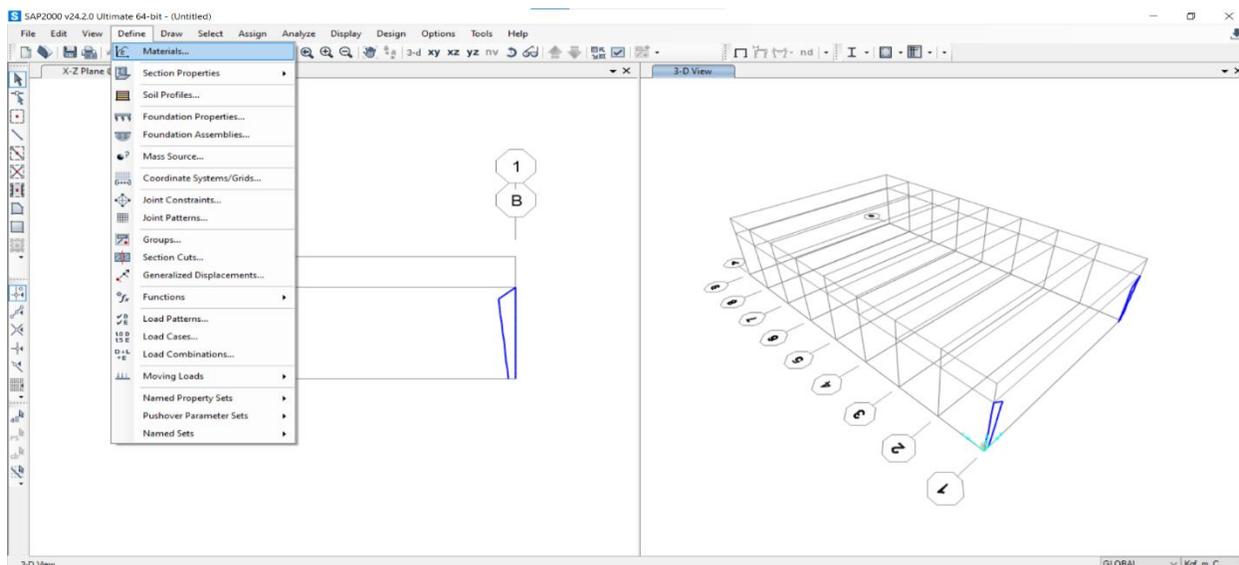
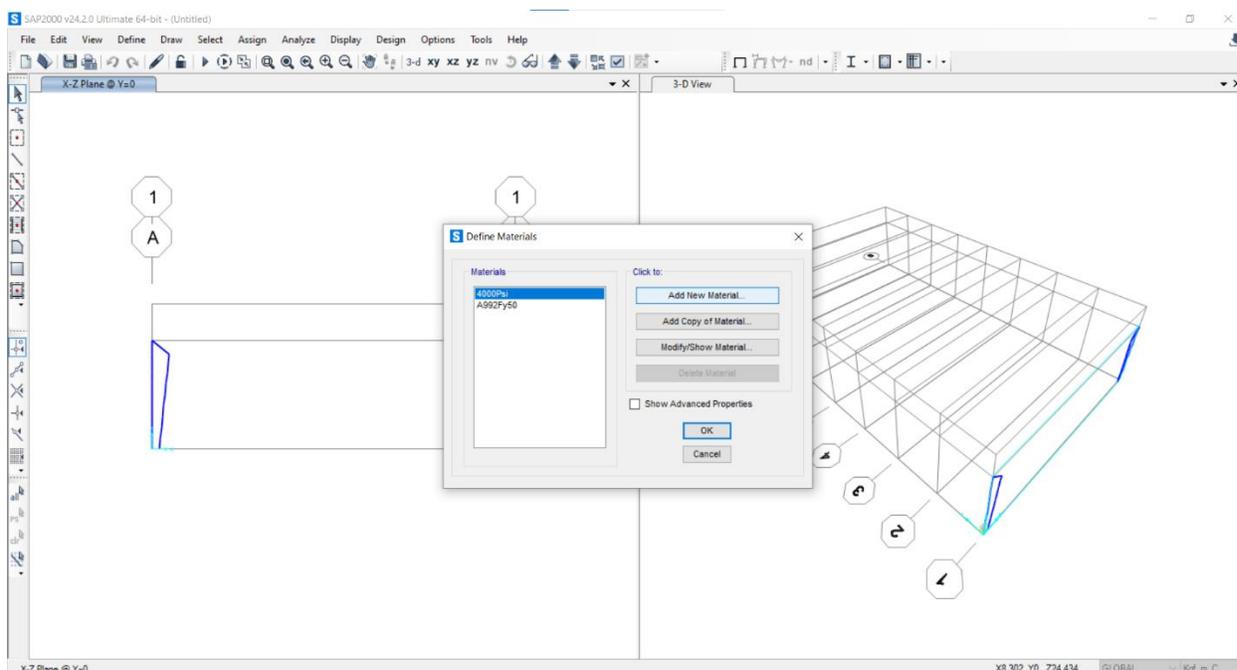


Ilustración 47 Elección de materiales en SAP2000; Fuente: Propia



e

Ilustración 48 Selección de opción Add New Material en SAP2000; Fuente: Propia

3.5.7 Dibujar columnas

En el entorno de SAP2000, crear columnas en detalles específica como componentes estructurales verticales (marcos) vinculados entre diferentes pisos o niveles.

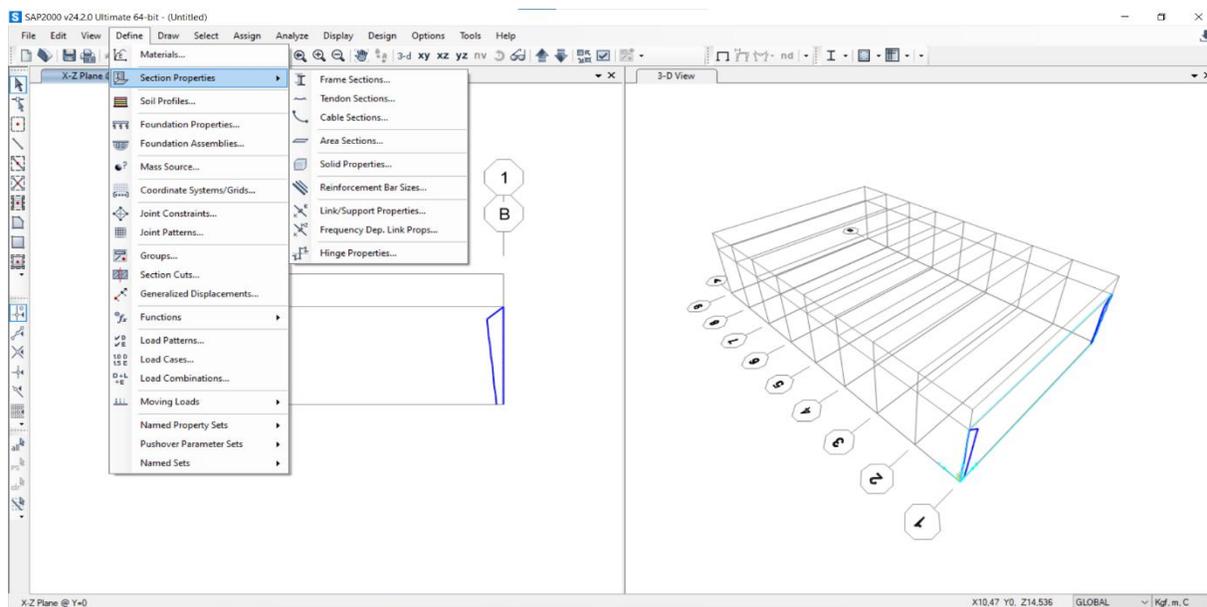


Ilustración 49 Selección de opción Frame Sections; Fuente: Propia

En este punto se detalla como agregar propiedades al material, este paso es clave ya que las especificaciones de este serán importantes para el desempeño de la estructura.

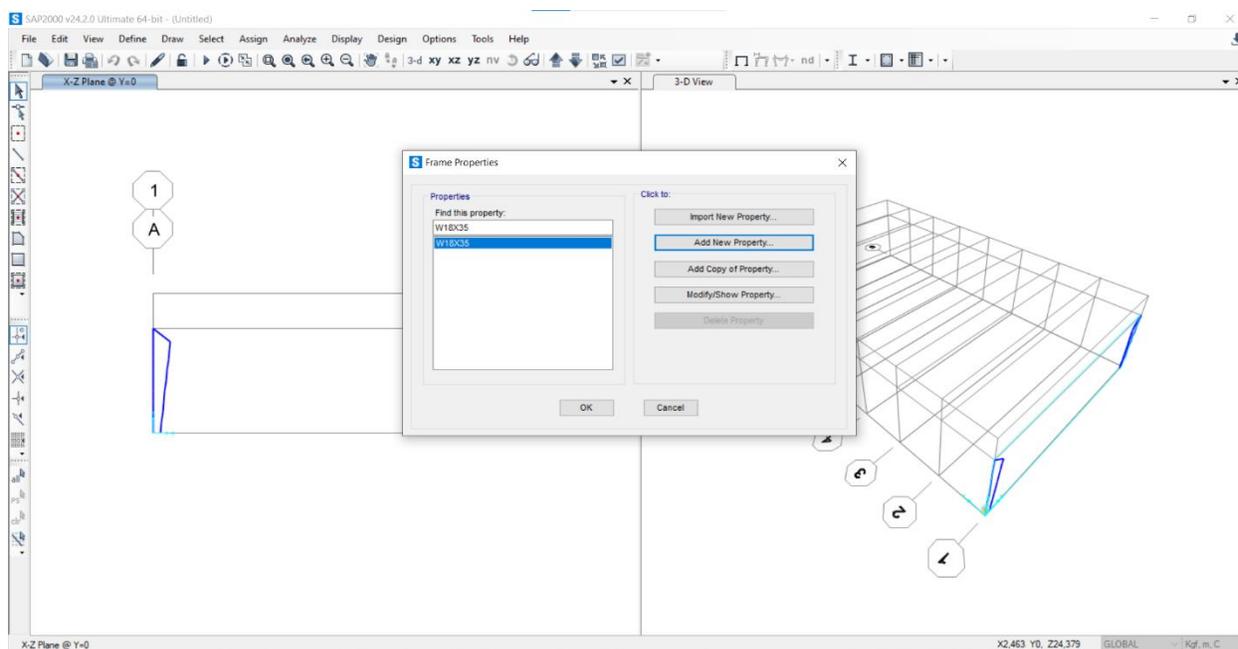


Ilustración 50 Selección de opción Add New Property; Fuente: Propia

Una vez seleccionado el material se procede a elegir el tipo de perfil el cual es un canal C 250x60x10 mm

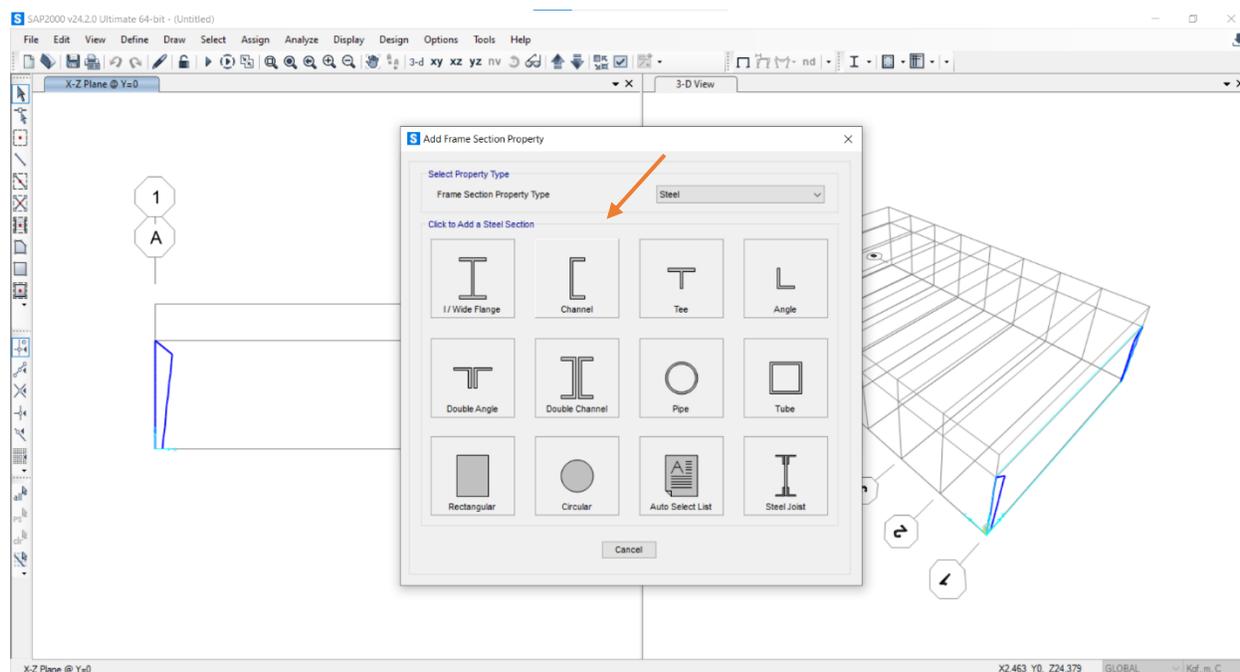


Ilustración 51 Elección de perfil; Fuente: Propia

Una vez elegido el perfil, se procede a ingresar sus especificaciones tal cual como se puede divisar en la ilustración

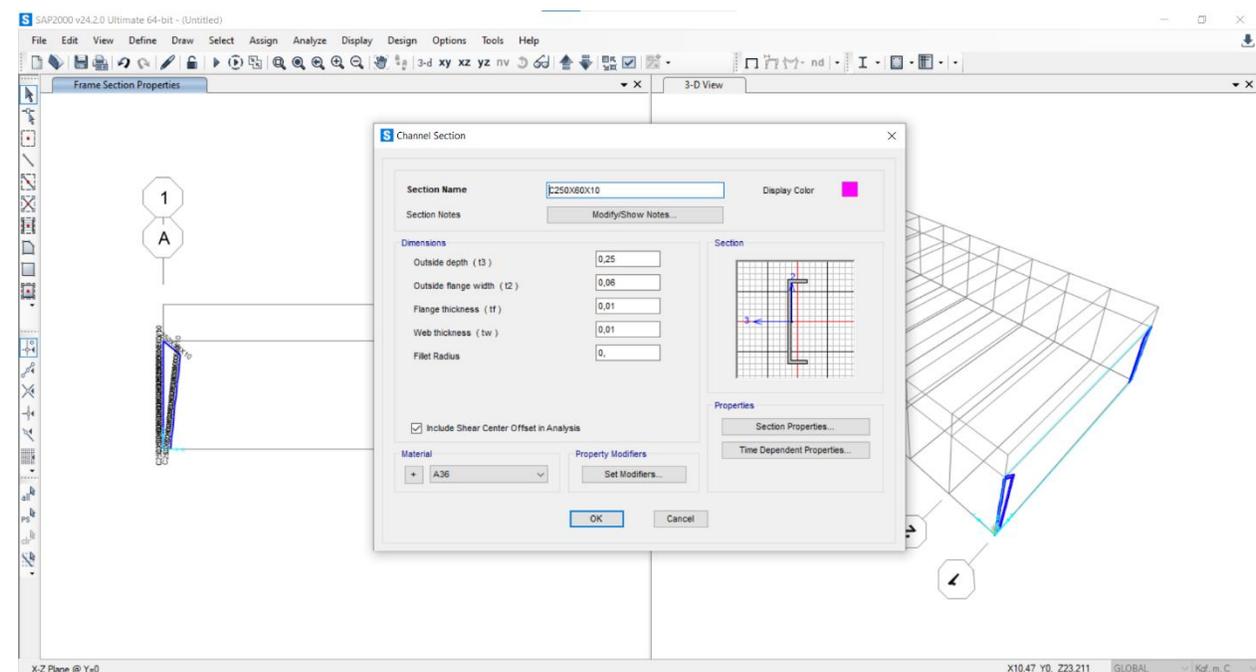


Ilustración 52 Ingreso de especificaciones del perfil; Fuente: Propia

3.5.8 Dibujar diagonales

En la interfaz de Sap2000, este apartado se refiere a la construcción de componentes similares a marcos (vigas o cables) que se colocan diagonalmente dentro de un edificio en este caso un galpón.

Este tipo de elementos es típico en construcciones como cerchas, marcos diagonales o marcos inclinados.

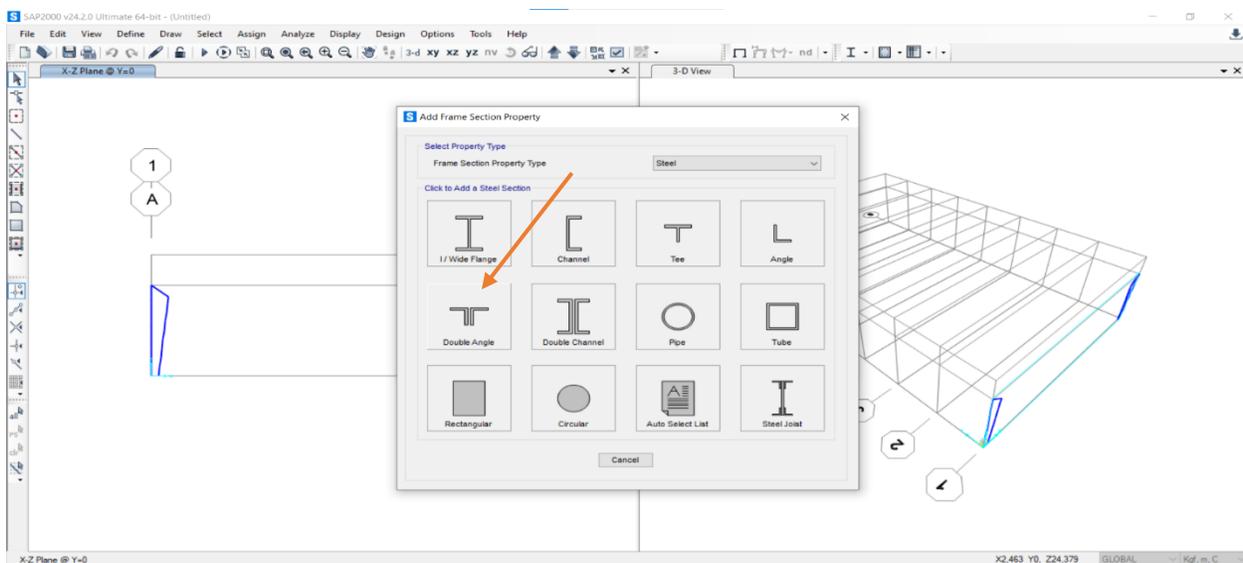


Ilustración 53 Selección del perfil; Fuente: Propia

Aquí se logra divisar tal cual en la ilustración el ingreso de dimensiones del ángulo 60x60x8

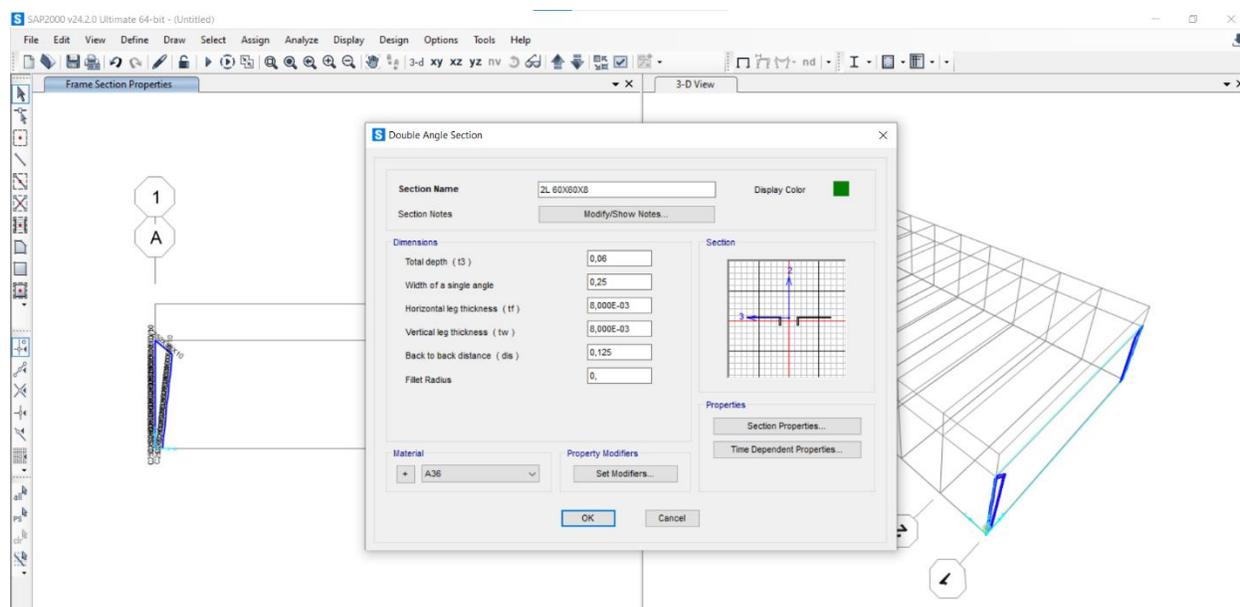


Ilustración 54 Ingreso de datos del perfil; Fuente: Propia

mm

3.5.9 Importación de elementos vigas

Dentro de la herramienta tecnológica SAP2000, importar vigas en el software implica incorporar componentes estructurales de tipo "marco" que representan vigas de fuentes externas como archivos CAD. Este proceso es beneficioso para ahorrar tiempo en el modelado.

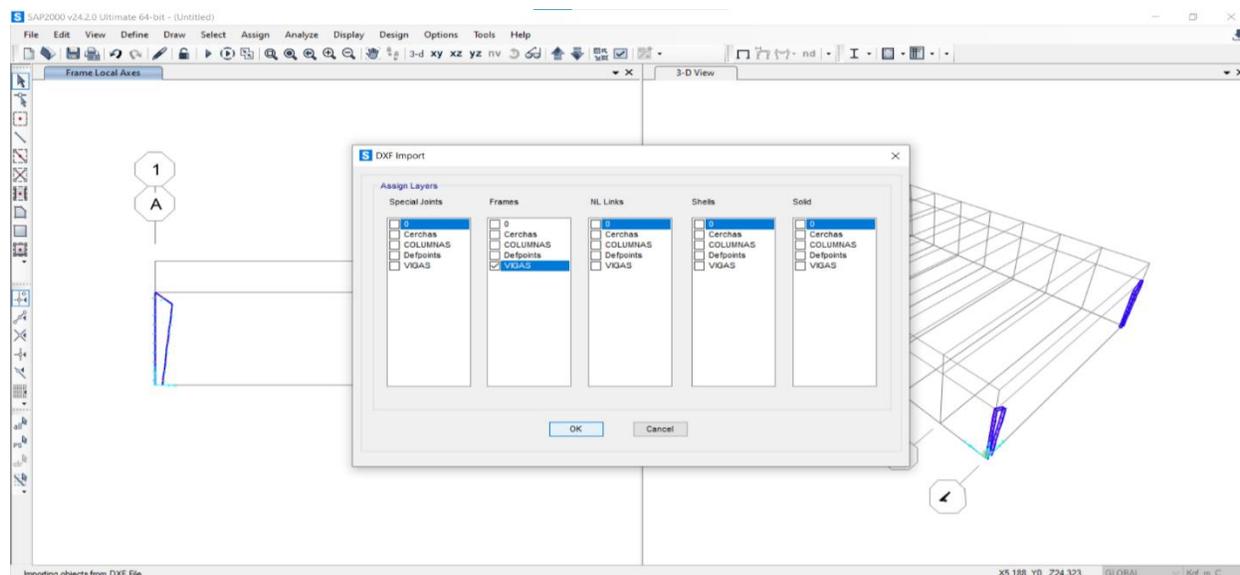


Ilustración 55 Selección de vigas; Fuente: Propia

En la presente ilustración se visualiza la elección del tipo de perfil C 250X60X10 mm mismo de la columna ya que ambos elementos poseen el mismo perfil

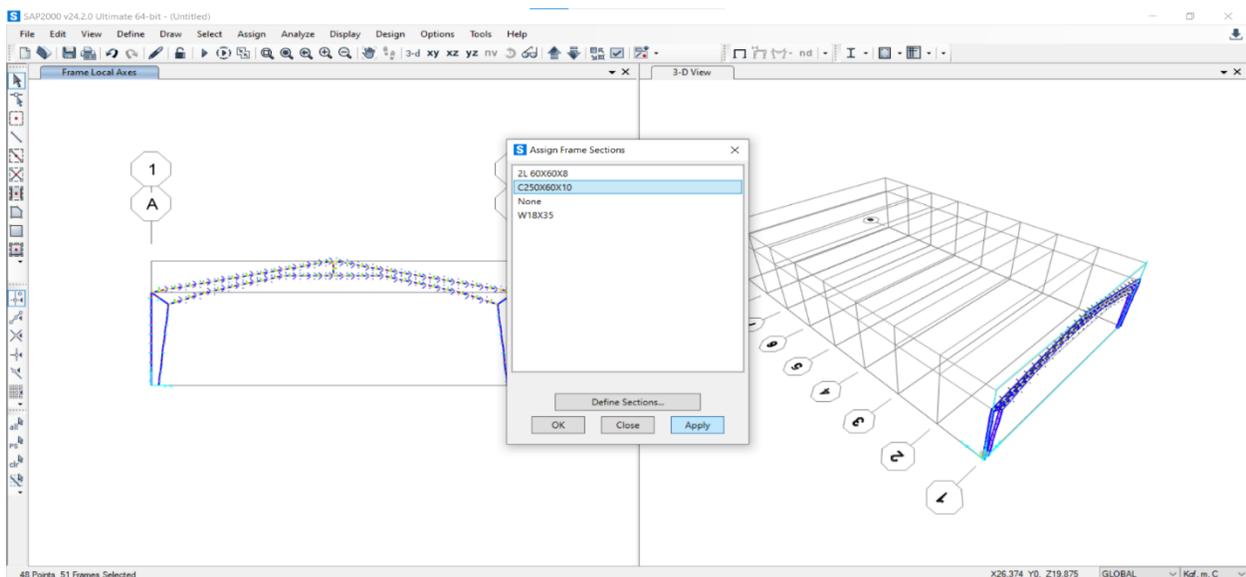


Ilustración 56 Designación de perfil correspondiente a la viga; Fuente: Propia

3.5.10 Importación de ángulos

El proceso de importar ángulos a SAP2000 se parece al de otros componentes estructurales, como vigas o columnas. Este tipo de perfil se usa para reforzar tanto nudos y cordones de la cercha.

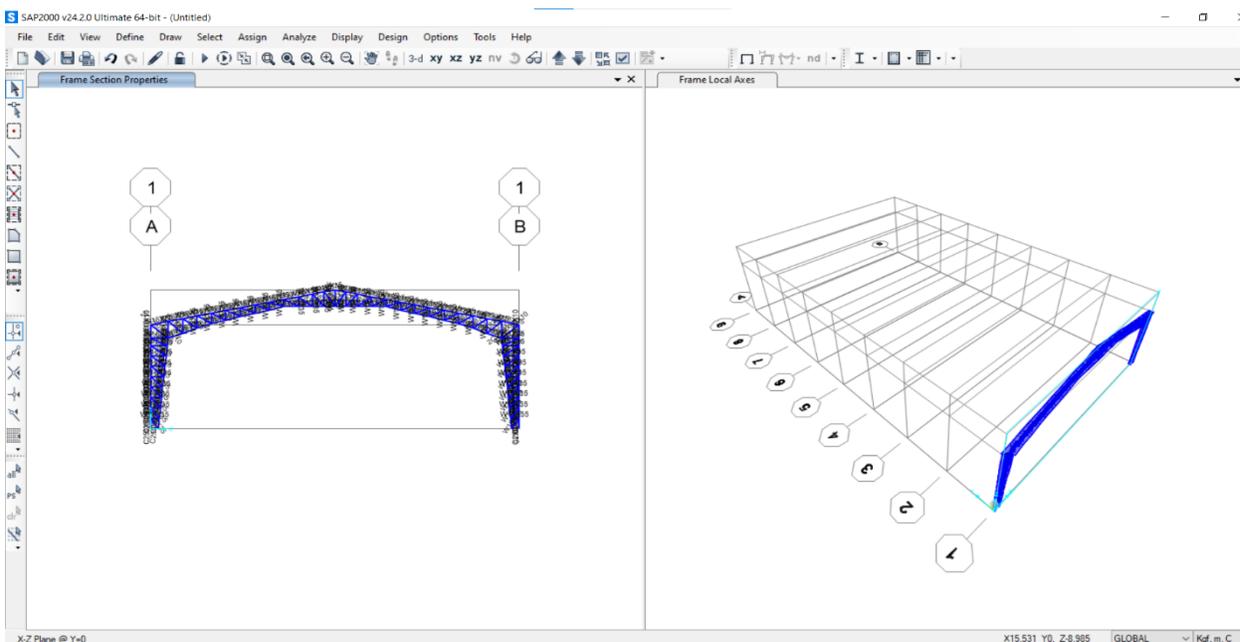


Ilustración 57 Importación de ángulos; Fuente: Propia

Ingreso de especificaciones del ángulo 2L 60X60X8mm tal como se puede divisar en la

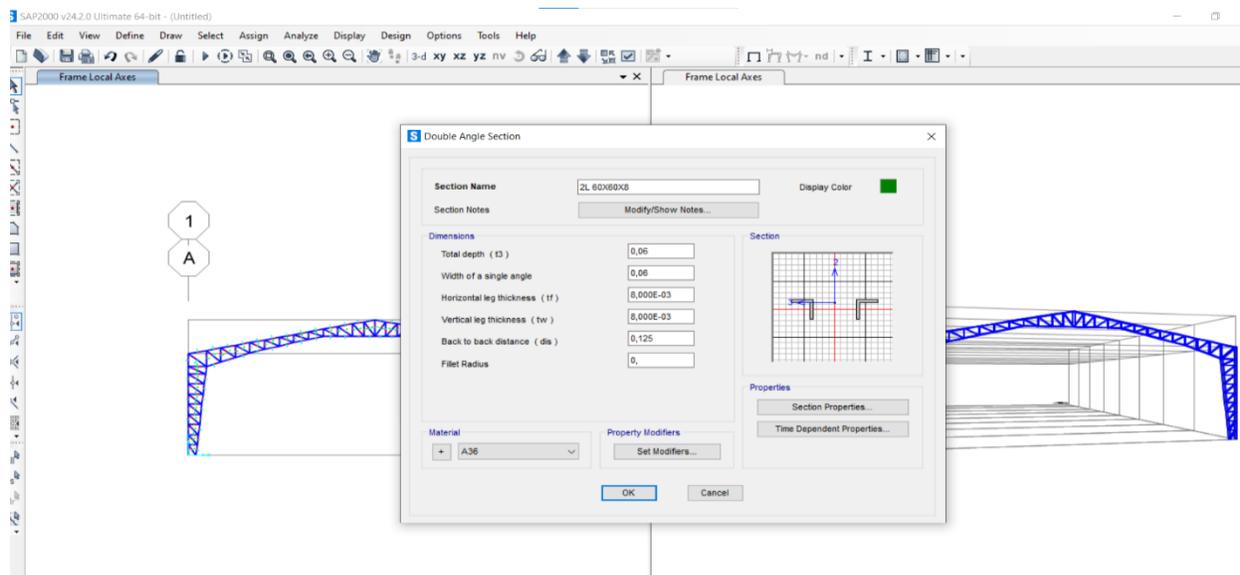


Ilustración 58 Designación de especificaciones del ángulo; Fuente: propia

ilustración.

3.5.11 Asignación de correas

La asignación de correas en la herramienta tecnológica SAP2000 de un galpón (o estructura metálica) implica la tarea de identificar y diseñar los componentes horizontales que componen el techo o la estructura del techo. Las correas son elementos colocados entre cerchas o entre vigas primarias.

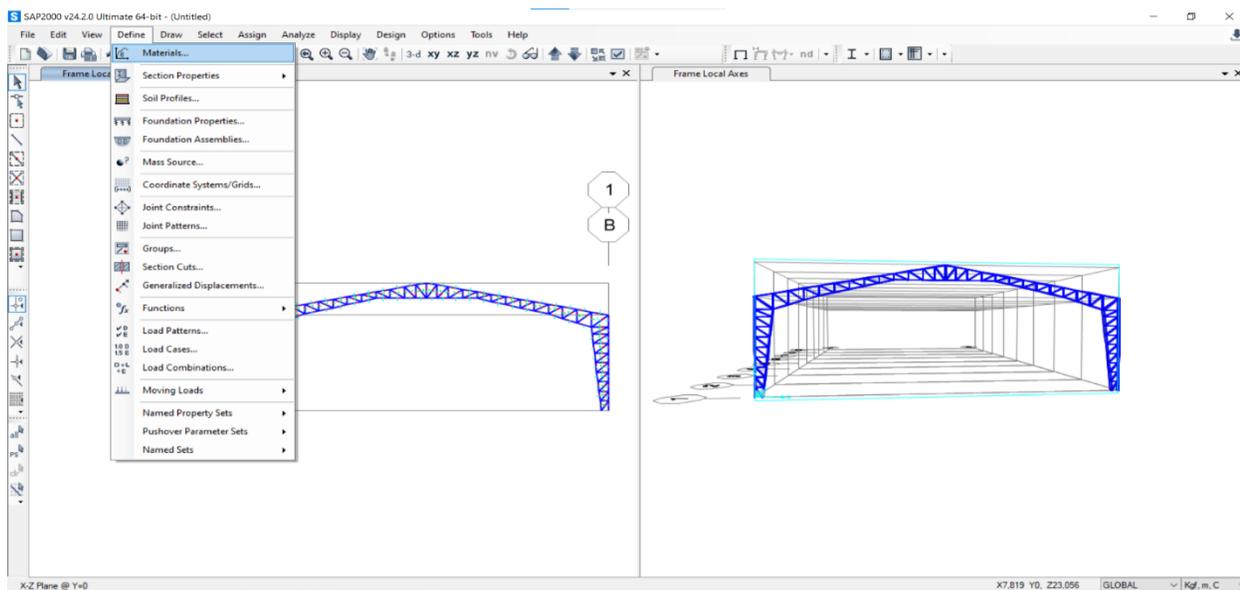


Ilustración 60 Identificación de material; Fuente: propia

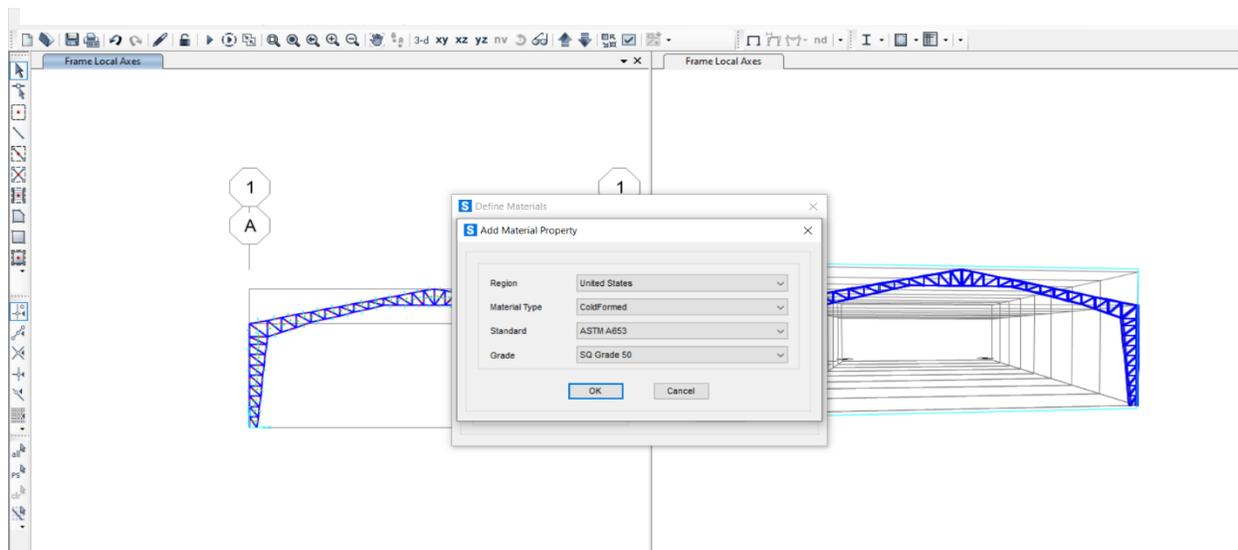


Ilustración 59 Selección de opción Materials; Fuente: Propia

3.5.11.1 Designar perfil a correas

Dentro de este apartado se procede a seleccionar el perfil para la correa, cabe recalcar que esta es laminada al frío

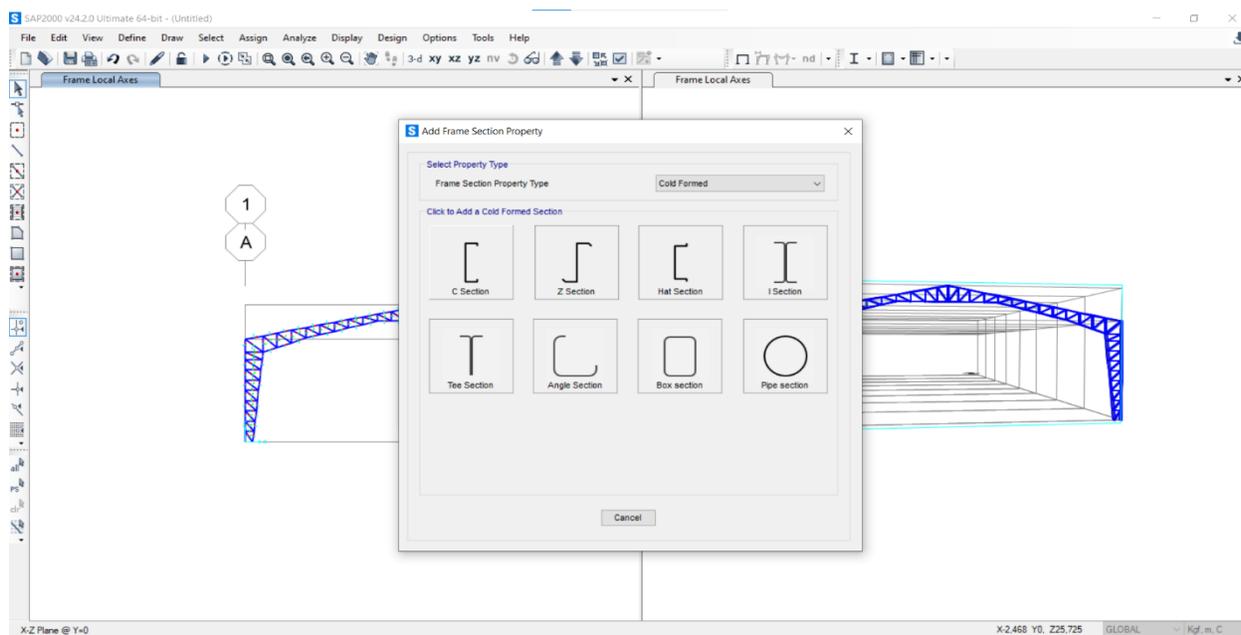


Ilustración 61 Selección de tipo de perfil correa; Fuente: Propia

En el presente inciso se ingresan las dimensiones del perfil tipo G 200x75x25x5 mm

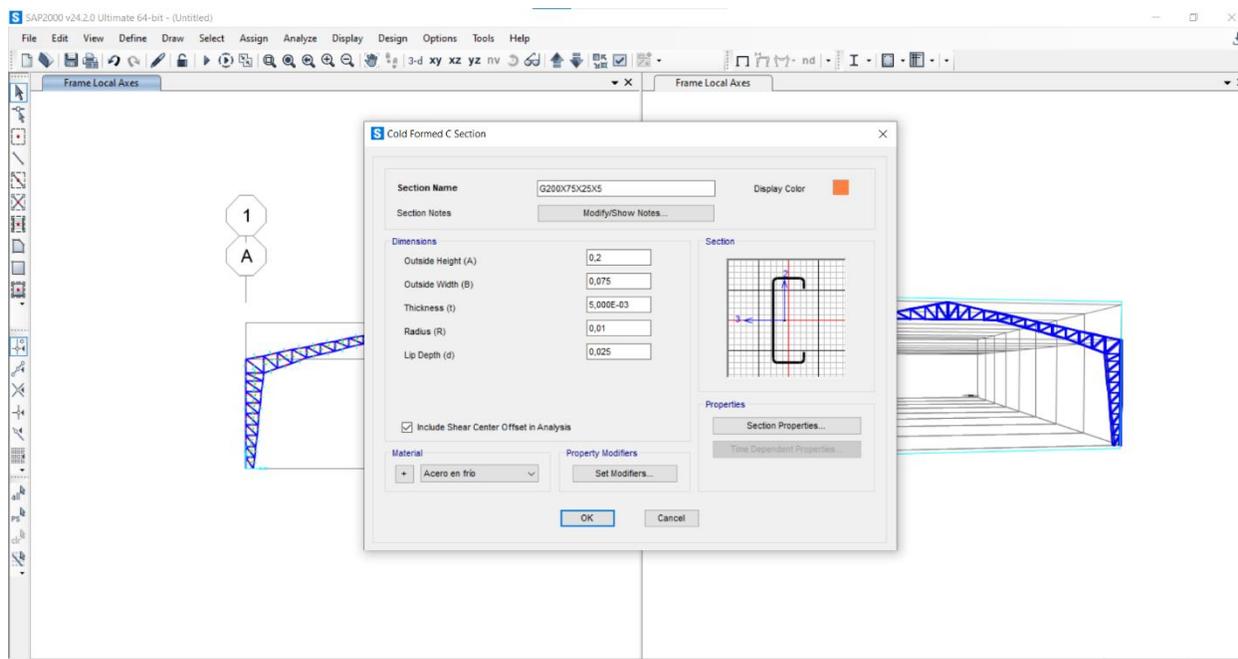


Ilustración 62 Ingreso de especificaciones del perfil correa; Fuente: Propia

3.5.12 Asignación de restricciones

La imposición de restricciones es esencial para establecer cómo están enlazados o asegurados los nodos de la estructura. Estas limitaciones afectan el comportamiento del modelo en el análisis, puesto que replican las condiciones reales de soporte y conexión entre los elementos.

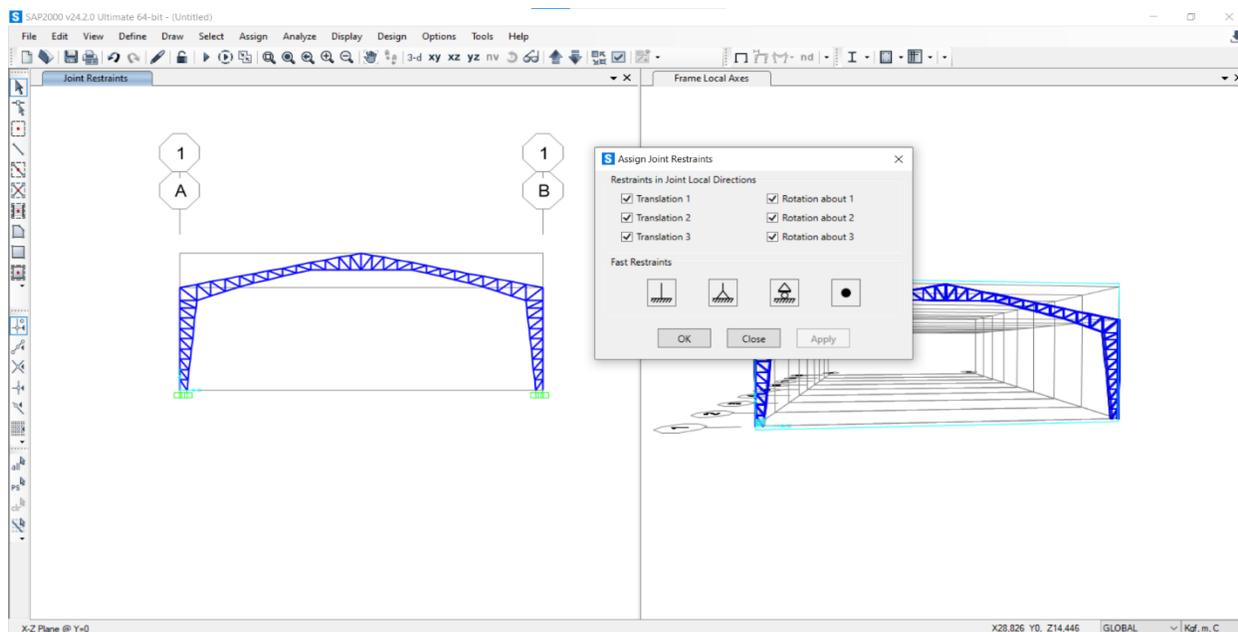


Ilustración 63 Selección de opción Joint Restrictions; Fuente: Propia

Esto permite que el pórtico modelado se distribuya de manera igual hacia el eje y facilitando así el trabajo.

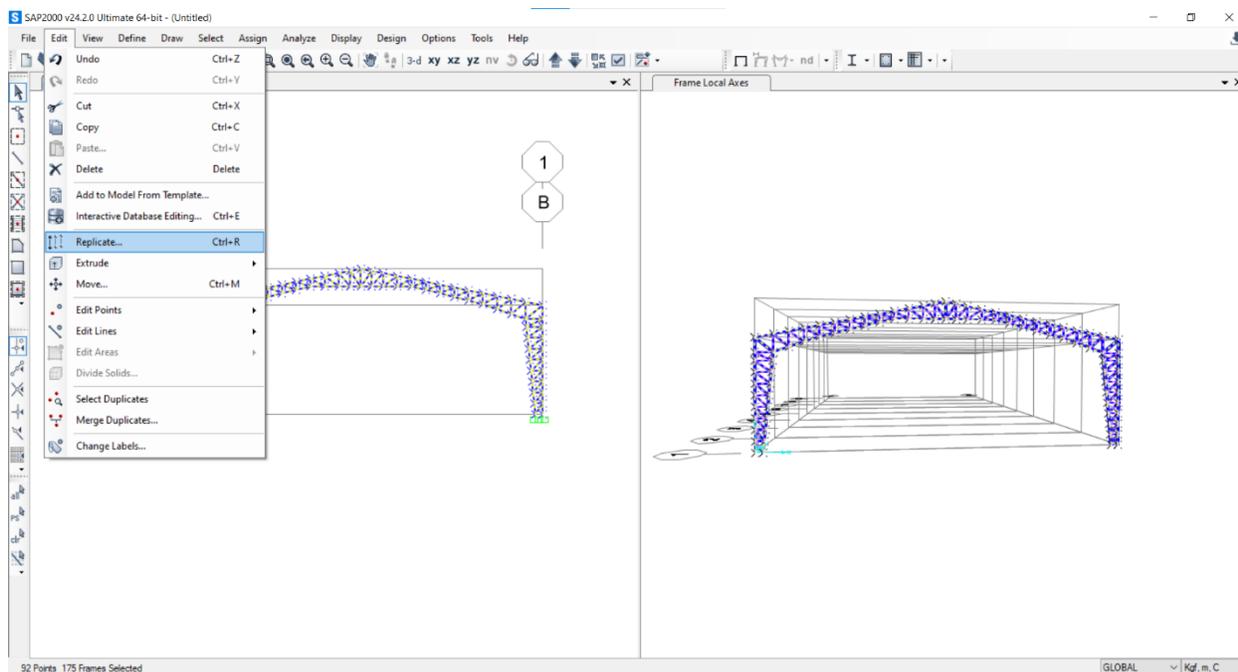


Ilustración 64 Selección de opción replicar

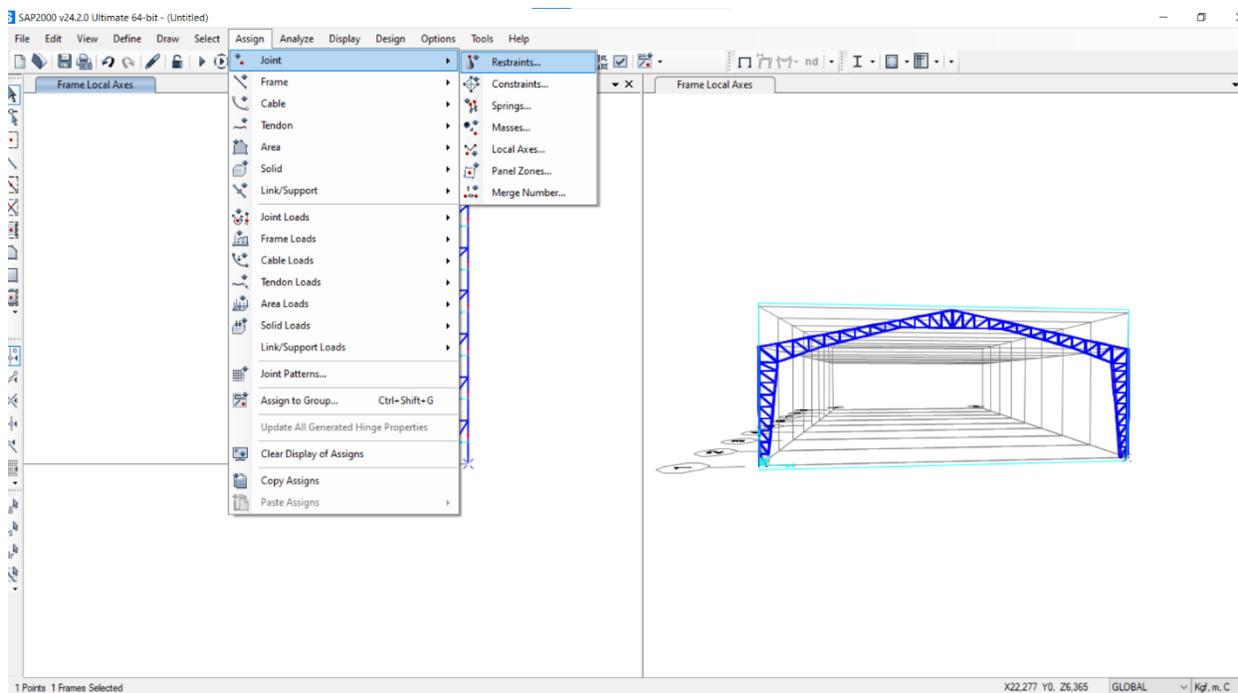


Ilustración 65 Selección de opción Joint Materials; Fuente: propia

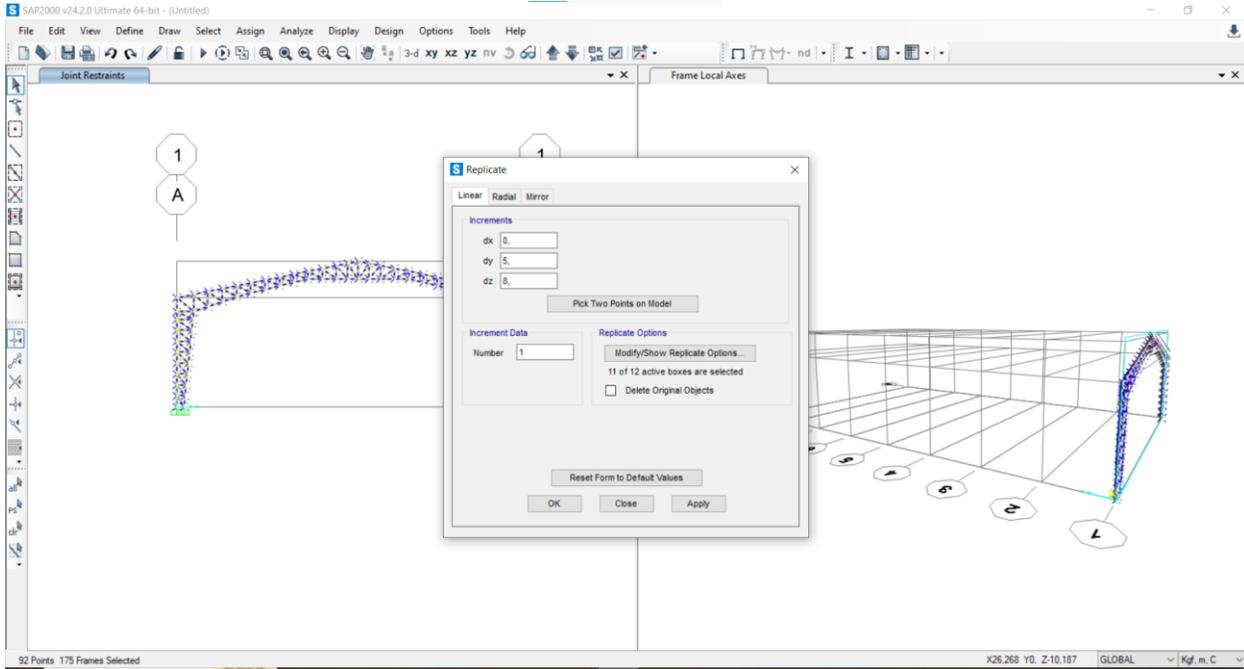


Ilustración 66 Ingreso de número de veces a replicar

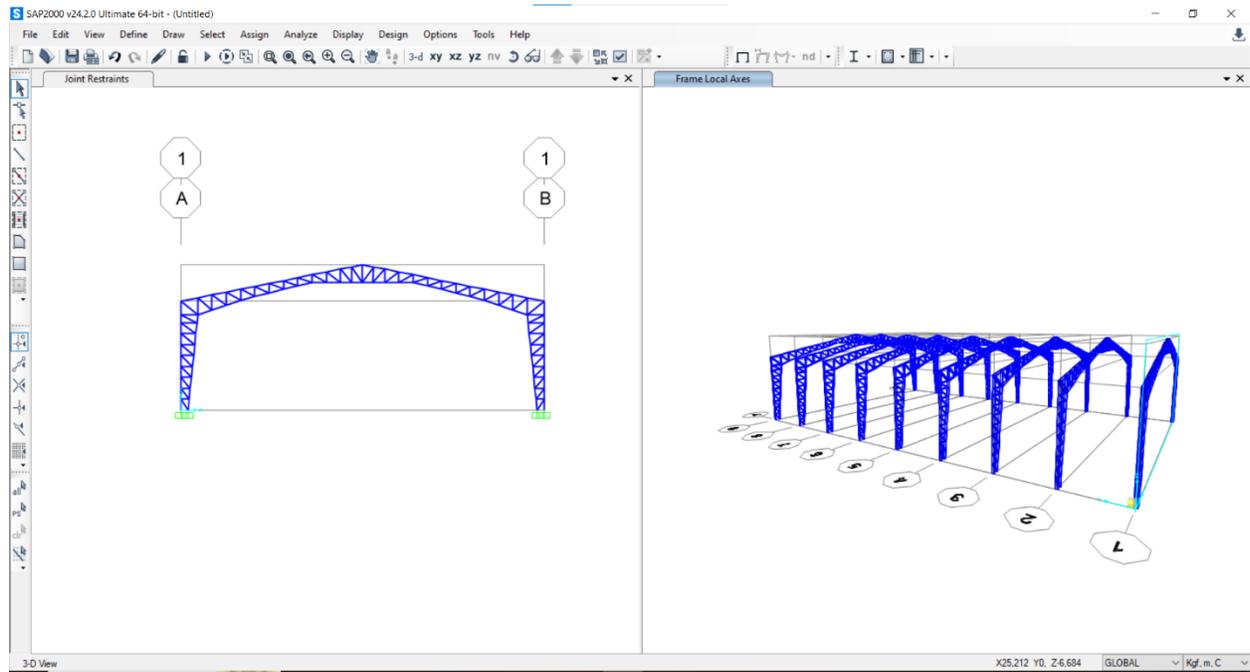


Ilustración 67 Replicación del pórtico a lo largo del eje

3.5.13 Dibujar correas

Las correas son elementos estructurales que se utilizan principalmente en estructuras de cerchas, especialmente en galpones, lo que le da un soporte a la cubierta.

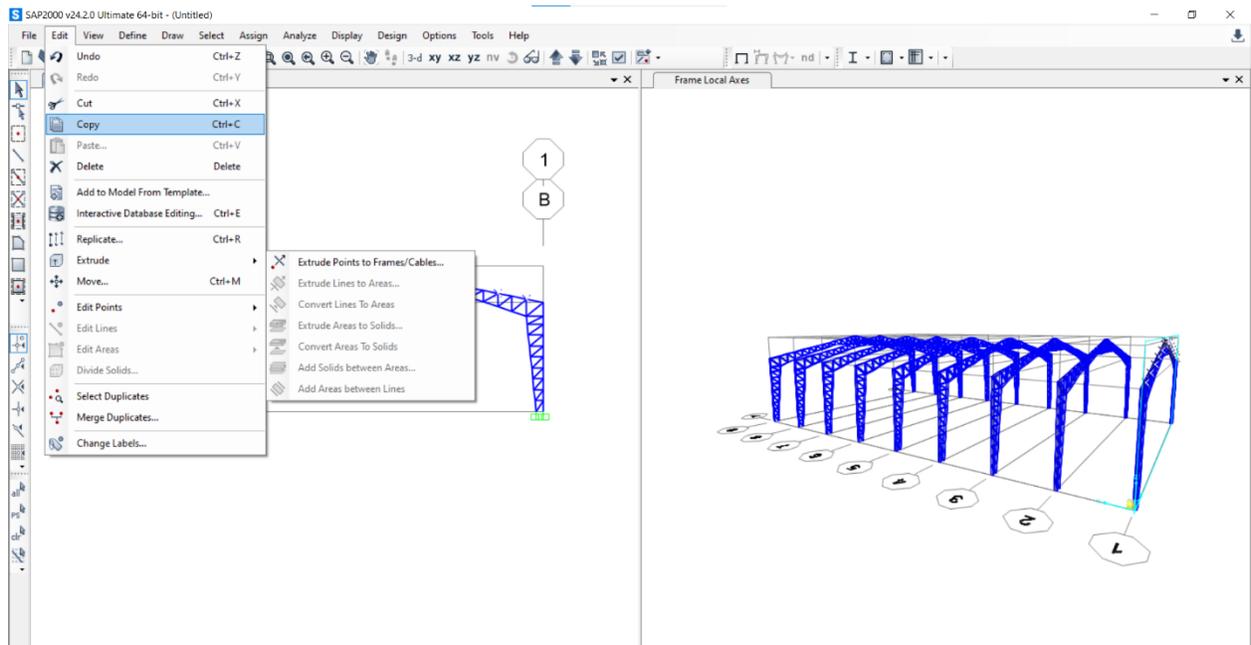


Ilustración 68 extruir puntos; Fuente: propia

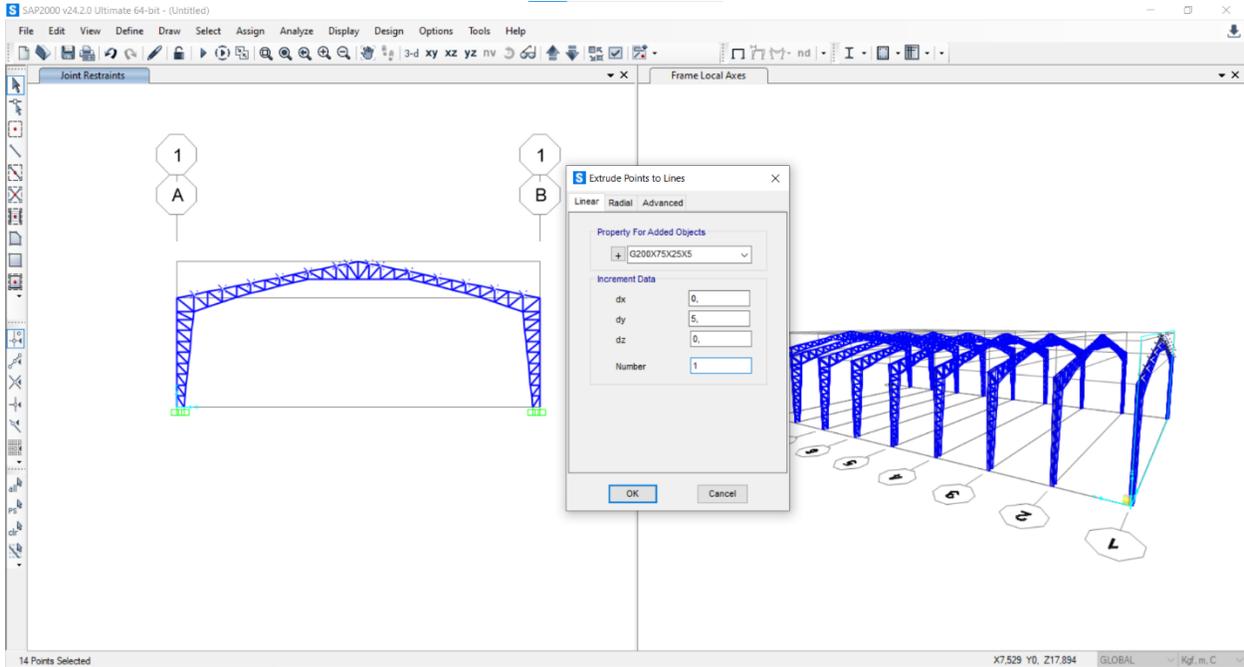


Ilustración 69 Ingreso de datos a extruir en correas; Fuente: propia

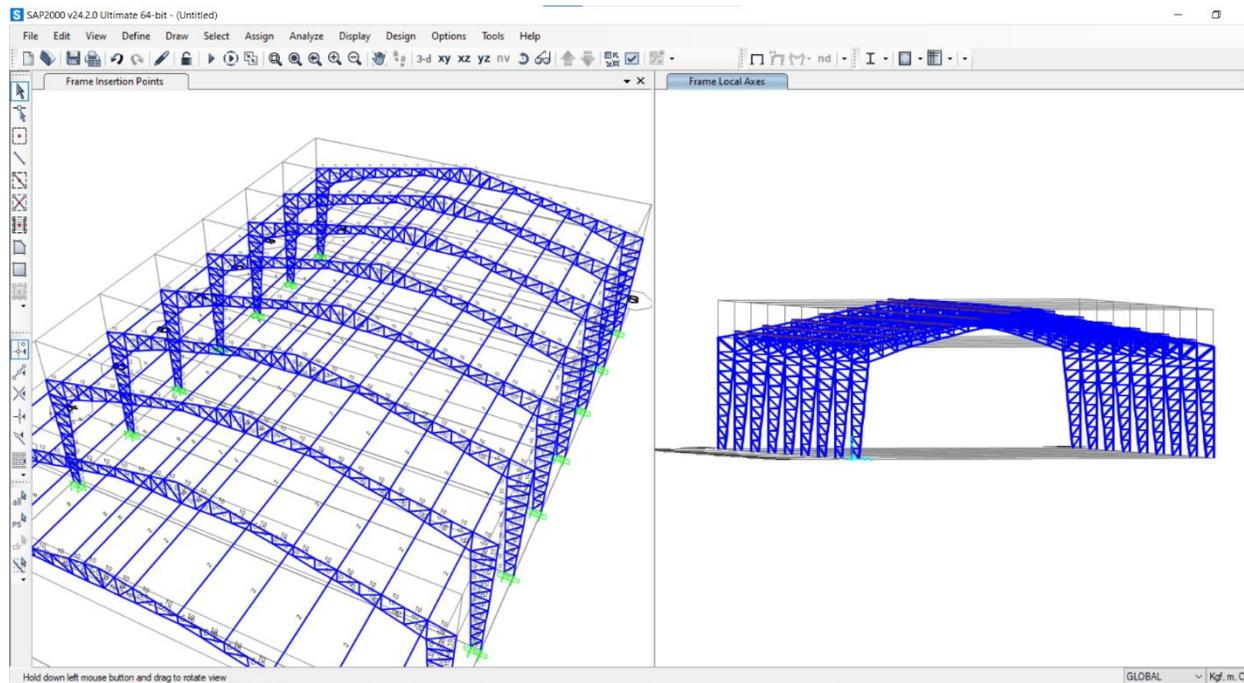


Ilustración 70 Visualización de correas; Fuente: propia

3.5.14 Creación de apoyo tipo cercha montantes

Aquel punto Implica representar los enlaces o ubicaciones de soporte que permiten que las cerchas se anclen o simplemente se apoyen en puntos designados dentro de la estructura.

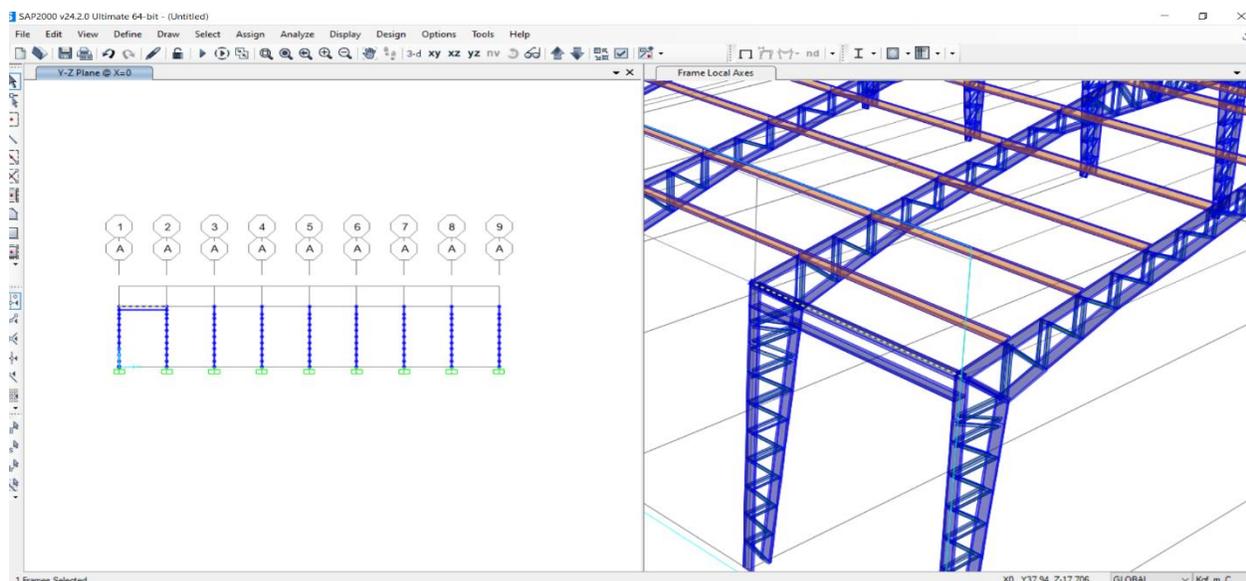


Ilustración 71 Visualización de cercha tipo montante; Fuente: propia

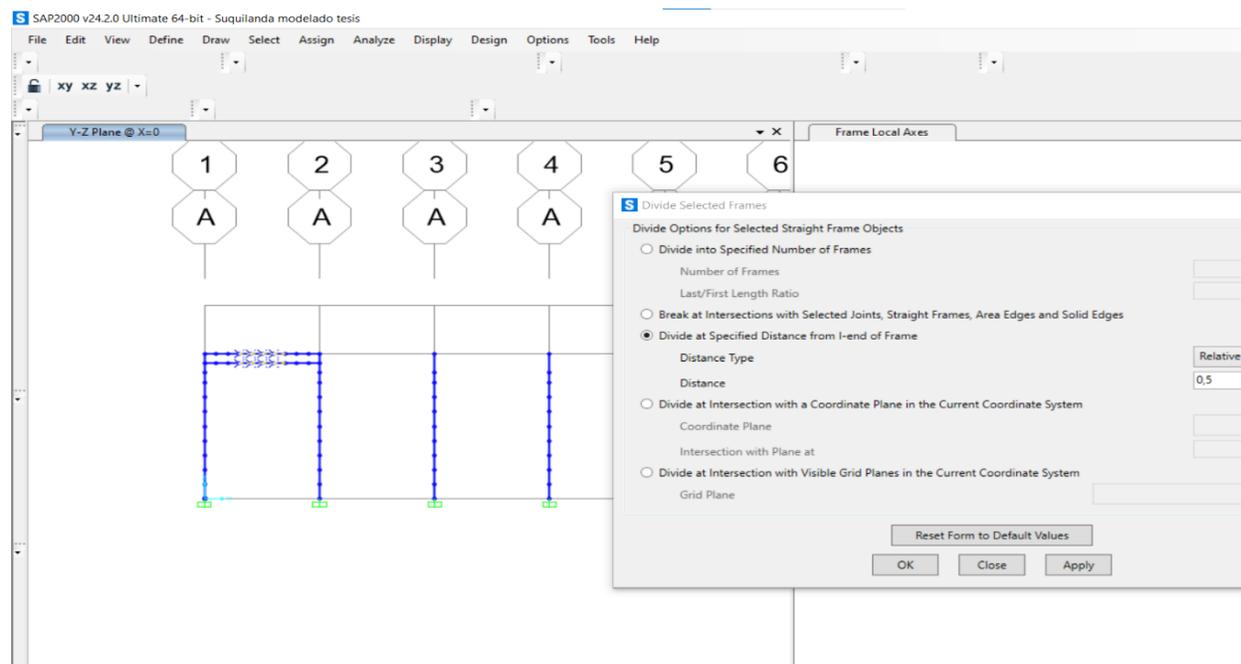


Ilustración 72 Dibujar puntos de diagonales en la montante; Fuente: propia

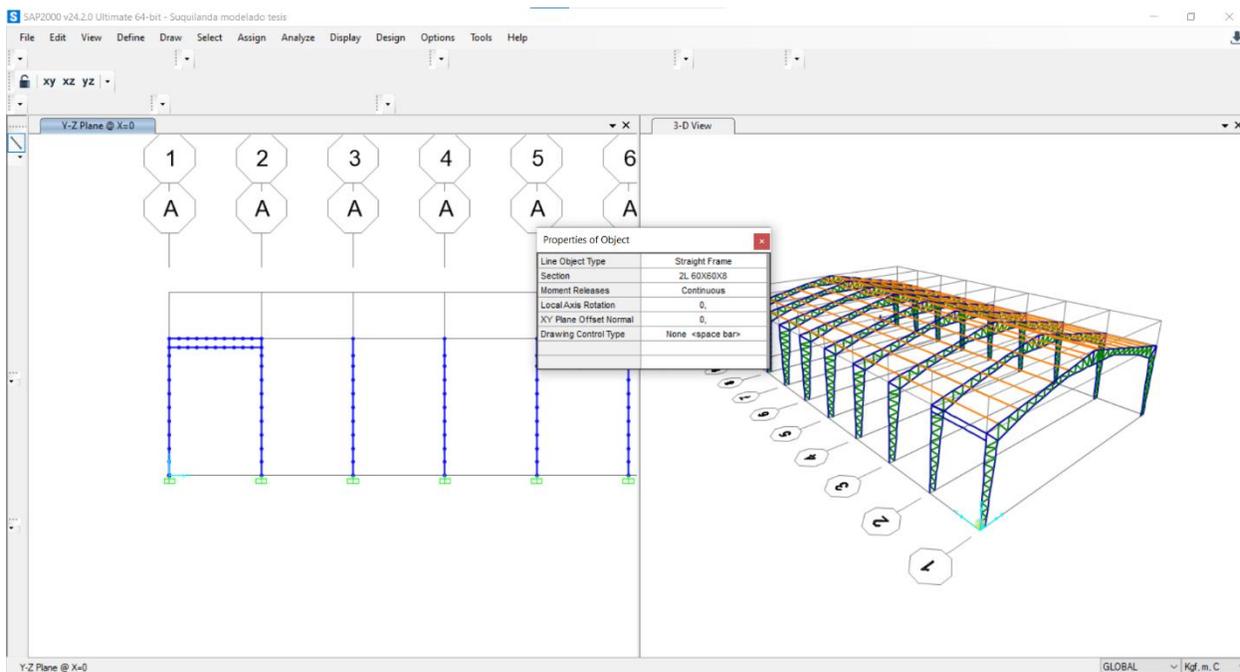


Ilustración 73 Visualización de los puntos dibujados en el montante; Fuente: propia

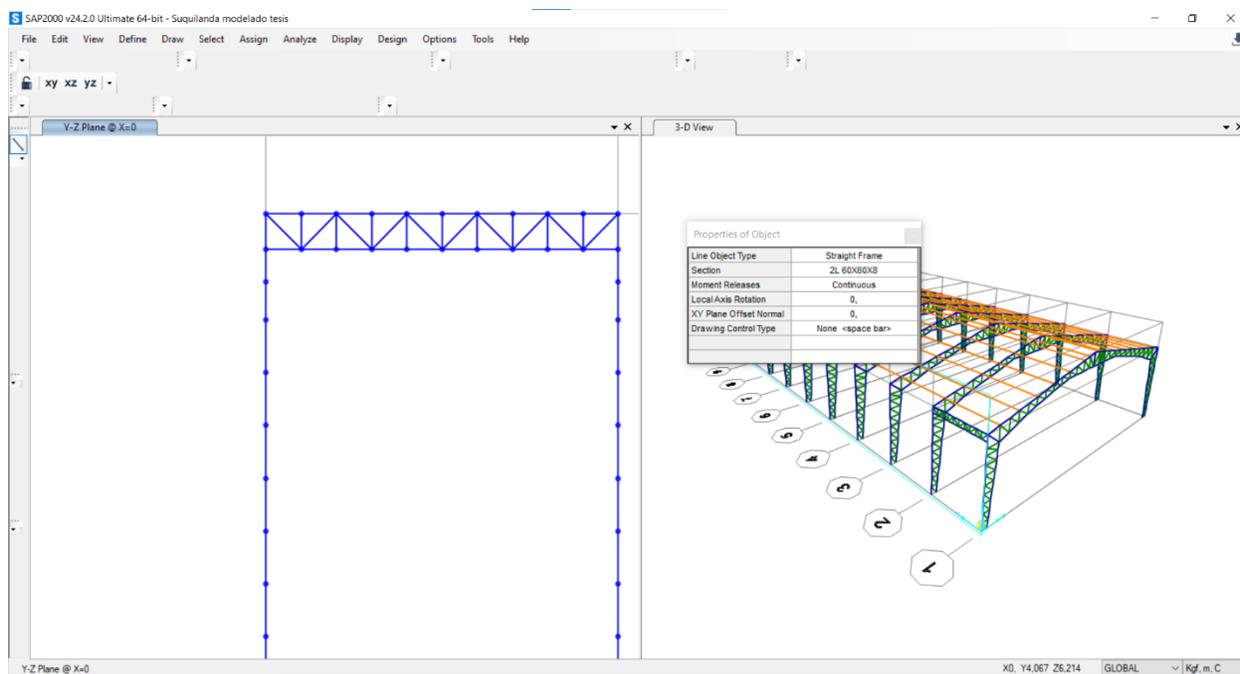


Ilustración 74 Visualización de las diagonales en los montantes; Fuente: propia

3.5.15 Replicación de elementos tipo cercha montante

Este facilita el trabajo ya que al replicar el elemento dibujado como son los montantes junto a sus respectivas diagonales se reflejará a lo largo de toda la estructura.

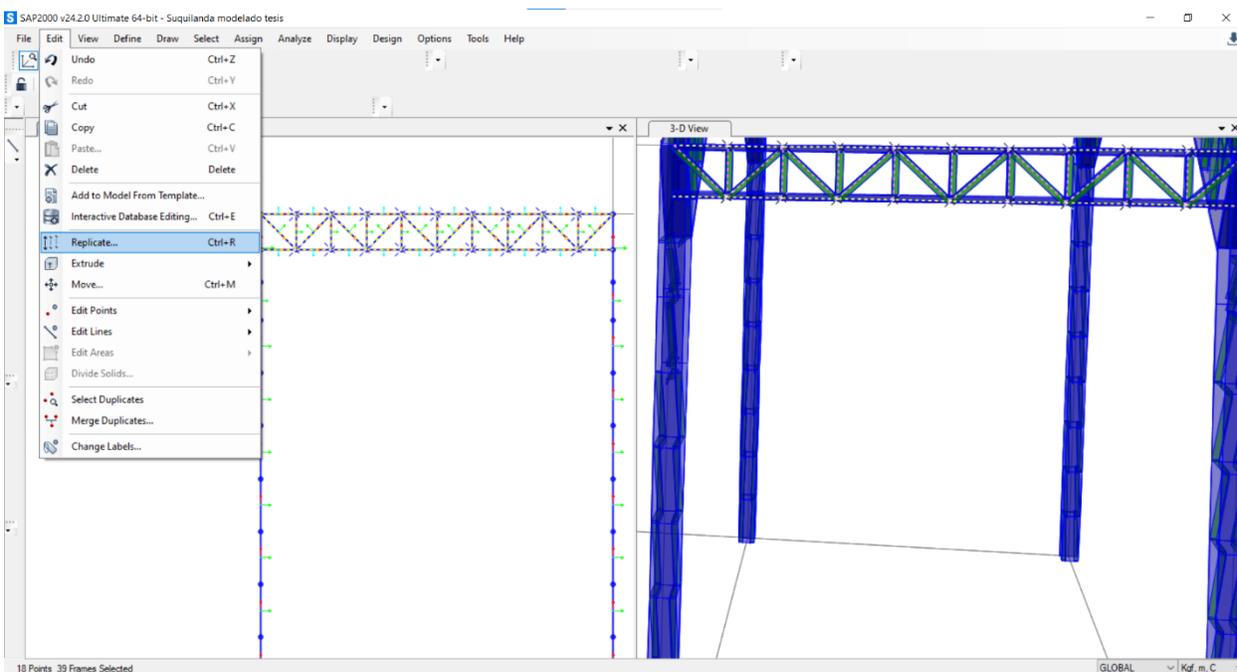


Ilustración 75 Selección de la opción replicar; Fuente: propia

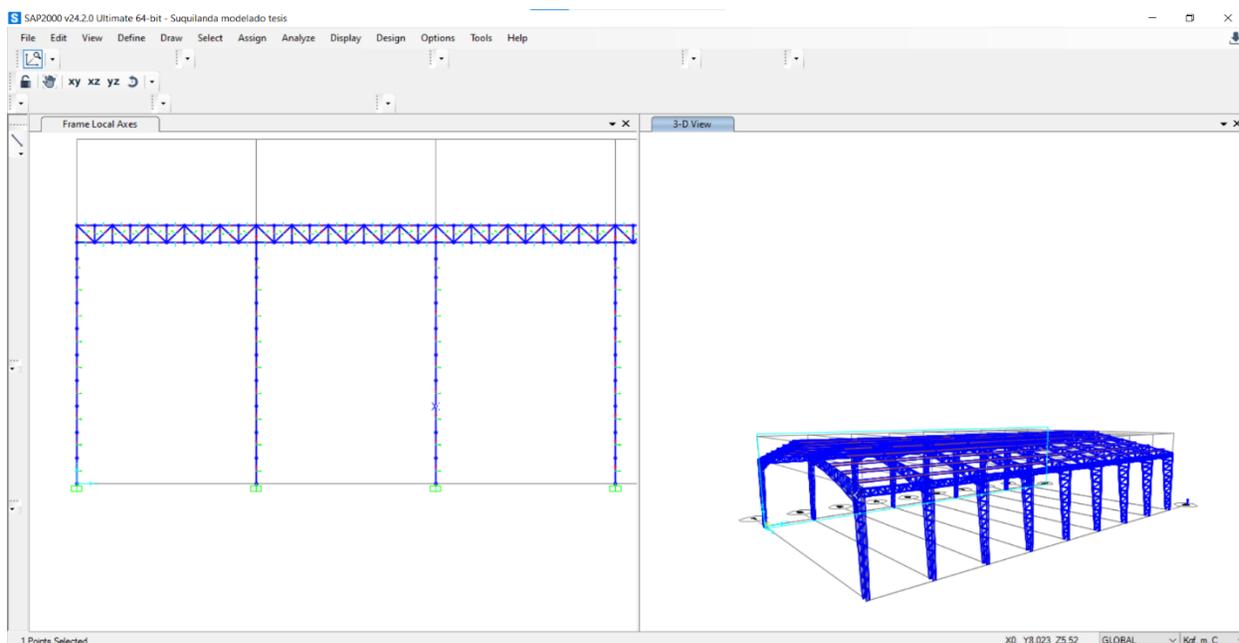


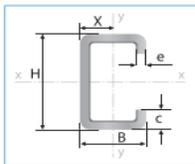
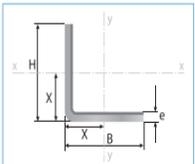
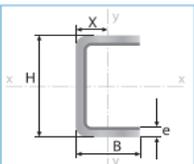
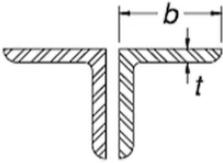
Ilustración 76 Visualización de réplica de montante; Fuente: propia

CAPITULO IV RESULTADOS

4 Resultados

Tabla 5

Resumen

Resumen		
Imagen	Perfil	Cumplimiento
	G200X75X25X5	Este perfil si cumple debido a que su dimensión demostró resistir diferentes tipos de cargas a la vez que su geometría es beneficiosa para resistir rigidez torsional.
	L75X75X8 mm	Este perfil si cumple dado que mejora la conexión entre vigas y columnas, evitando que el pórtico sufra algún desplazamiento.
	C250X60X10 mm	Este perfil si cumple, fue usado para el montaje de vigas y columnas, así que durante la simulación demostró no sufrir deformaciones considerables.
	2L60X60X8 mm	Este perfil si cumple puesto que al ser usado en vigas y columnas se mejoró la resistencia de estos elementos ante los esfuerzos de corte lo cual fue veraz en la simulación.

Fuente. Propia

Se ha optado por estos perfiles debido a que al realizar el predimensionamiento de estos y simular la estructura con cada uno de los mismos, aquellos cumplen. Cabe recalcar que se debió

implementar otros elementos en la estructura para que puedan presentar mayor solidez frente a diversos factores externos tales como son cargas laterales, la incorporación de riostras en los extremos de la columna tanto inicial y final han sido indispensables para que la estructura presente mayor homogeneidad al momento de recibir movimiento traslacionales y de rotación, una vez simulada la estructura con la riostra, la cual posee un ángulo L60x60x8 mm, esta mejoro su solidez mostrando así en el modo 1 del eje Y un movimiento traslacional, cosa que es idónea para la nave, mientras que en el modo 2 del eje X seguía presentando un movimiento de torsión, por lo que se optó instaurar elementos tipo varilla 18mm sobre las correas en forma de x para así conseguir una homogeneidad de los movimientos en la nave, una vez incorporado este elemento sobre las correas se consiguió una similitud de movimientos en todos los modos simulados, razón por la cual la estructura cumplió con lo establecido.

4.1 Simulación de la estructura

Se procede agregar las cargas respectivas sobre las correas

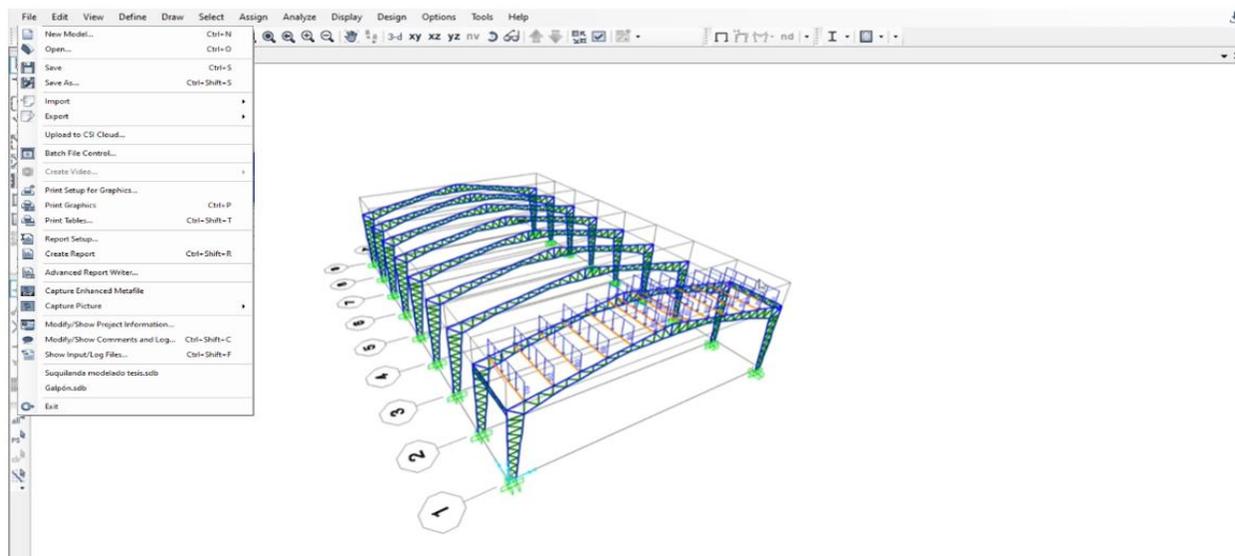


Ilustración 77 Visualización de ingreso de cargas sobre perfil G; Fuente: Propia

A continuación, se réplica las cargas a lo largo del eje y.

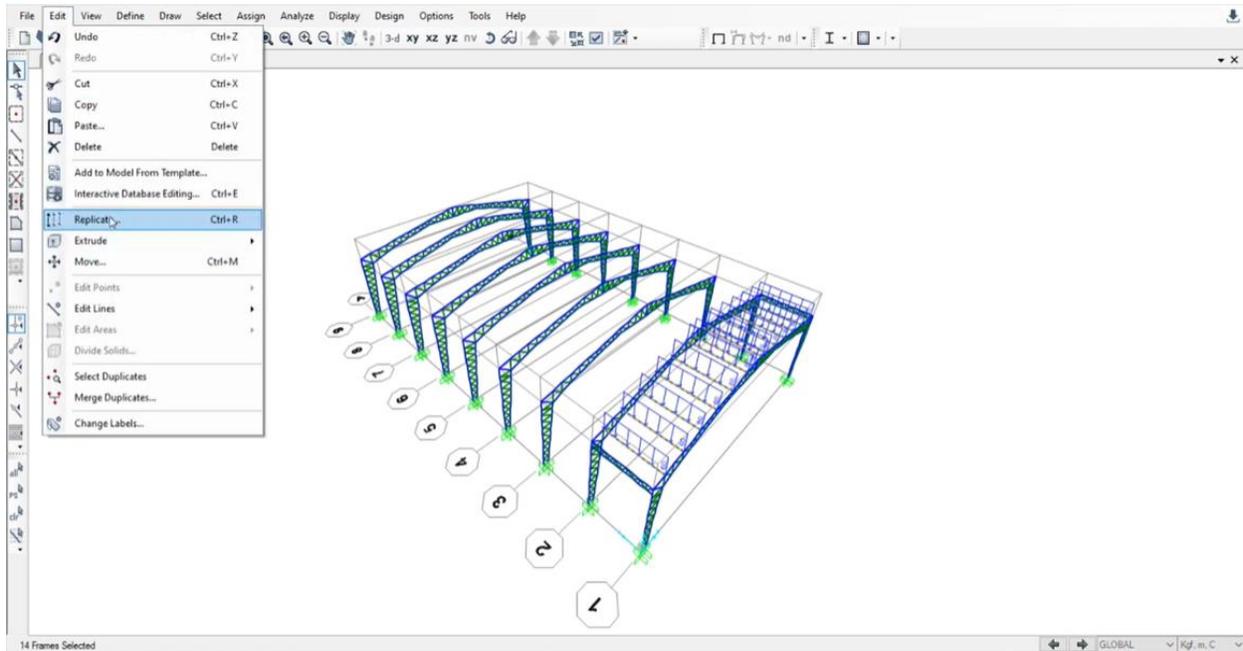


Ilustración 78 Selección de opción Replicate; Fuente: Propia

Se visualiza las cargas sobre todos los perfiles tipo G.

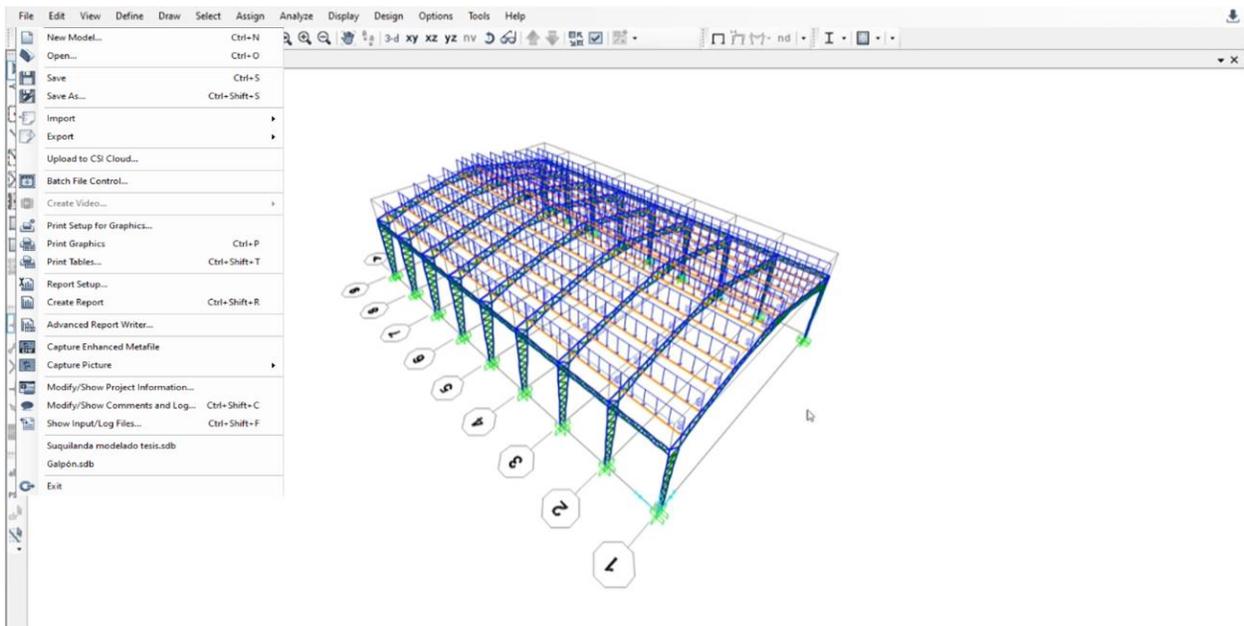


Ilustración 79 Visualización de los elementos con sus respectivas cargas; Fuente: Propia

Se logra visualizar el periodo obtenido por la estructura frente a la simulación.

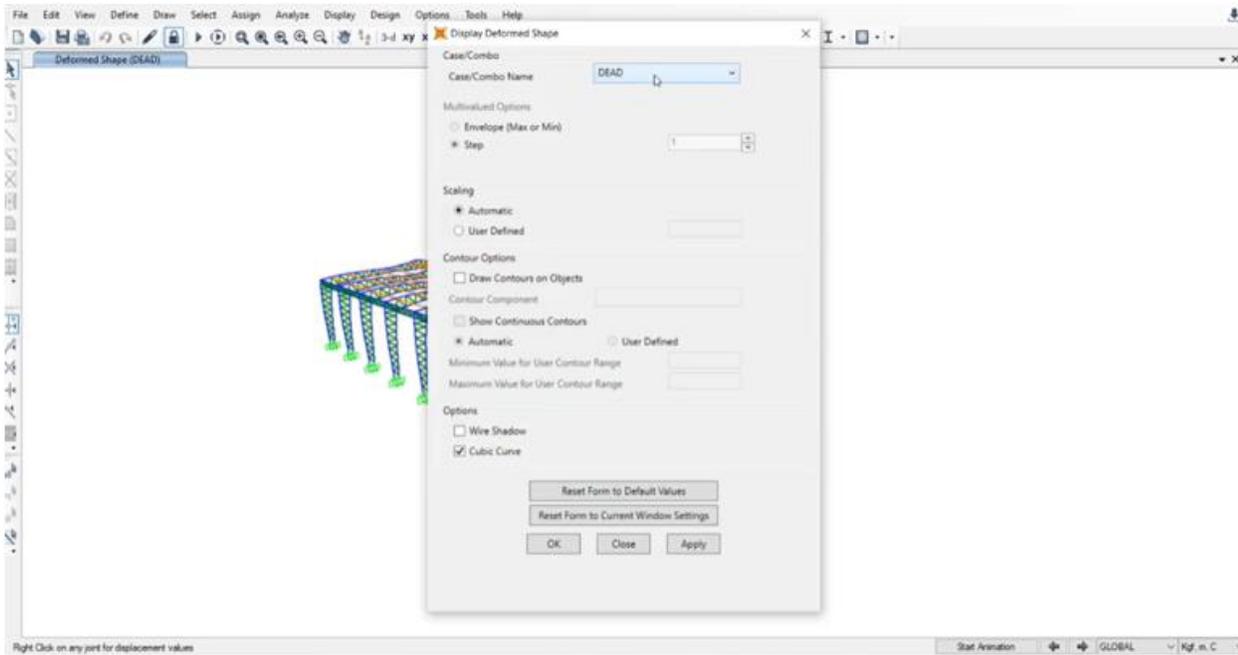


Ilustración 80 Visualización de T obtenido; Fuente: Propia

Se obtiene un comportamiento traslacional en sentido Y

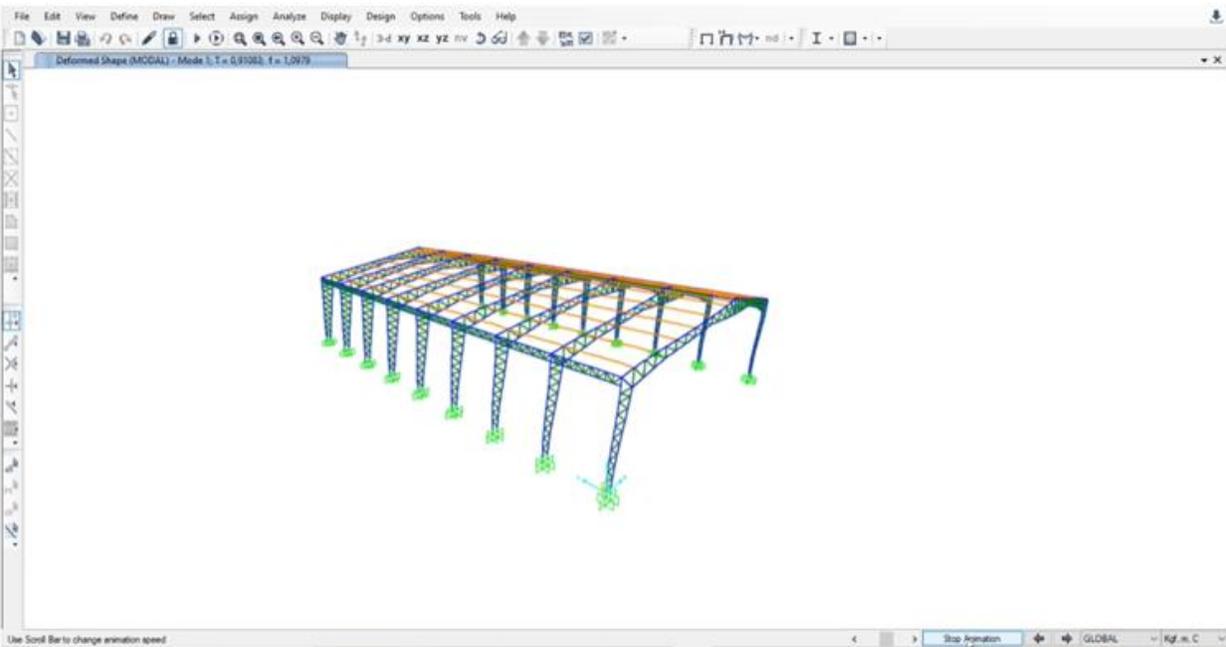


Ilustración 81 Modo 1 eje Y; Fuente: Propia

Presenta un comportamiento torsional el sentido x

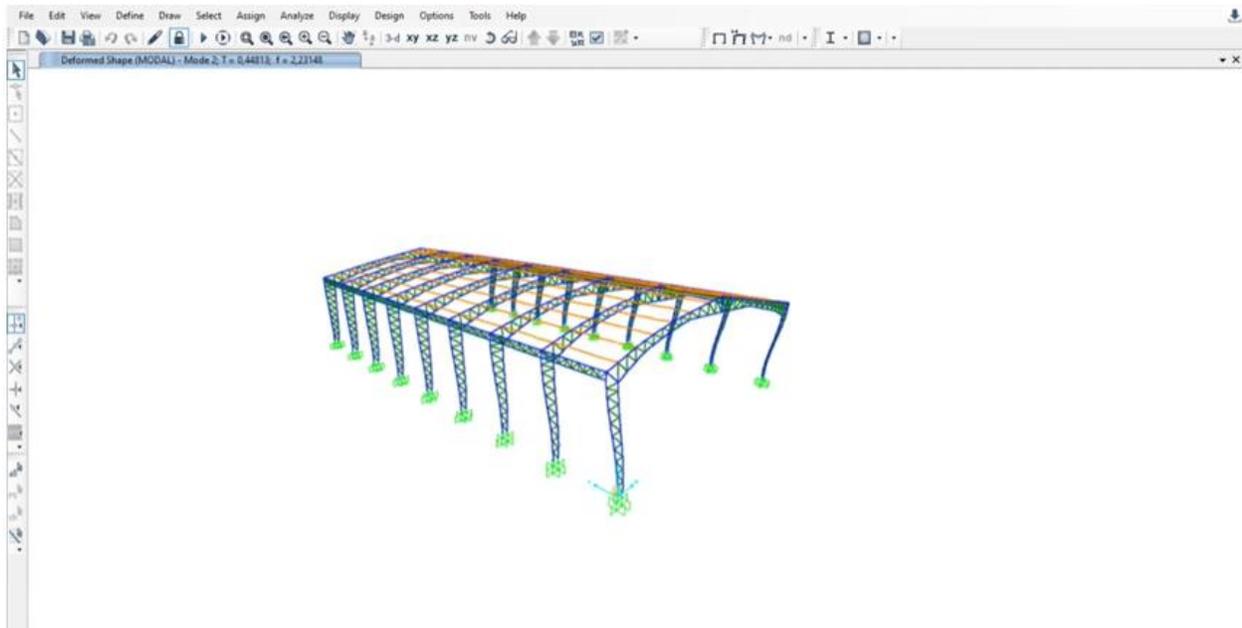


Ilustración 82 Modo 2 eje X; Fuente: Propia

Para mejorar el comportamiento se procede a dibujar riostras al galpón para que presente homogeneidad en grados de libertad

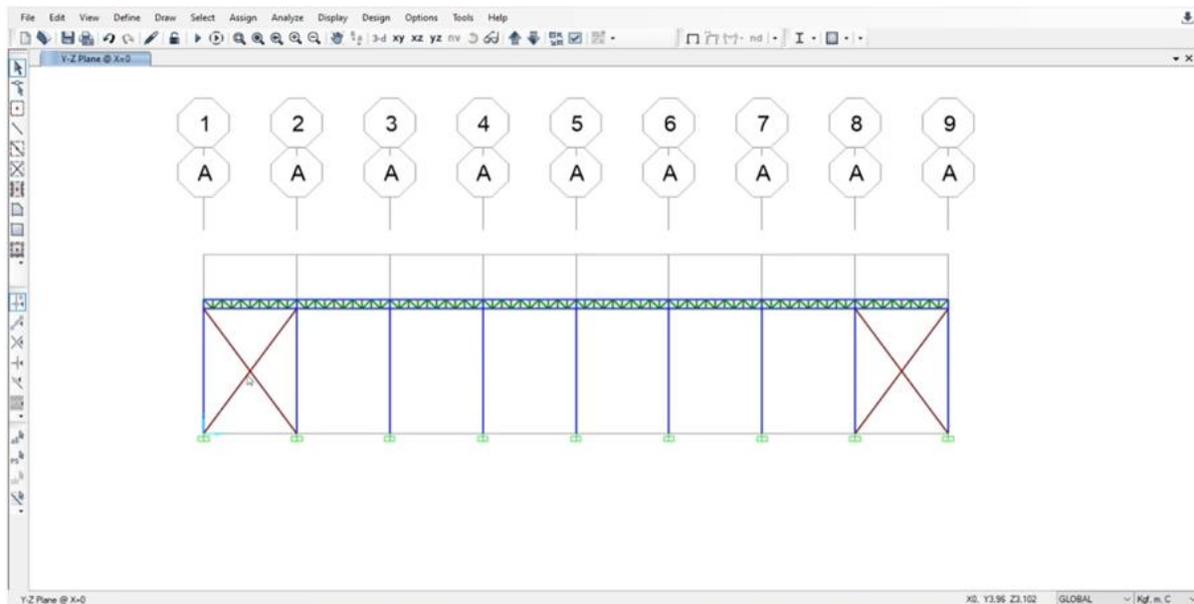


Ilustración 83 Visualización de riostras; Fuente: Propia

La estructura sigue manteniendo movimiento de torsión

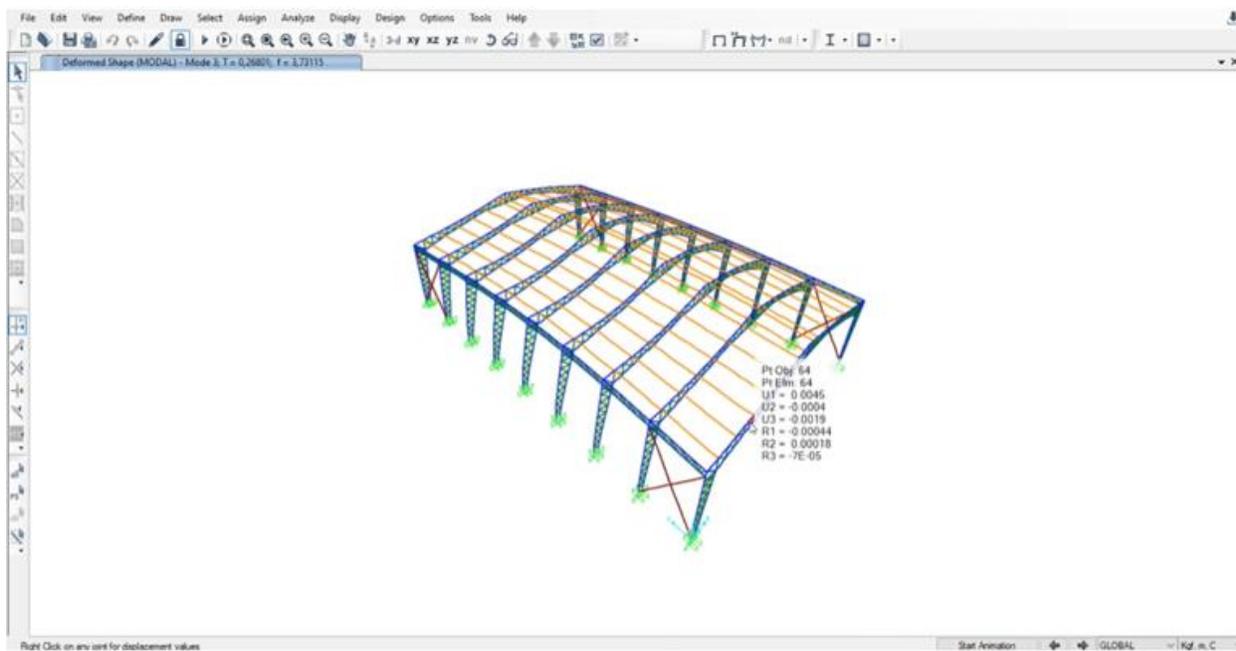


Ilustración 84 Simulación de modo 2; Fuente; Propia

Designación de perfil varilla 18mm sobre correa

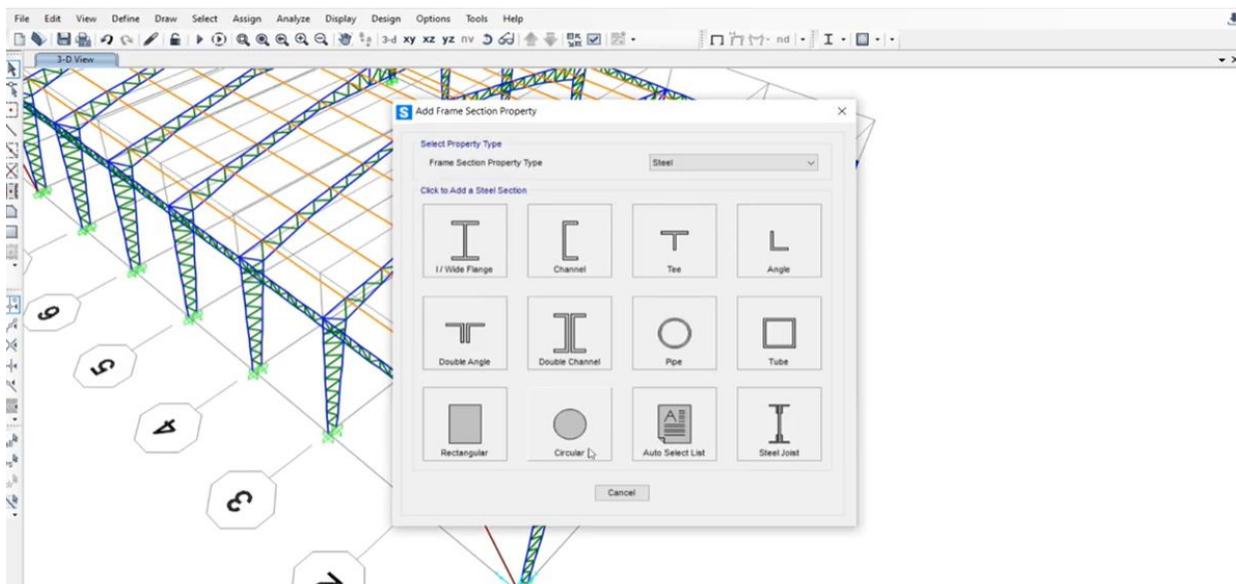


Ilustración 85 Designación del perfil; Fuente: Propia

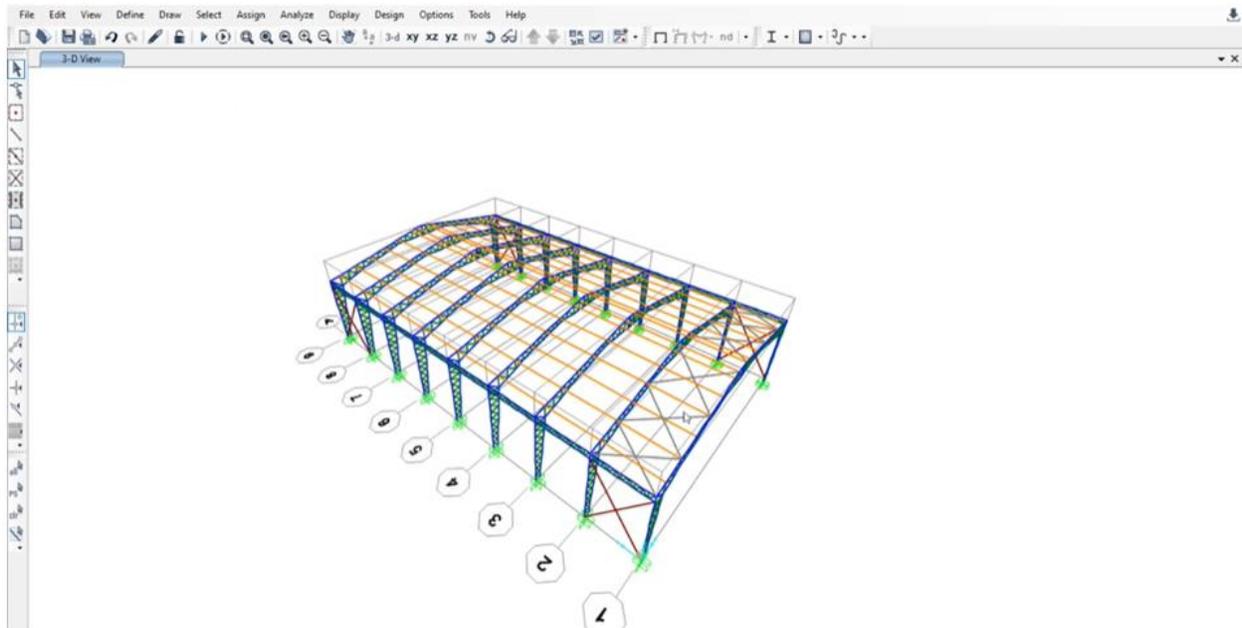


Ilustración 86 Dibujo del perfil: Fuente Propia

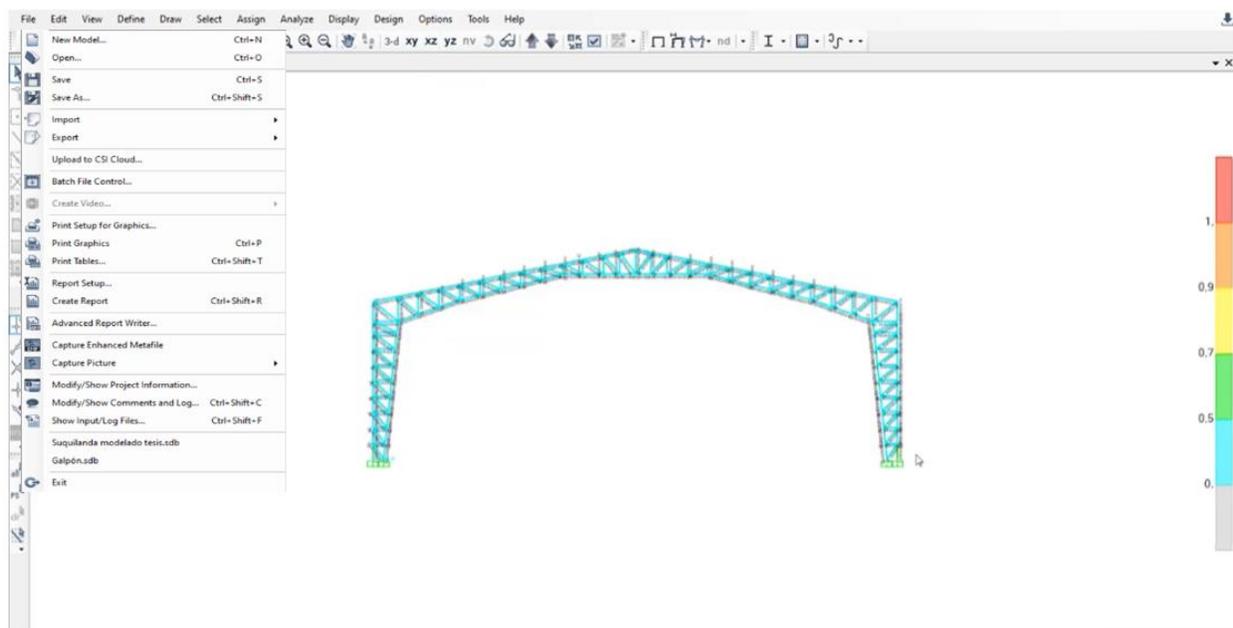


Ilustración 87 Verificación de la estructura ante la simulación; Fuente: Propia

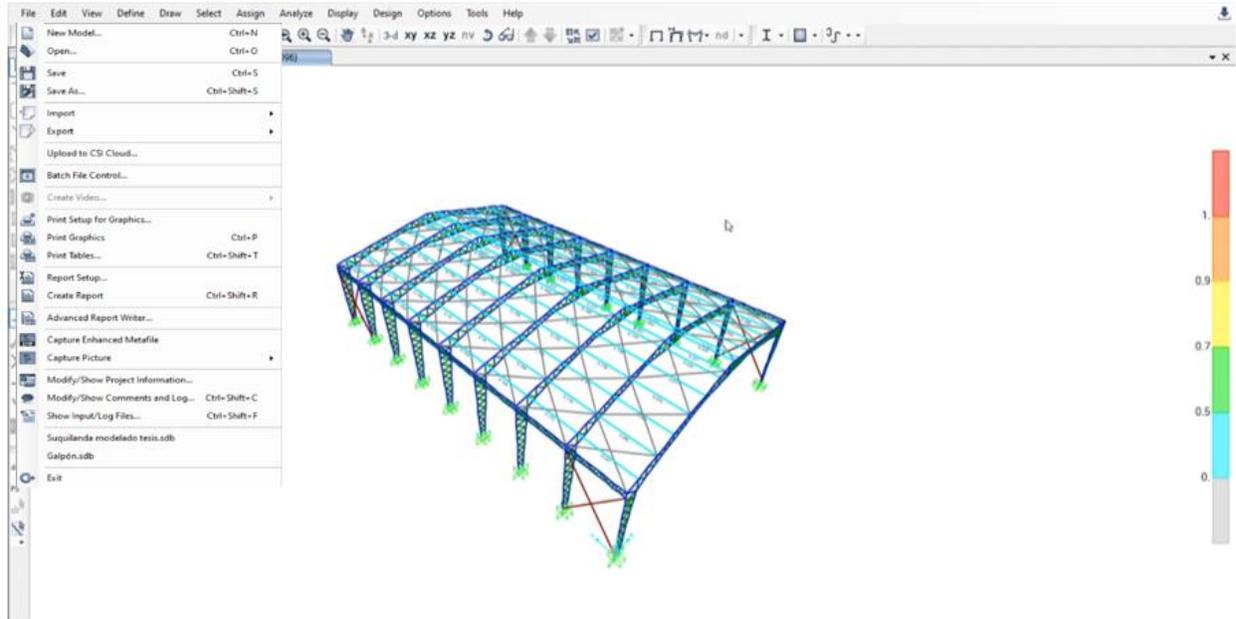


Ilustración 88 Cumplimiento de perfiles; Fuente: Propia

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se concluyó que el galpón en el cantón Durán, diseñado conforme a la norma NEC-AISC, muestra un rendimiento estructural apropiado ante las cargas de viento esperadas, siempre que se apliquen medidas adicionales para fortalecer los componentes críticos de la estructura, aunque ciertos elementos presentaron debilidades que pueden ser mejoradas.

La incorporación de perfiles de riostra en los extremos de las columnas mejoró significativamente la estabilidad de la estructura, reduciendo los desplazamientos y aumentando la capacidad de respuesta ante movimientos laterales provocados por el viento. Esto evidencia que los perfiles de refuerzo son una solución efectiva para mitigar posibles fallos estructurales.

La evaluación de diferentes tipos de perfiles demostró que los materiales con mayores índices de resistencia (como perfiles de acero estructural A36) reducen la posibilidad de fallas al momento de someter la estructura a las simulaciones. Se concluyó que la selección de perfiles con propiedades mecánicas óptimas es fundamental para garantizar la durabilidad y la seguridad de la estructura.

5.2 Recomendaciones

Para optimizar los perfiles estructurales de estructuras metálicas tal cual como son los

galpones, se recomienda utilizar el software SAP2000, ya que ofrece una interfaz altamente intuitiva y permite un proceso de optimización iterativo a partir de la definición de los perfiles, la asignación de cargas y el análisis correspondiente bajo las condiciones de carga especificadas.

Se recomienda instalar perfiles de riostra en los extremos de las columnas en zonas estratégicas del galpón para reforzar la estabilidad frente a cargas de viento.

Para reducir riesgos de fallos estructurales, se deben elegir perfiles que cumplan con estándares de calidad internacionales, priorizando aquellos que brinden una mayor capacidad de carga y durabilidad, especialmente en condiciones climáticas adversas.

Bibliografía

acero, G. (3 de Febrero de 2015). *Grupo azero*. Obtenido de Grupo azero: https://grupoazero.mx/docs/MANUAL_AHMSA_2013-2.pdf

- Andrade, H. R. (24 de Mayo de 2017). *Dialnet-Estructuras*. Obtenido de Dialnet-Estructuras: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-Estructuras l ApuntesDeClase-693803.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-Estructuras%20ApuntesDeClase-693803.pdf)
- Anonimo 1, A. 2. (2013). *Determinación de tipos y magnitudes de cargas en un galpón*. Temuco.
- ANOVEL. (29 de Mayo de 2024). *ANOVEL*. Obtenido de ANOVEL: <https://anovelingeneria.com/dimensiones-naves-industriales/>
- ANOVEL. (22 de Agosto de 2024). *ANOVEL*. Obtenido de ANOVEL: <https://anovelingeneria.com/acelerar-construccion-naves-industriales-calidad/>
- Aquino, R. (2015). *ANÁLISIS Y PREDIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE REFUERZO O DE HORMIGÓN [Tesis de Pregrado, UPSE]*. Repositorio UPSE, Santa Elena, Ecuador. Obtenido de *habitatyvivienda*.
- Barzola, F., & Carriel, W. (2019). *DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE GALPONES, VÍA DE ACCESO Y EDIFICACIONES ANEXAS PARA GRANJA AVÍCOLA DEL GRUPO MEVERIC EN LA PARROQUIA PROGRESO [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politecnica del Litoral]*. Repositorio ESPOL, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/48751/1/T-70389.pdf>
- BuildSoft. (25 de Mayo de 2022). *BuildSoft*. Obtenido de BuildSoft: <https://www.buildsoft.eu/es/blog/conceptos-basicos-de-un-modelo-de-analisis-estructural-esquematzar-es-un-arte>
- Carigliano, S. (22 de Abril de 2015). *skyciv*. Obtenido de skyciv: <https://skyciv.com/es/education/what-is-structural-analysis/>
- Carigliano, S. (2022 de Abril de 2015). *SkyCiv*. Obtenido de SkyCiv: <https://skyciv.com/es/education/what-is-structural-analysis/>
- Construcción, N. E. (19 de Agosto de 2014). *habitatyvivienda*. Obtenido de *habitatyvivienda*: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>
- CONSTRUCCIONES, e. (20 de Mayo de 2024). *eIGO CONSTRUCCIONES*. Obtenido de eIGO CONSTRUCCIONES: <https://eigoconstrucciones.com/noticia/construccion-de-una-nave-industrial/#estudio-de-viabilidad>
- CONSTRUCTORA, S. (24 de Septiembre de 2024). *SBH CONSTRUCTORA*. Obtenido de SBH CONSTRUCTORA: <https://www.constructorasbh.cl/2024/09/implementacion-de-soluciones-sostenibles-en-la-construccion-de-plantas-de-produccion/>
- Crisafulli, J. (12 de Marzo de 2018). *Alacero*. Obtenido de Alacero:

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

Cruz, D. (2024). *Diseño de una estructura de acero para una bodega de productos industriales en la parroquia Alberto Espencer, Cantón Santa Elena [Tesis de pregrado, Universidad Politecnica Salesiana]*. Repositorio UPS, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27678/1/UPS-GT005145.pdf>

David, S. C. (2020). *Análisis técnico económico entre galpones con cubiertas autoportantes y cubiertas a dos aguas con luces de 20 metros fabricadas en acero estructural [Tesis de Pregrado, Escuela Politecnica Nacional]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21294>

Echenagucia, J. (5 de Mayo de 2015). *slideshare*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/slideshow/calculo-de-galp-n-industrial-parte-1/47795915>

Engineering, S. (1 de Noviembre de 2024). *skyciv*. Obtenido de skyciv: <https://skyciv.com/es/docs/tutorials/load-tutorials/types-of-loads/>

Espinoza, F. (2011). *AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS ENTERRADAS [*. Biblioteca Digital EPN, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3905/1/CD-3636.pdf>

Estructuras, F. (23 de Mayo de 2024). *Frame Estructuras*. Obtenido de Frame Estructuras: <https://estructurasframe.ec/galpones-industriales-ecuador/>

Ferrer, C., Ayala, R., & Delgadillo, A. (2017). *redalyc*. Obtenido de redalyc: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347753793001/html/index.html>

Ferrovial. (23 de Octubre de 2021). *Ferrovial*. Obtenido de Ferrovial: <https://www.ferrovial.com/es/stem/carga-viva/>

Franco, B. P. (2018). *DISEÑO Y MODELACIÓN DE GALPON DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN BASE A ELEMENTOS FINITOS MEDIANTE EL SOFTWARE SAP2000 [Tesis de Pregrado, Universidad de Santa Marta]*. Repositorio Digital USM. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11673/48061>

Guilber, Z. A. (2022). *ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS DE CONCRETO DE UN GALPON CON CUBIERTA METÁLICA [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Machala]*. Archivo Digital. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18739/1/ECFIC-2022-IC-DE00047.pdf>

Iberia, T. C. (25 de Agosto de 2022). *nullifire*. Obtenido de nullifire: <https://www.nullifire.com/es-es/asesoramiento-de-expertos/blog/la-proteccion-pasiva-contraincendios-y-la-importancia-de-la-temperatura-limite-para-la-estructura-de-acero/>

inmobiliariabravo. (2024). *inmobiliariabravo*. Obtenido de inmobiliariabravo:

<https://inmobiliariabravo.com.ec/galpones-espacios-versatiles-para-diversos-usos/>

Lizcano, J. (2019). *ANÁLISIS Y CHEQUEO DE DEFORMACIONES DE LAS EDIFICACIONES A-3 Y A-5 DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de Bolívar]*. Repositorio Uteb, Bolívar. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0076910.pdf>

logistics, C. (3 de Julio de 2023). *Cup logistics*. Obtenido de Cup logistics: <https://cuplogistics.com/climatizacion-bpadt/>

Luis Reinoso, I. B. (2017). *ANALISIS ESTRUCTURAL Y REFORZAMIENTO DEL GALPON N°7 "CASA MATA" CORRESPONDIENTE AL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NUCLEARES DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL [Tesis de Pregrado, Escuela Politecnica Nacional]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18761>

MacNeil, C. (11 de Enero de 2024). *asana*. Obtenido de asana: <https://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis>

Manrique, A. (9 de Julio de 2019). *ingangelmanrique*. Obtenido de ingangelmanrique: <https://www.ingangelmanrique.com/attachments/Dise%C3%B1o-Simplificado-en-Acero-Estructural.pdf>

Martinez, J. (2022). *EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS NORMATIVAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE EN AMÉRICA LATINA. CASOS DE ESTUDIO: COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ Y CHILE [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO]*. Repositorio UNACH, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9160/1/EVOLUCI%C3%93N%20HIST%C3%93RICA%20DE%20LAS%20NORMATIVAS%20DE%20DISE%C3%91O%20SISMO%20RESISTENTE%20EN%20AM%C3%89RICA%20LATINA.%20CASOS%20DE%20ESTUDIO%20COLOMBIA%2C%20ECUADOR%2C%20PER%C3%9A%20Y%20CHILE.pdf>

Modeling, D. (11 de Abril de 2024). *dgdesignmodeling*. Obtenido de dgdesignmodeling: <https://dgdesignmodeling.com/sin-categoria/que-son-las-cargas-vivas-y-las-cargas-muertas/>

Mora, J. (2 de Julio de 2019). *Mitma*. Obtenido de Mitma: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/CPH/codigo_estructural/capitulo_19._durabilidad_de_las_estructuras_de_acero.pdf

NEC. (2015). *habitatyvivienda*. Obtenido de habitatyvivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>

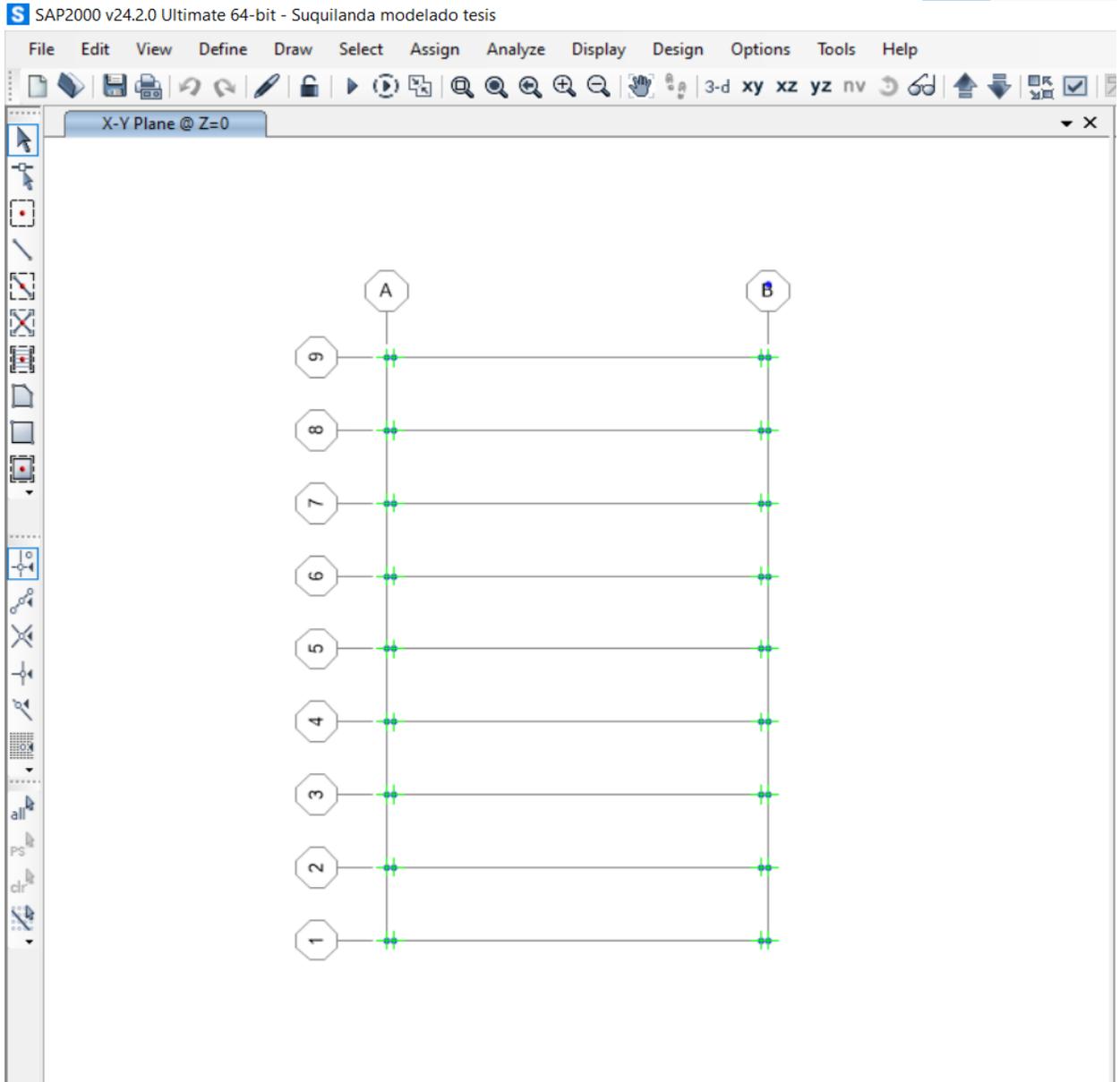
NEC, N. E. (2015). *habitatyvivienda*. Obtenido de habitatyvivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>

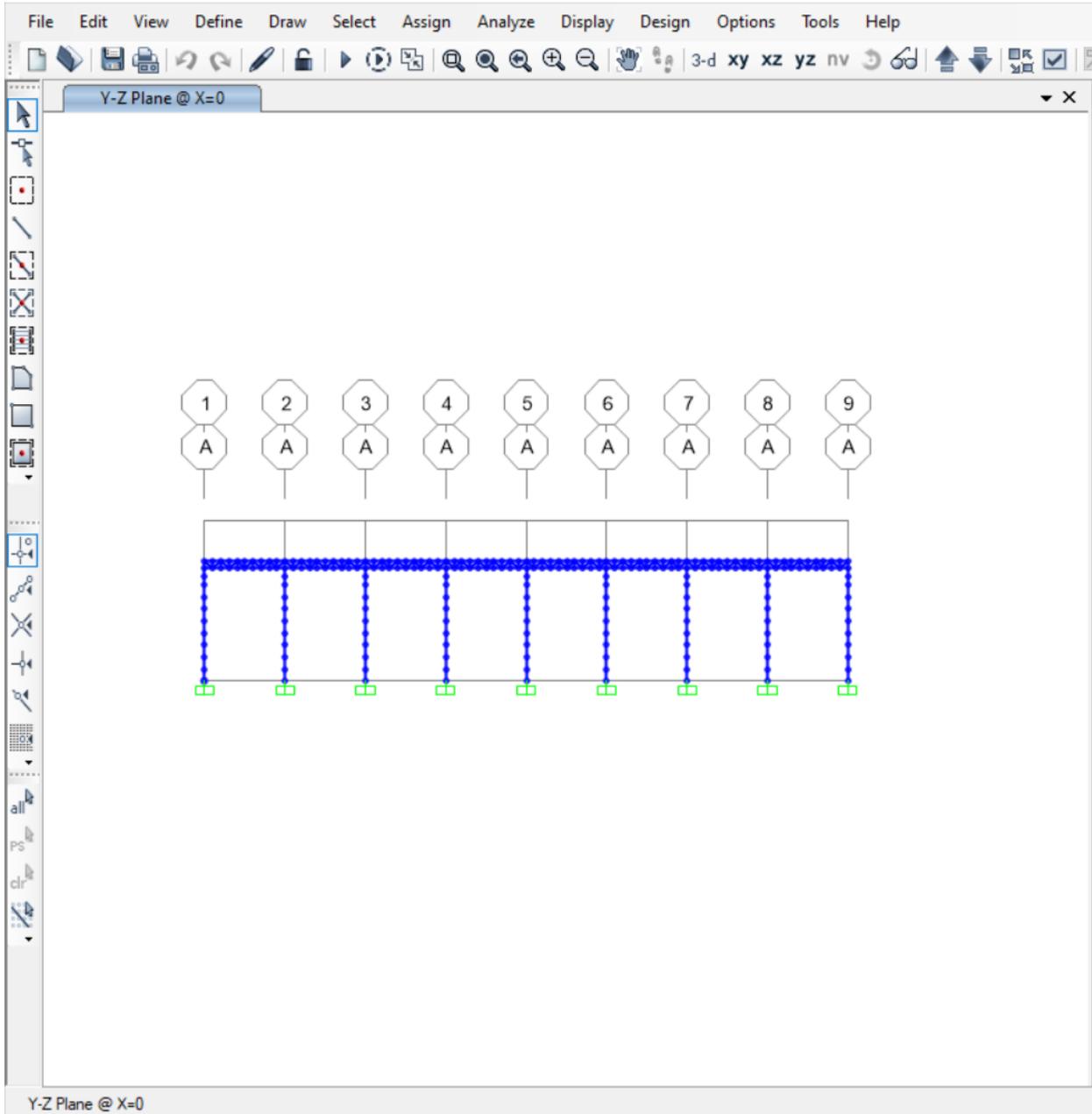
- nLealu. (2 de Noviembre de 2016). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/document/545522881/Conexiones-tipicas-en-estructuras-de-acero-Arquitectura-en-acero>
- Ocelot. (23 de Mayo de 2023). *Ocelot*. Obtenido de Ocelot: <https://ocelot.com.ec/galpon-oficinas-industriales/>
- Pazmiño, H. (2015). *DISEÑO COMPARATIVO PARA EDIFICIOS EN ESTRUCTURA DE ACERO CON DIVERSOS TIPOS DE ARRIOSTRAMIENTO LATERAL: CASO MUROS DE CORTE [Tesis de Pregrado, EPN]*. Repositorio EPN, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10922/1/CD-6341.pdf>
- Peralta Walter, P. A. (2020). *DISEÑO ESTRUCTURAL DE SISTEMA DE CUBIERTA TIPO GALPÓN PARA ATENCIÓN DE EMPACADORA DE BANANO EN EL CANTÓN VENTANAS, PROVINCIA DE LOS RÍOS [Tesis de Pregrado, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL]*. Archivo Digital. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51699/1/T-70531%20Palma_Peralta.pdf
- Proaño, G. (2021). *Estudio de vulnerabilidad sísmica, análisis lineal estático y modal espectral en base a las tipologías estructurales más comunes, zona de estudio localizada en el sector de la California-Bonanza en (DMQ) [Tesis de Pregrado, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK]*. Archivo digital, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4514/1/TESIS-Gabriela%20Proa%C3%B1o.pdf>
- (2012). *PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODOS DE SACRIFICIO EN UN PROTOTIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR [Tesis de Posgrado, Centro de Investigación en Materiales Avanzados]*. Repositorio Cimav, Chihuahua, Mexico. Obtenido de <https://www.icorr.org/how-does-cathodic-protection-work/>
- Quiroga, E. R. (2019). *scribd*. Obtenido de scribd:
<https://es.scribd.com/document/428317347/Tipos-de-Galpones-Industriales>
- ROSA HICELA QUIROGA VACA, R. E. (2019). *scribd*. Obtenido de scribd:
<https://es.scribd.com/document/428317347/Tipos-de-Galpones-Industriales>
- S.A.S., J. S. (3 de Julio de 2015). *sioingenieria*. Obtenido de sioingenieria:
<https://www.sioingenieria.com/portal/novedades/tipos-de-cargas-y-como-afectan-a-las-estructuras>
- Sanchez, V. (Mayo de 2016). *apidspace*. Obtenido de apidspace:
<https://apidspace.cordillera.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c9d456a1-e12e-431f-8bb1-166fb7644070/content>
- Santos, C. T. (2013). *Pre Diseño y Recálculo de un Galpón Estructural*. Archivo Digital.

- Obtenido de
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2189/1/Santos_Silva_Carlos_Emilio.pdf
- Serendipia, A. d. (Marzo de 2024). *estructurasframe*. Obtenido de estructurasframe:
<https://estructurasframe.ec/galpones-industriales-ecuador/>
- Sornoza, T. (4 de Abril de 2022). *Polo del conocimiento*. Obtenido de Polo del conocimiento:
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3875/html>
- Tavera, B. (10 de Noviembre de 2023). *Inesa*. Obtenido de Inesa: <https://www.inesa-tech.com/blog/que-es-sap2000/>
- Toledo, A. (2015). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO DE UN EDIFICIO CON VIGAS BANDA DESTINADO A OFICINAS Y VIVIENDAS ASISTIDO POR EL PROGRAMA SAP 2000*. Repositorio Utmach, Machala, Ecuador. Obtenido de
https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5041/1/TTUAIC_2015_IC_CD0099.pdf
- Torres, D. X. (2024). *DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO PARA UNA BODEGA DE PRODUCTOS INDUSTRIALES EN LA PARROQUIA ALBERTO SPENCER CANTON SANTA ELENA [Tesis de pregrado, Universidad Politecnica Salesiana]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27678>
- Ulma. (4 de marzo de 2023). *Ulma Forge*. Obtenido de Ulma Forge:
<https://www.ulmaforge.com/noticia/el-acero-caracteristicas-propiedades-y-usos/>
- Yugch, A. B. (2009). *NORMATIVA DE DISEÑO POR VIENTO PARA PREVENIR DAÑOS EN PORTICOS, GALPONES INDUSTRIALES, SOPORTES DE TUBERIAS Y ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES EN CELOSIA PARA EL ECUADOR [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio Institucional. Obtenido de
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2195/1/Maestr%c3%ada%20E.S.R.%2060%20-%20Hurtado%20Yugcha%20Alex%20Bladimir.pdf>

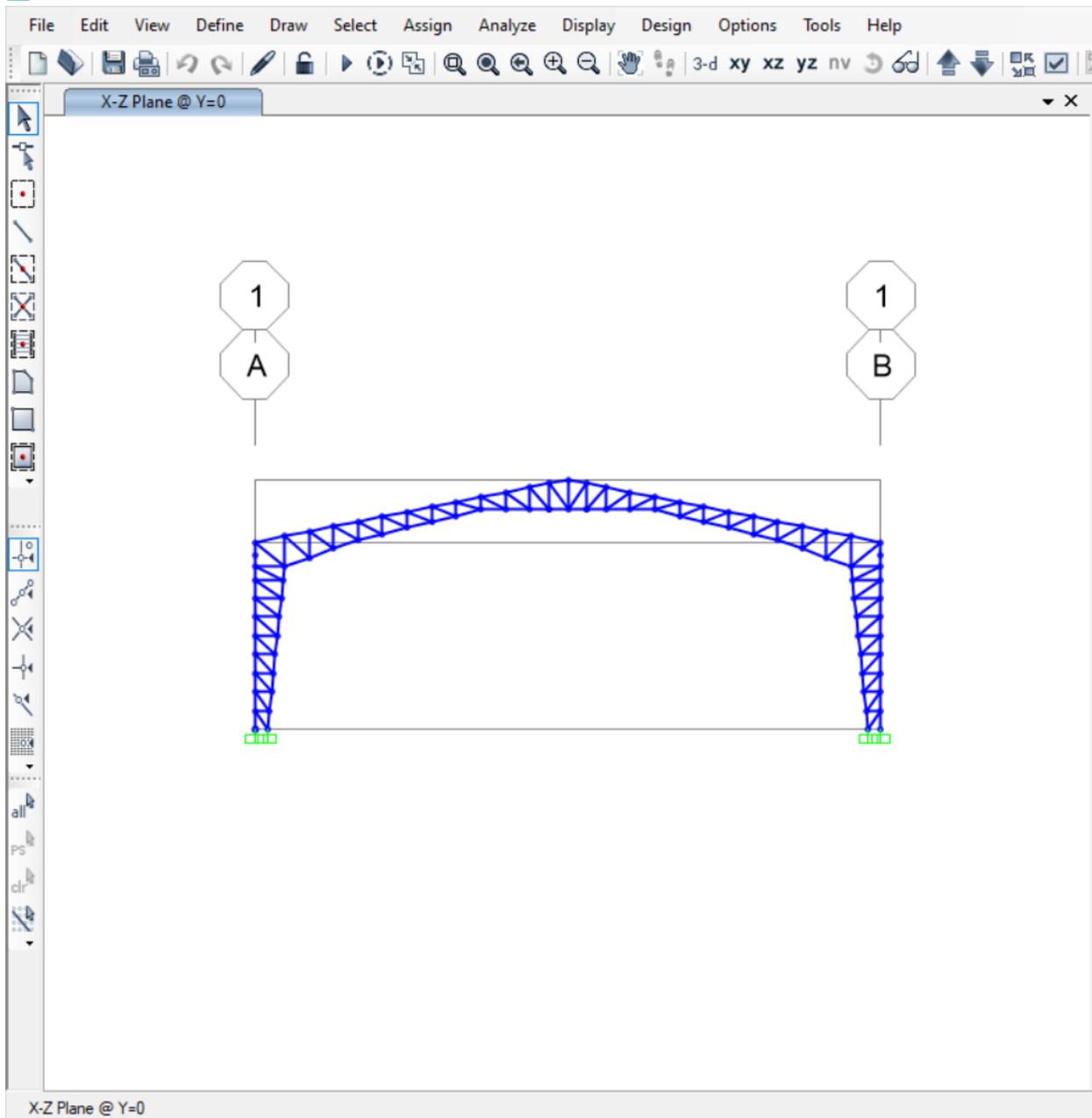
Anexos

Este inciso presenta información solicitada. Puede incluirse, especificaciones de planos, evidencia fotográfica, catálogos y otros más que el autor analice lo necesario.





SAP2000 v24.2.0 Ultimate 64-bit - Suquilanda modelado tesis



SAP2000 v24.2.0 Ultimate 64-bit - Suquilanda modelado tesis

