

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE UNA NAVE INDUSTRIAL TIPO GALPÓN DE 704m²,
DESARROLLADO BAJO EL REGLAMENTO NACIONAL DE
EDIFICACIONES (RNE) PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS
PRODUCTORES DE LA EMPRESA JFJ SERVICIOS GENERALES, VILLA
MARÍA DEL TRIUNFO – LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

HUARCAYA CLEMENTE, FELIX JUSTO

ASESOR

CHAMORRO ATALAYA, OMAR FREDDY

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado de manera especial a mis padres que siempre me dan su apoyo y son el motor por el cual siempre quiero mejorar.

A mi hermano y mi pareja que siempre confiaron en mí y me dan ánimos para salir adelante y desarrollarme como profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mis padres, hermano y pareja que son pieza clave en mi persona y en mi crecimiento del día a día, los cuales siempre me alientan para seguir creciendo

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I:	2
PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2. Justificación del Problema	3
1.2.1. Económico	3
1.2.2. Tecnológico	3
1.3. Delimitación del Proyecto	3
1.3.1. Teórica	3
1.3.2. Temporal	3
1.3.3. Espacial	4
1.4. Formulación del Problema	4
1.4.1. Problema General	4
1.4.2. Problemas específicos	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Nave industrial	7
2.2.2. Características del acero A36	14
2.2.3. Tipos de cargas	14
2.2.4. AISC como reglamento de diseño	14
2.2.5. Combinación de cargas por método LRFD	15
2.2.6. Cálculo de las cargas combinas con las expresiones de LRFD	15
2.2.7. Ventajas del método AISC – LRFD	16
2.2.8. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)	16
2.3. Definición de términos básicos	32

CAPITULO III	34
DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	34
3.1. Modelo de solución propuesta.....	34
3.1.1. Diseño de tipología de la estructura	34
3.1.2. Datos para el diseño de la nave industrial:	35
3.1.3. Especificaciones de acero estructural	35
3.1.4. Selección de cobertura de techo	35
3.1.5. Determinación de las cargas	36
3.1.6. Selección de perfiles.....	43
3.1.7. Análisis de cargas que efectúan sobre la estructura	51
3.2. Resultados	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS	72
ANEXO 1	73
Mapa eólico del Perú.....	73
ANEXO 2.....	74
Zonificación sísmica en el departamento de Lima.....	74
ANEXO 3.....	75
Resultado de mayor Ratio en Viga pórtico	75
ANEXO 4.....	76
Resultado de mayor Ratio en correas	76
ANEXO 5.....	77
Resultado de mayor Ratio en arriostres laterales.....	77
ANEXO 6.....	78
Resultado de mayor Ratio en arriostres de techo	78
ANEXO 7.....	79
Resultado de ratio en todos los perfiles	79

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Dimensiones de una nave industrial	7
<i>Figura 2.</i> La huella que deja la bola depende de la dureza.....	9
<i>Figura 3.</i> Curva Esfuerzo – Deformación para un acero ASTM A-36.....	13
<i>Figura 4.</i> Curva de tracción de un acero	13
<i>Figura 5</i> Zonas sísmicas	20
<i>Figura 6</i> Radio de giro mínimo	44
<i>Figura 7</i> Estructura Tridimensional	45
<i>Figura 8</i> Vista frontal	46
<i>Figura 9</i> Vista de planta	46
<i>Figura 10</i> Definición de material.....	47
<i>Figura 11</i> Definición de sección	47
<i>Figura 12</i> Formulación de combos.....	48
<i>Figura 13</i> Restricción	48
<i>Figura 14</i> Selección de Normas	49
<i>Figura 15</i> Asignación de perfiles	50
<i>Figura 16</i> Asignación de perfiles - Vista lateral	50
<i>Figura 17</i> Asignación de cargas muertas.....	51
<i>Figura 18</i> Asignación de cargas vivas.....	52
<i>Figura 19</i> Asignación de carga de viento	52
<i>Figura 20</i> Asignación de carga de sismo – S_x	53
<i>Figura 21</i> Asignación de carga de sismo – S_y	53
<i>Figura 22</i> Desplazamiento en el eje Z.....	54
<i>Figura 23</i> Datos del desplazamiento en el eje Z	54
<i>Figura 24</i> Desplazamiento de sismo – S_x	55
<i>Figura 25</i> Datos del desplazamiento del sismo – S_x	55
<i>Figura 26</i> Desplazamiento de sismo – S_y	56
<i>Figura 27</i> datos del desplazamiento de sismo – S_y	56
<i>Figura 28</i> Vista de las fuerzas axiales - Combo 2	57

<i>Figura 29</i> Resultado de los esfuerzos aplicados a la estructura	58
<i>Figura 30</i> Sección de columna.....	59
<i>Figura 31</i> Resultado de esfuerzo axial, cortante, momento. En columna	59
<i>Figura 32</i> Resultado de mayor ratio en columna.....	60
<i>Figura 33</i> Sección de viga.....	62
<i>Figura 34</i> Resultado de esfuerzo axial, cortante, momento. En viga	62
<i>Figura 35</i> Sección de correas	63
<i>Figura 36</i> Resultado de esfuerzos	63
<i>Figura 37</i> Sección de arriostres laterales.....	64
<i>Figura 38</i> Resultado de esfuerzos	64
<i>Figura 39</i> Sección de arriostres de techo.....	65
<i>Figura 40</i> Resultado de esfuerzos	65
<i>Figura 41</i> Estructura de una nave industrial tipo galpón	67

LISTA DE TEBLAS

Tabla 1	<i>Clasificación de galpones</i>	8
Tabla 2	<i>Módulo de elasticidad y de cizalladura a temperatura ambiente y coeficiente de Poisson para varios metales y aleaciones</i>	14
Tabla 3	<i>Factor de Carga Viva sobre el Elemento</i>	18
Tabla 4	<i>Factores de forma (C)*</i>	19
Tabla 5	<i>Factores de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre (C)</i>	19
Tabla 6	<i>Factores de zona "Z"</i>	21
Tabla 7	<i>Clasificación de los perfiles de suelo</i>	21
Tabla 8	<i>Factor de suelo "S"</i>	22
Tabla 9	<i>Periodos "TP" Y "TL"</i>	22
Tabla 10	<i>Categoría de las edificaciones</i>	24
Tabla 11	<i>Categoría y sistema estructural de las edificaciones</i>	25
Tabla 12	<i>Coeficiente básico de reducción R</i>	25
Tabla 13	<i>Límites del entrepiso</i>	27
Tabla 14	<i>Lista de materiales - Por propiedad de sección</i>	36
Tabla 15	<i>Carga Muerta</i>	36
Tabla 16	<i>Carga viva</i>	37
Tabla 17	<i>Cargas vivas</i>	38
Tabla 18	<i>Cargas de viento</i>	40
Tabla 19	<i>Valores para la fuerza cortante</i>	42
Tabla 20	<i>Combinación de cargar</i>	43
Tabla 21	<i>Radio de giro - Relación de esbeltez</i>	44
Tabla 22	<i>Resultado de mayor ratio en columna</i>	61
Tabla 23	<i>Perfiles de acero estructural</i>	68

INTRODUCCIÓN

Las naves industriales son una pieza fundamental en el mundo de la industria a nivel internacional. Ya que es un espacio en el cual se puede establecer el almacenamiento de productos y/o se puede dar el desarrollo de estas. Un ambiente en el cual puede ser equipado de acuerdo a las necesidades de la entidad que lo solicite

En los últimos años el Perú ha mostrado un crecimiento económico el cual ha provocado un crecimiento en la industria y producción. Por lo cual la demanda por el diseño de naves industriales también ha aumentado en el país. Para dichos diseños estructurales se emplearán normas nacionales para que cumplan los requisitos y estándares adecuados.

El presente trabajo está dividido en 3 capítulos el cual describe el análisis para diseñar una nave industrial tipo galpón en la zona sur de Lima.

Capítulo I: Se ve la problemática, justificación del proyecto, delimitaciones, formulación del problema y objetivos.

Capítulo II: Se menciona los antecedentes de dicho proyecto, conceptos y marco teórico donde se describe las naves industriales y sus clases, y las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) como E020, E030, E090.

Capítulo III: Se observa los cálculos estructurales de la nave, cargas, momentos y fuerzas cortantes, modelo de solución propuesta y resultado.

Conclusiones y recomendaciones que se dan al concluir el proyecto.

CAPÍTULO I:

PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

“JFJ Servicios generales” es una empresa dedicada el rubro de carpintería metálica el cual fabrica gran variedad de muebles metálicos como son sillas, camas, estantes, mesas, rejas, escaleras, etc. En los últimos años sus productos han tenido una fuerte demanda en el mercado, aumentado su tasa de producción de 80 toneladas a 120 toneladas. Sin embargo, la empresa está teniendo problemas con el espacio limitado que tiene para poder almacenar correctamente sus productos metálicos obligándolos a colocar estos en medio a la intemperie (medio ambiente), ocasionando que dichos productos sufran daños como óxido debido a las lluvias, polvo, a la humedad y al sol intenso en las épocas de verano, esto genera pérdidas en la producción. Caso que no sucedería si la empresa contara con un espacio adecuado para almacenar sus productos, un espacio el cual sea amplio y que pueda proteger dichos productos del clima y tiempo atmosférico.

1.2. Justificación del Problema

Con este trabajo se quiere dar solución al problema sobre el espacio que tiene la empresa “JFJ Servicios Generales”, diseñando una nave industrial ya que esta edificación es de uso industrial, con un espacio adecuado donde pueda almacenar sus productos libres de los daños que ocasiona el medio ambiente, de esta forma podrá seguir con la producción y obtener mayores ganancias.

1.2.1. Económico

La nave industrial reducirá el gasto por pérdidas de producción a largo plazo. El acero estructural para el diseño es de fácil accesibilidad y de montaje más práctico reduciendo el tiempo de elaboración comparado con naves industriales de hormigón y cemento.

1.2.2. Tecnológico

Se emplean técnicas de ingeniería estructural para el desarrollo del diseño, también se hace uso de software como SAP2000 que faciliten el cálculo y análisis de la estructura.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

El presente proyecto de ingeniería está enfocado al área mecánica, al análisis estructural del diseño, se analizarán las cargas que intervienen y el cumplimiento de las normas RNE y AISC-LRFD93 implicadas en el diseño de la estructura.

1.3.2. Temporal

Este proyecto como propuesta comprende el periodo entre los meses: agosto 2019 – octubre 2019

1.3.3. Espacial

El desarrollo del presente proyecto está comprendido en el departamento de Lima, provincia Lima, distrito de Villa María del Triunfo, Jr. Francisco de Zela Mz 9h Lt02.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿Cuál será el diseño de una nave industrial tipo galpón de 704m², desarrollado bajo el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para el almacenamiento de los productos de la empresa JFJ Servicios Generales, Villa María del Triunfo - Lima?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cómo diseñar la tipología de la nave industrial tipo galpón de 704m²?
- ¿Cómo seleccionar los perfiles de acero estructural para una nave industrial tipo galpón de 704m² en base a las normas RNE y AISC?
- ¿Cómo analizar las cargas que intervienen en la nave industrial tipo galpón de 704m² según RNE?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el diseño de una nave industrial tipo galpón de 704m², desarrollado bajo el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para el almacenamiento de los productos de la empresa JFJ Servicios Generales, Villa María del Triunfo - Lima.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar la tipología de la nave industrial tipo galpón de 704m².
- Seleccionar los perfiles de acero estructural para una nave industrial tipo galpón de 704m² en base a las normas RNE y AISC.
- Analizar las cargas que intervienen en la nave industrial tipo galpón de 704m² según RNE.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Vargas, W. (2017). *Diseño estructural de nave industrial metálica para mejoramiento de almacenes en av. argentina, Callao-2017*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Perú. Universidad César Vallejo. En sus conclusiones manifiesta:

- Se puede concluir que este tipo de estructuras posee muchas ventajas como el menor costo en materiales, practicidad para el montaje, reducción en mano de obra y mejor aprovechamiento del área de trabajo. Se afirma que es la solución para mejorar el almacenamiento.

Robles, J. (2017). *Análisis estructural para diagnosticar la integridad estructural de una nave industrial de acero en la región Tacna – 2017*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Perú. Universidad César Vallejo. En sus conclusiones manifiesta:

- Se estableció por los resultados obtenidos, que en efecto las geometrías de los elementos estructurales incidieron significativamente en el diagnóstico

de la integridad estructural de la nave industrial de acero, ya que los elementos que presentan ratios de esfuerzos admisibles mayores a 1, los cuales fallan por esbeltez produciéndose pandeos locales y axiales. Siendo esta una exigencia mínima según las normativas vigentes nacionales (E.090) e internacionales. (AISC 360-10).

Cahuana, E. (2018). *Optimización del diseño de una nave industrial tipo pesado aplicable a la pequeña y mediana industria en el Perú ubicada a menos de 2500 m.s.n.m. con luz entre 15 m y 25 m*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecánico. Perú. Universidad nacional de san Agustín. En sus conclusiones manifiesta:

- Con un tipo de nave industrial, se puede utilizar para las industrias pequeñas y medianas, en el Perú ubicadas en la costa y en la sierra (de baja altitud, no se considera zonas de nieve).

Huaylla, D. (2014). *Montaje de estructuras metálicas de naves industriales en la nueva planta de mantenimiento F.L. SMIDTH – Arequipa*. Tesis para obtener el Título profesional de ingeniero metalurgista. Perú. Universidad Nacional de San Agustín. En sus conclusiones manifiesta:

- Por ser un material de fácil accesibilidad, facilidad de montaje y bajos costo, se usó el acero estructural para el diseño pese a susceptibilidad al fuego y medio ambiente, se emplea para distintas partes de máquinas como engranajes, ejes y palancas
- Hacer de la seguridad un hábito de trabajo donde que nos permite no tener horas de trabajo perdidas por lesiones o accidentes y sobre todo proteger al personal de los riesgos de accidentes con los que se trabaja paralelamente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Nave industrial

Las naves industriales es la edificación adecuada para solucionar los problemas de establecimiento y operaciones de las industrias, diseñada para actividades como producción, manufactura, ensamble y almacenamiento (Ramírez, 2006).

2.2.1.1 Dimensiones de una nave industrial

- Luz (L): Es el espacio capaz de cubrir el ancho proyectado
- Hombro (H): Es la altura de la columna, espacio en el cual se puede instalar equipos a la nave industrial o proporciona la altura para que pueda pasar los vehículos
- Pendiente (P): Angulo de caída con relación a la horizontal
- Longitud (Z): Longitud de diseño
- Separación entre Marcos (S)

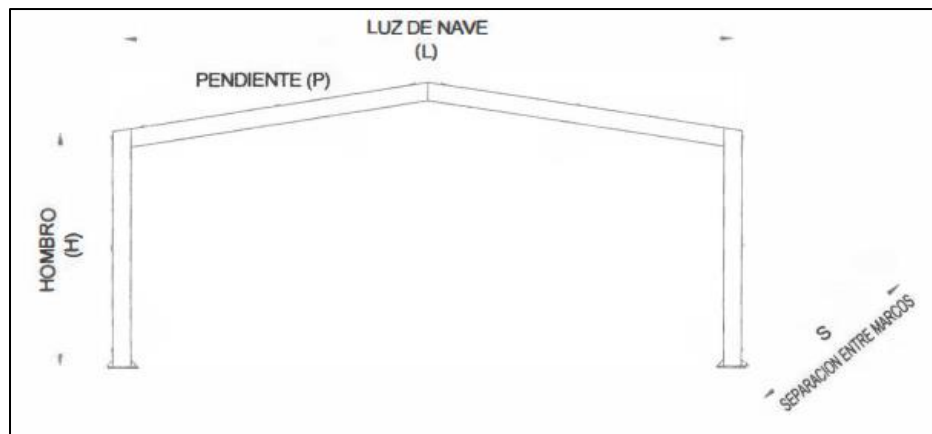


Figura 1 Dimensiones de una nave industrial

Fuente: Diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas de una nave múltiple con sistema tubest, para una planta industrial ubicado en zona industrial de Lurín

2.2.1.2 Tipos de estructuras en naves industriales

Tabla 1
Clasificación de galpones

CLASIFICACIÓN				
POR NUMERO DE TRAMOS	POR TIPO DE TECHO		POR TIPO DE ESTRUCTURA	
	SIMPLE	CON FORMA	TIPO PÓRTICO	CON FORMA
Simple	A dos o más aguas	Plana	Vigas laminadas	Sección constante
		Arco	Vigas soldadas	Sección variable
Múltiple	A una agua	Diente de sierra	Vigas de celosía	Triangular
				Trapezoidal
				Parabólica
				Circular

Fuente: Diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas de una nave múltiple con sistema tubest, para una planta industrial ubicado en zona industrial de Lurín

2.2.1.3 Propiedades del acero

2.2.1.3.1 Composición química

El acero principalmente es Hierro (Fe) a que se añade un pequeño porcentaje de Carbono (C) y según a lo que necesitamos fabricar se añadirá a su composición base distintos elementos que van a cambiar sus propiedades (Marcos, 2014, p. 47).

- **Carbono:** Puede presentar un porcentaje máximo de 2%, a mayor (C) resulta más difícil soldar la aleación
- **Cromo:** Si su presencia es baja (hasta 9%) aumenta la resistencia mecánica, corrosión y oxidación. Si sobrepasa el 12% se convierte en acero inoxidable.
- **Manganeso:** Aumenta su resistencia mecánica y aumenta la templabilidad.

- **Fósforo:** Su presencia es mala para la soldadura, se considera una impureza, si está presente en más de 0.004% puede facilitar la fragilización del material
- **Molibdeno:** Mejora la resistencia a la elevada temperatura
- **Níquel:** Aumenta la tenacidad y la templabilidad.
- **Silicio:** Aumenta la resistencia mecánica y la tenacidad del acero
(Marcos, 2014, p. 47)

2.2.1.3.2 Propiedades físicas

- **Dureza:** Es el grado de deformación permanente que deja una fuerza o una caga en un metal. A mayor dureza será necesaria mayor fuerza para obtener una deformación (Marcos, 2014, p. 49)

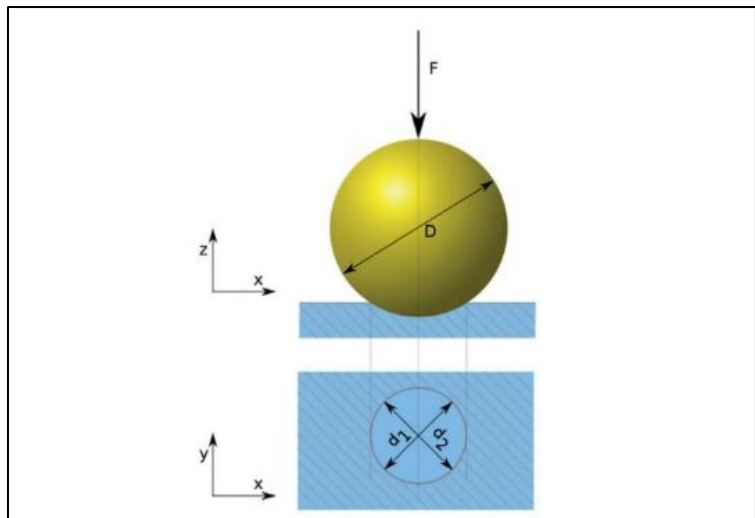


Figura 2. La huella que deja la bola depende de la dureza

Fuente: Libro Soldadura con electrodos revestidos de chapas y perfiles de acero al carbono con electrodos de rutilo

- **Elasticidad:** Cuando a un metal se le aplica una fuerza y momentos después se le deja de aplicar, cuando este recupera su forma original se dice que es elástico.
Limite elástico: Es la máxima fuerza que puede soportar un metal sin crear una deformación permanente. Su unidad es "kg/mm².
- **Tenacidad:** Es la resistencia a rotura por impacto.
- **Fatiga:** Cuando una pieza es sometida de forma intermitente a una carga que no genera deformaciones, con el pasar de tiempo la pieza puede llegar a desgastarse y romperse
- **Resiliencia:** Es la cantidad de trabajo o energía necesario para poder deformar un material hasta su límite elástico.
- **Fluencia:** Es la deformación irreversible de un cuerpo solido al cual se le aplica la fuerza necesaria durante un lapso de tiempo determinado.
- **Ductilidad:** Es la capacidad que tiene el metal para dejarse deformar en frío.
- **Resistencia:** Se refiere a la fuerza necesaria no solo para superar el **límite elástico** sino para romper el metal. A esta fuerza necesaria se le denomina **carga de rotura** que marca el final de la resistencia.
- **Soldabilidad:** Es la capacidad de un metal para ser soldado (Marcos, 2014, pp. 49-50)

2.2.1.3.3 Propiedades mecánicas

- **Esfuerzo cortante**

Se llama esfuerzo cortante a la resultante de fuerzas paralelas o tangenciales a un plano de sección. Cuando la sección de un cuerpo está sometida a cizallamiento o cortadura

de puede decir que sobre esa superficie del cuerpo actúa un esfuerzo cortante (Cervera, 2001, p. 199)

$$\tau = \frac{T}{A} \quad \dots(\text{Ecuación 1})$$

- **Esfuerzo axial**

Decimos que un cuerpo solido está sometido a un esfuerzo axial cuando la resultante de todas las fuerzas actúa de manera perpendicular a una sección de dicho cuerpo a través de su eje

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots(\text{Ecuación 2})$$

- **Comportamiento bajo cargas axiales**

El grado de una con que una estructura de se puede llegar a deformar depende de la magnitud de la tensión impuesta en ella. Para muchos metales sometidos a esfuerzos de tracción pequeños, la tensión y deformación son proporcionales a la siguiente relación conocida como la **Ley de Hooke** (Callister, 2007, p. 118)

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad \dots(\text{Ecuación 3})$$

Donde (E) es el módulo de elasticidad y (ϵ) es la deformación unitaria

- **Esfuerzo de fluencia (Fy)**

Es el esfuerzo máximo que se puede realizar sin causar deformación plástica. Es el esfuerzo para el cual las

deformaciones presentan grandes incrementos sin que haya un aumento correspondiente del esfuerzo (Valencia, 2006, p. 20)

- **Pandeo**

Es el comportamiento de un cuerpo esbelto cuando es sometido a esfuerzo de compresión proveniente de una fuerza axial. Al aumentar la carga, el eje puede llegar a curvarse.

La **carga crítica de pandeo (Pk)** es el máximo valor de carga que puede soportar un cuerpo esbelto sin que manifieste pandeo, por lo tanto, la carga de trabajo tiene que ser 3 veces menor que Pk (arquitectura, 2005, p. 172)

E: Módulo de elasticidad o de rigidez del material

J: Momento de inercia de la sección

Ip: Luz de pandeo, dependiente de las condiciones de vinculo

$$Pk = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{Ip^2} \quad \dots(\text{Ecuación 4})$$

- **Módulo de elasticidad (E)**

Es la constante de proporcionalidad entre esfuerzo (σ) y deformación unitaria (ϵ) y se puede obtener dentro de la curva de esfuerzo – deformación. Al módulo de elasticidad de tracción y compresión también se le conoce como módulo de Young, mientras que al módulo de elasticidad de torsión se le conoce como módulo de cizalladura o también módulo de coulomb (Morral, 2004, p. 835)

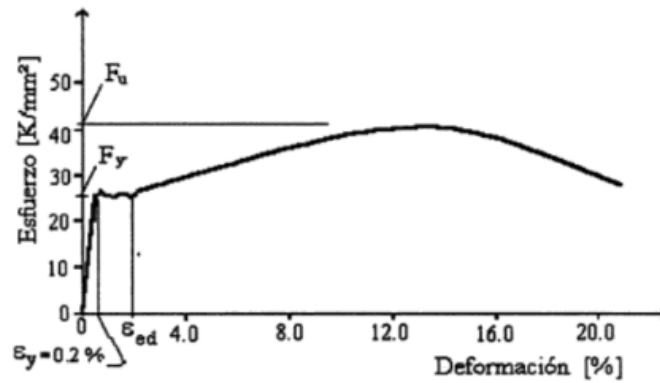


Figura 3. Curva Esfuerzo – Deformación para un acero ASTM A-36
Fuente: Libro Estructuras de acero - Introducción al Diseño

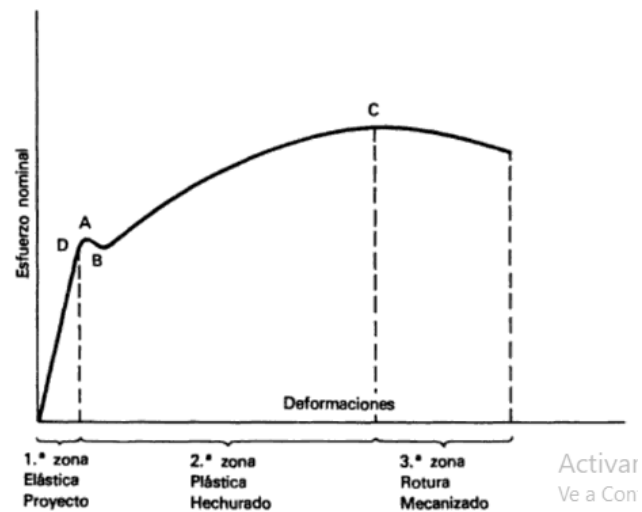


Figura 4. Curva de tracción de un acero
Fuente: Libro Metalurgia general

- **Relación de Poisson**

Relación entre la deformación axial o longitudinal y la deformación lateral o radial se le conoce como relación de poisson (Hibbeler, 2006, p. 107)

$$v = \frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}} \quad \dots(\text{Ecuación 5})$$

Tabla 2

Módulo de elasticidad y de cizalladura a temperatura ambiente y coeficiente de Poisson para varios metales y aleaciones

<i>Metal o aleación</i>	<i>Módulo de elasticidad</i>		<i>Módulo de cizalladura</i>		<i>Coficiente de Poisson</i>
	<i>psi × 10⁶</i>	<i>MPa × 10⁴</i>	<i>psi × 10⁶</i>	<i>MPa × 10⁴</i>	
Aluminio	10,0	6,9	3,8	2,6	0,33
Latón	14,6	10,1	5,4	3,7	0,35
Cobre	16,0	11,0	6,7	4,6	0,35
Magnesio	6,5	4,5	2,5	1,7	0,29
Níquel	30,0	20,7	11,0	7,6	0,31
Acero	30,0	20,7	12,0	8,3	0,27
Titanio	15,5	10,7	6,5	4,5	0,36
Tungsteno	59,0	40,7	23,2	16,0	0,28

Fuente: Libro Ciencia e Ingeniería de los materiales

2.2.2. Características del acero A36

Las normas aprobadas por la ASTM (Sociedad Americana de Ensayes y Materiales) establece: (AHMSA, 2013, p. 3)

Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) 2 530 kg/cm²
(250 MPa)

Esfuerzo mínimo de ruptura (F_u) 4 080 kg/cm² a 5 620 kg/cm²
(400 a 550 MPa,)

2.2.3. Tipos de cargas

AISC (Instituto Americano de Construcción en Acero) estableció que las cargas nominales que soportara una estructura son cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales. También son llamadas cargas de servicio o de trabajo (McCormac, 2013, p. 41)

2.2.4. AISC como reglamento de diseño

El Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC) fundada en 1912, desde 1921 publica normas sobre el uso del acero, la "Especificaciones para el Diseño, Construcción y Montaje de Estructuras de Acero para Edificaciones" publicado por el AISC son reconocidos por el estado peruano y describe 2 enfoque para el diseño en estructuras de acero

- Diseño por Esfuerzos Permisibles = **ASD**
 - Diseño por Estados Límites = **LRFD**
- (Zapata, 1997, p. 19)

2.2.4.1 Deflexion de servicio

La deflexion (desviaciones) en la estructura metalica tiene que ser menor a L/360 ya que puede llegar a provocar daños en la arquitectura, revestimiento, acabado de interiores y otros efectos a corto plazo. Las combinaciones de carga sugeridas son: D (Carga Muerta) + L (Carga Viva). (AISC, 2016, p. 478)

2.2.5. Combinación de cargas por método LRFD

Se agrupan las cargas de servicio y se le multiplica a cada carga un factor de servicio, comúnmente mayor a 1.0. La magnitud resultante de las cargas en un grupo se le llama **Carga factorizada** y los mayores valores de estos se usan para calcular momentos, cortantes y demás fuerzas en una estructura, estos valores no deben de superar las resistencias nominales de los componentes multiplicado por sus factores ϕ o de reducción (McCormac, 2013, p. 53)

$$\phi \cdot R_n \geq R_u$$

(Factor de reducción ϕ) (Resistencia nominal de un miembro \geq Fuerza factorizada calculada en el miembro)

2.2.6. Cálculo de las cargas combinas con las expresiones de LRFD

1. 1.4D
2. 1.2D + 1.6L + 0.5 (L o S o R)
3. 1.2D + 1.6(L o S o R) + (Lr o 0.5W)
4. 1.2D + 1.0W + Lr + 0.5(L o S o R)
5. 1.2D + 1.0E + Lr + 0.2S
6. 0.9D + 1.0W
7. 0.9D + 1.0E

Donde:

- R = Carga nominal debida a la precipitación pluvial o el hielo iniciales, dependientemente de la contribución por encharcamiento
 - S = Carga de nieve
 - Lr = Carga viva del techo
 - L = Carga viva debida a la ocupación
 - D = Carga muerta
 - E = Carga de sismo
 - W = Carga de viento
- . (McCormac, 2013, p. 53-54)

2.2.7. Ventajas del método AISC – LRFD

- El factor de carga que se usa en las cargas muertas es mas pequeño que el factor de las cargas vivas, eso lo hace mas economico que el metodo ASD
- Es mas practico a las hora de hacer futuros ajustes al diseño
(Zapata, 1997, p. 23)

2.2.8. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

Su objeto es normar los requisitos y criterios para el diseño de edificaciones urbanas tanto privadas como públicas, estableciendo responsabilidades a los gestores de dichos proyectos urbanos. El uso de estas normas es de carácter obligatorio (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 5)

Las normas tenicas según RNE que debemos tener en cuenta para el desarrollo de la nave industrial y para el uso del metodo LRFD son:

- E.020 Cargas
- E.030 Diseño sismoresistente
- E.090 Estructuras metálicas

2.2.8.1 Norma E.020 (cargas)

Toda edificación debe soportar las cargas que se ejercen sobre ella en el tiempo de vida útil que se le estime. La norma E.020 se complementa con la norma E.030 (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 204)

2.2.8.1.1 Definiciones según Norma E.20

a. Carga Muerta

Es el peso propio de la edificación junto con sus equipos que permanecen inmóviles en el tiempo como tuberías, instalación eléctrica, tabiques, etc. (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 204)

b. Carga Viva

Se refiere a los ocupantes, equipos y objetos móviles que ocupe la edificación (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 204)

c. Carga viva del techo

Para este punto se tomarán se tomarán cargas vivas y cargas como los del sismo, viento, lluvia, etc. (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 204)

Nota: la norma estipula que los techo livianos como coberturas metálicas, calaminas, etc, y cualquiera que sea su pendiente le corresponde 30kgf/m² siempre y cuando no exista acumulacion de nieve

2.2.8.1.2 Reducción de carga viva

$$L_r = L_0 \left(0.25 + \frac{4.6}{\sqrt{A_i}} \right) \quad \dots(\text{Ecuación 6})$$

Donde:

L_r = Intensidad de la carga viva reducida.

L₀ = Intensidad de la carga viva sin reducir.

A_i = Área de influencia del elemento estructural en m², que se calculará mediante:

$$A_i = kA_t \quad \dots(\text{Ecuación 7})$$

A_t = Área tributaria del elemento en m².

k = Factor de carga viva sobre el elemento (ver Tabla 3).

Tabla 3
Factor de Carga Viva sobre el Elemento

ELEMENTO	FACTOR k
Columnas y muros	2
Vigas interiores	2
Viga de borde	2
Vigas en volado	1
Vigas de borde que soportan volados	1
Tijerales principales que soportan techos livianos	1
Losas macizas o nervadas en dos direcciones	1
Losas macizas o nervadas en una dirección	1
Vigas prefabricadas aisladas o no conectadas monolíticamente a otros elementos paralelos	1
Vigas de acero o de madera no conectadas por corte al diafragma de piso	1
Vigas isostáticas	1

Fuente: ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.1.3 Cargas debidas al viento

El elemento de la estructura de una edificación debe resistir las cargas (presiones y/o succiones) exteriores e interiores del viento (Ministerio de Vivienda, 2006)

2.2.8.1.4 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño para una altura no mayor a 10m la velocidad máxima será de acuerdo a la zona de ubicación (ver Anexo 1), pero no menos de 75km/h. La velocidad de diseño se obtiene:

$$V_h = V(h/10)^{0.22} \quad \dots(\text{Ecuación 8})$$

Donde:

V_h : es la velocidad de diseño en la altura h en Km/h

V : es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h

h : es la altura sobre el terreno en metros

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 208)

2.2.8.1.5 Carga exterior de viento

Las cargas (presión o succión) exteriores del viento se supondrá perpendiculares a la superficie. Se determina con la expresión:

$$P_h = 0.005 C \cdot V_h^2 \quad \dots(\text{Ecuación 9})$$

Donde:

P_h : presión o succión del viento a una altura h en Kg/m²

C : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4

V_h : velocidad de diseño a la altura h , en Km/h

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 208)

Tabla 4
*Factores de forma (C)**

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 -0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7

* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.1.6 Carga interior de viento

Se establece los elementos de cierre (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 208)

Tabla 5
Factores de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre (C)

A B E R T U R A S		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
±0,3	+0,8	-0,6

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.1.7 Combinación de cargas según Norma E.020

1. D
2. D + L
3. D + (W o 0,70 E)
4. D + T
5. $\alpha [D + L + (W \text{ o } 0,70 E)]$
6. $\alpha [D + L + T]$
7. $\alpha [D + (W \text{ o } 0,70 E) + T]$
8. $\alpha [D + L + (W \text{ o } 0,70 E) + T]$

2.2.8.2 Norma E.030 (Diseño sísmoresistente)

En este punto se establece los criterios y condiciones para que los diseños puedan soportar los movimientos sísmicos y preservar las vidas humanas (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 212)

2.2.8.2.1 Zonificación

Distribución espacial de la sismicidad observada (ver Anexo 2) (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 212)



Figura 5 Zonas sísmicas

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

Z se interpreta como una porción de la aceleración de la gravedad.
(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 213)

Tabla 6
Factores de zona "Z"

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.2.2 Perfiles de Suelo

son cinco tipos de perfiles:

- S0: Roca Dura
- S1: Roca o Suelos Muy Rígidos
- S2: Suelos Intermedios
- S3: Suelos Blandos
- S4: Condiciones Excepcionales

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 213)

Tabla 7
Clasificación de los perfiles de suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

Donde:

- V_s = velocidad promedio de propagación de las ondas de corte, para suelos
- N_{60} = Promedio ponderado de penetración para suelos granulares
- S_u = promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 213)

2.2.8.2.3 Parámetros de Sitio (S , TP y TL)

Para considerar los factores locales se observa los siguientes factores (Ministerio de Vivienda, 2006)

Tabla 8

Factor de suelo "S"

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

Tabla 9

Periodos "TP" Y "TL"

PERIODOS "TP" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.2.4 Factor de Amplificación Sísmica (C)

Se observa las ecuaciones a continuación:

- $T < TP$ $C = 2,5$
- $TP < T < TL$ $C = 2,5 \cdot (TP/T)$
- $T > TL$ $C = 2,5 \cdot (TP \cdot TL/T^2)$

T es el período de acuerdo:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad \dots(\text{Ecuación 10})$$

Donde:

h_n = Altura de la estructura (m)

$C_T = 35$ para Pórticos acero sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para Pórticos de acero arriostrados.

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 216)

2.2.8.2.5 Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)

La tabla a continuación clasifica las estructuras en distintas categorías con su respectivo (U)

Tabla 10

Categoría de las edificaciones

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)
(*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.		

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.2.6 Estructuras de acero

Son estructural resistente a sismos.

- Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)
- Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)
- Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)
- Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)
- Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)
- Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 213)

Tabla 11

Categoría y sistema estructural de las edificaciones

CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.2.7 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R0)

Tabla 12

Coeficiente básico de reducción R

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R ₀ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.2.8 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calcula aumentando a la carga muerta total un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente forma:

- a) Para categorías A y B, se toma el 50 % de la carga viva.
 - b) Para la categoría C, se toma el 25 % de la carga viva.
 - c) En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
 - d) Para azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
 - e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.
- (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 215)

2.2.8.2.9 Procedimientos de Análisis Sísmico

Se Debe elegir uno de los siguientes procedimientos:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes
- Análisis dinámico modal espectral

(Ministerio de Vivienda, 2006)

2.2.8.2.10 Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

Las estructuras clasificadas como regulares no más de 45m de altura y las estructuras de muros portantes de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares, podrán analizarse mediante el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 216)

a) Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad \dots(\text{Ecuación 11})$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

Donde:

- Z: factor de zona
- U: categoría de la edificación
- C: espectro de respuesta (origen ecuación 10)
- S: tipo de suelo
- R: factor de reducción de carga sísmica
- P: peso sísmico

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 216)

2.2.8.3 Consideración sísmica

2.2.8.3.1 Determinación de desplazamientos laterales

En las estructuras regulares, el desplazamiento se calcula multiplicando $0.75R$ tanto para el eje “x” como para el eje “y” (Ministerio de Vivienda, 2006)

2.2.8.3.2 Desplazamientos laterales admisibles

El máximo desplazamiento relativo no deberá exceder la fracción de la altura del entrepiso (derivada) (Ministerio de Vivienda, 2006)

Tabla 13

Límites del entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_r / h_{et})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (derivada) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

2.2.8.4 Norma E.090 (Estructuras metálicas)

Esta Norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por Esfuerzos Permisibles (ASD). Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma Norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional. (Ministerio de Vivienda, 2006)

2.2.8.4.1 Relaciones de esbeltez límite

Por compresión $(Kl / r) \leq 200$. Donde K se evalúa según estabilidad de los pórticos (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 327)

Por tracción, $(Kl/r) \leq 300$. (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 327)

Donde:

- L: Longitud de elemento
- R: radio de giro en x o y
- K: factor de longitud equivalente

2.2.8.4.2 ESTABILIDAD DE PÓRTICOS

a) Pórticos Arriostrados

El factor K se toma como la unidad, a no ser que un análisis de estructura indique que se puede usar un valor menor. (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 329)

b) Pórticos no Arriostrados

El factor K se tiene que determinar por un análisis de estructura (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 239)

2.2.8.4.3 Resistencia de diseño en tracción por método LRFD

Se establece que $(\phi_t P_n) < P_n$. (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 329)

a. Para fluencia en el área total

$$P_n = F_y \cdot A_g \quad \dots(\text{Ecuación 12})$$

$$\phi_t = 0.09$$

b. Para rotura de área neta

$$P_n = F_u \cdot A_e \quad \dots(\text{Ecuación 13})$$

$$\phi_t = 0.75$$

Donde:

- A_e = área neta efectiva.
- A_g = área total del elemento.
- F_y = esfuerzo mínimo de fluencia especificado.
- F_u = resistencia mínima a la tracción especificada.
- P_n = resistencia axial nominal.
- ϕ_t = Factor de resistencia para tracción
(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 329)

2.2.8.4.4 Resistencia de diseño en compresión para pandeo por flexión por método LRFD.

Se establece que la resistencia de diseño para pandeo por flexión en miembros comprimidos en los que sus elementos tienen una relación ancho - espesor menor a λ_r es $\phi_c P_n$.

λ_r : Parámetro de esbeltez límite para elemento no compacto
(Ministerio de Vivienda, 2006)

$$\phi_c = 0.85$$

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad \dots(\text{Ecuación 14})$$

Para $\lambda_c \leq 1.5$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y \quad \dots(\text{Ecuación 15})$$

Para $\lambda_c > 1.5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) \cdot F_y \quad \dots(\text{Ecuación 16})$$

Donde:

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \dots(\text{Ecuación 17})$$

- A_g = Área total del miembro
- F_{cr} = Esfuerzo crítico
- F_y = Esfuerzo de fluencia especificada
- E = Módulo de elasticidad
- K = Factor de longitud efectiva
- l = Longitud lateralmente no arriostrada
- r = Radio de giro respecto del eje de pandeo

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 330)

2.2.8.4.5 Diseño por flexión por método LRFD

La resistencia a flexión de vigas es $\phi_b \cdot M_n$

$$\phi_b = 0.90$$

$$M_n = M_p \quad \dots(\text{Ecuación 18})$$

M_p = Momento plástico

(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 332)

2.2.8.4.6 Elemento con simetría simple y doble con flexión y tracción por método LRFD

Se interactúa flexión y tracción (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 337)

Para $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \quad \dots(\text{Ecuación 19})$$

Para $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \quad \dots(\text{Ecuación 20})$$

Donde:

- P_u = Resistencia requerida a la tracción o esfuerzo actuante
- P_n = Resistencia nominal a la tracción o esfuerzo admisible de la (Ecuación 12)

- M_u = Resistencia requerida a la flexión o momento actuante
- M_n = Resistencia nominal a la flexión de la (Ecuación 18)
- x = Subíndice relativo al eje mayor de flexión
- y = Subíndice relativo al eje menor de flexión
- $\phi = \phi_t$ = Factor de resistencia a la tracción = 0.90
- ϕ_b = Factor de resistencia a la flexión = 0,90
(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 337)

2.2.8.4.7 Elementos con simetría simple y doble en flexión y compresión

Se interactúa flexión y compresión (Ecuaciones 19 y 20)

- P_u = Resistencia requerida a la compresión
- P_n = Resistencia nominal a la compresión de la (Ecuación 14)
- M_u = Resistencia requerida a la flexión o momento actuante
- M_n = Resistencia nominal a la flexión de la (Ecuación 18)
- x = Subíndice relativo al eje mayor de flexión
- y = Subíndice relativo al eje menor de flexión
- $\phi = \phi_c$ = Factor de resistencia a la compresión = 0,85
- ϕ_b = Factor de resistencia a la flexión = 0.90
(Ministerio de Vivienda, 2006, p. 337)

2.3. Definición de términos básicos

- Carga Muerta: Es el peso propio de la edificación junto con sus equipos que permanecen inmóviles en el tiempo como tuberías, instalación eléctrica, tabiques, etc.
- Carga Viva: Se refiere a los ocupantes, equipos y objetos móviles que ocupe la edificación

- Carga viva del techo: Para este punto se tomarán se tomarán cargas vivas y cargas como los del sismo, viento, lluvia, etc.
- Fuerza: Es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los materiales.
- Viga: Es un elemento estructural líneas que trabaja principalmente a flexión.
- Arriostre: Elemento de refuerzo horizontal o vertical que cumple la función de proveer estabilidad.
- Correas: Sirve como base para la cubierta de la nave industrial, usualmente este perfil es canal C.
- Templadores: Elementos de seguridad para los techos, usualmente son de fierro redondo.
- Montaje: Parte de la estructura del techo, usualmente es de ángulo que dan firmeza a la estructura de dos aguas
- ASTM: American Society of Testing Materials, significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
- LRFD: Load and Resistance Factor Design, significa, Diseño por Factores de Carga y Resistencia.
- RNE: Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- SPT: Standard Penetration Test, significa, Prueba de penetración estándar.
- EMS: Estudio Mecánica de Suelo.
- ASD: Allowable Stress Design, significa, Diseño de estrés permisible.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesta

3.1.1. Diseño de tipología de la estructura

Este proyecto de estructura metálica se desarrollará en un área de 720m² en de Villa María del triunfo, lado sur de Lima. La nave industrial consta de una longitud total de 32m, un ancho de 22m y una altura de 10m, con un modelo tipo galpón a 2 aguas, ocupando un área total de 704m², con un diseño de pórticos con marcos rígidos eligiendo como material el acero estructural ASTM A36, contara de 5 marcos en toda la estructura con una separación de 8m y correas instaladas en las vigas, la estructura contara con arriostres en los extremos tanto como en las partes laterales como en las correas para una mayor estabilidad, la nave industria consta con un solo nivel con una cubierta de techo metálica tupo TR4 de 0.80mm que estarán apoyado sobre correas instaladas en las vigas.

Dicha edificación está destinado al cumplir el objetivo de almacenar los productos metálicos de la empresa JFJ servicios generales

3.1.2. Datos para el diseño de la nave industrial:

- Altura total: 10m
- Longitud: 32m
- Ancho: 22m
- Altura de la columna: 7m
- Angulo de pendiente: 15°
- Distancia entre pórticos: 8m
- Numero de pórticos: 5

3.1.3. Especificaciones de acero estructural

a. Acero Estructural ASTM A36

- Peso específico del acero: 7850 Kgf/m³
- Planchas barras y perfiles: ASTM A-36
- Esfuerzo de fluencia, F_y : 2,530.00 kg/cm²
- Esfuerzo de ruptura, F_u : 4,200.00 kg/cm²
- Peso específico del acero.: 7850 Kgf/m³

b. Alineadores para techo: ASTM A-36

- Esfuerzo de fluencia, F_y : 2,530.00 kg/cm²
- Soldadura.: E-70xx, De AWS A5.1
- Módulo de elasticidad: 2.1×10^6 kg/cm² Coeficiente de
- Poisson: 0.3

3.1.4. Selección de cobertura de techo

- Se usará como cobertura de techo:
- Material TR4 de 0.80 mm de espesor: 7.17 kg/m².
- Área de techo = 729.712 m².
- Peso total de cobertura = 729.712 m² x 7.17 kg/m² = 5232.035 Kgf.

3.1.5. Determinación de las cargas

3.1.5.1 Carga muerta según Norma E.020

El peso de la propia estructura será dado por programa SAP 2000

3.1.5.1.1 Componentes de la estructura

Tabla 14

Lista de materiales - Por propiedad de sección

TABLE: Material List - By Section Property					
	Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
	Text	Text	Unitless	m	Kgf
Arriostres laterales	2L4x4x1/4	Frame	8	85.04117	1671.08
Correas	C8X18.7	Frame	56	448	12501.63
Arriostres de techo	L4X4X1/4	Frame	16	143.10835	1406.06
Columna / Viga	W14X61	Frame	20	184.01754	16682.05
Covertor	TR4	Area			5232.035

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Carga Muerta

CARGA MUERTA			
Peso de estructura	32260	kgf	
Peso tabiquería	3226	kgf	10% peso estructura
Area	729.712	m ²	
Peso por area	4.42	kgf/m ²	
Peso de la cubierta	7.17	kgf/m ²	
Peso total	11.59	kgf/m ²	

Fuente: Elaboración propia

Por la tanto Carga Muerta total es 32260kgf + 3226kgf = 35486kgf

3.1.5.1.2 Carga viva en techo

E.020 estipula, para techos de coberturas livianas corresponde 30kgf/m²

Tabla16
Carga viva

CARGA VIVA	
Carga viva de techo	30 kgf/m ²
Carga viva reducida	11.17 NO APLICA

Fuente: Elaboración propia

Reducción de la carga Viva (L_r) según E.020 (ecuaciones 6, 7)

$$L_r = L_0 \left[0.25 + \frac{4.6}{\sqrt{A_i}} \right]; A_i = kA_t$$

Lr no aplica si: $L_r < 0.5L_0$

Donde por norma visto en el punto 2.2.8.1.1 $L_0 = 30\text{kgf/m}^2$ para techos livianos, k es 2 por tabla (tabla 3) y $A_t = 729.712\text{m}^2$ área del techo. Reemplazando en la formula.

$$L_r = 30 \left[0.25 + \frac{4.6}{\sqrt{2 \times 729.712}} \right] = 11.112$$

Por lo tanto, Lr no aplica porque $11 < 0.5 \times 30$

3.1.5.1.3 Carga de viento

a) Velocidad de diseño

Según la ecuación 8 del punto 2.2.8.1.4, menciona que la velocidad de diseño (V) es la velocidad de máxima de la zona (ver figura 5)

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

h = 10m, V = 85km/h por la zona "Lima"

Tabla 17
Cargas vivas

CARGA DE VIENTO	
Velocidad de diseño	85 Km/h
Altura de edificio	10 m
Velocidad de diseño - Vh	85 Km/h

Fuente: Elaboración propia

b) carga exterior del viento

Del punto 2.2.81.5, ecuación 9

$$P_h = 0.005 C \cdot V_h^2$$

P_h = presión o succión del viento en una altura h en kg/m²

C = Factor de forma adimensional

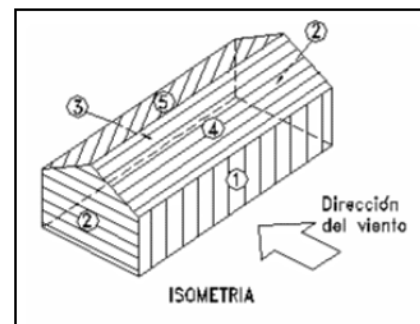
V_h^2 = Velocidad de diseño

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3	-0.6

Cpe1	0.8
Cpe2	0
Cpe3	-0.6
Cpe4	0.3
Cpe5	-0.6

Cpi	-0.6	2 abierto
-----	------	-----------

C1	1.4
C2	0
C3	-0.6
C4	0.9
C5	-0.6



ABERTURAS		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
±0,3	+0,8	-0,6

$$\underline{C} = C_{pe} - C_{pi}$$

C1	1.1	0.5	-1.2	1.4
C2	0.3	-0.3	-1	0
C3	-0.3	-0.9	-0.8	-0.6
C4	0.6	0	0.6	0.9
C5	-0.3	-0.9	-0.9	-0.6

$$\text{Reemplazando en } P_h = 0.005 C \cdot V_h^2 \rightarrow P_h = 0.005 \times 1.4 \times (85)^2$$

$$P_h = 50.575 \text{ kgf/m}^2$$

Tabla 18
Cargas de viento

Presiones Ph1	50.575	kgf/m ²
Presiones Ph2	0	kgf/m ²
Presiones Ph3	-21.675	kgf/m ²
Presiones Ph4	32.5125	kgf/m ²
Presiones Ph5	-21.675	kgf/m ²

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.2 Carga de sismo por norma E.030

Área de techo peso total carga viva = Área de techo x carga viva
del techo = 729.712m² x 30Kgf/m² = 21891.36Kgf

Observamos el punto 2.2.8.2.3 las tablas 8 y 9

- S = amplificación de suelo = 1.05 (tabla 8)

Sabiendo que suelo es perfil "S2" por ser aren gruesa o grava,
por lo tanto

- Los periodos TP y TL por tabla 9

$$TP = 0.6$$

$$TL = 2.0$$

Del punto 2.2.8.2.4 vemos la ecuación 10

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde CT = 45 por ser pórtico arriostrado y de estructura metálica:

$$T = 10/45 \rightarrow T=0.2$$

→ cumple T < TP por lo tanto el factor de ampliación sísmica es C=2.5

Por fuerza cortante en la base (V) en el punto 2.2.8.2.11 observamos la ecuación 11

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Done:

- (Factor de zona) Z = 0.45 (origen figura 6, tabla 6)
- (Factor de uso) U = 1 “categoría C” (origen tabla 10)
- (Factor de ampliación sísmica) C = 2.5 (origen ecuación 10)
- (Ampliación de suelo) S = 1.05 (origen tabla 8)
- (coeficiente de reducción) R = 6 por ser pórtico de acero arriostrado (origen tabla 12)
- (Peso sísmico) P = Carga muerta + 25% x carga viva

$$P = 35486\text{Kgf} + 0.25 \times 21891.36\text{Kgf} \rightarrow P = 40958.84\text{kgf} \text{ (origen punto 2.2.8.2.8)}$$

Reemplazando valores:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \rightarrow V = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.05}{6} \times 40958.84\text{kgf}$$

- (fuerza cortante en la base) V = 8063.7716kgf reemplazando la formula

Tabla 19

Valores para la fuerza cortante

Z=	0.45
Perfil tipo:	S2
S=	1.05
Tp=	0.6
TL=	2
Ct=	45
Hn=	10 m
T=	0.22
k=	1.00
C=	2.5
U=	1
Categoria=	C
R=	6
P=	40958.84 Kgf
V=	8063.7716 Kgf
FX=	2015.9429 Kgf
FY=	4031.8858 Kgf

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.3 Combinación de cargas

Se aplica las combinaciones de cargas factorizadas mencionadas en la norma E.020 y E.090 donde se aplica el método LRFD

- 1,4D
- 1,2D + 1,6 L+0,5 (L ó S)
- 1,2D + 1.6 (L ó S) + (0,5L ó 0,8W)
- 1,2D + 1,3W + 0,5 L + 0,5 (L ó S)
- 1.2D ± 1,0E + 0,5L+0,2S

- $0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$

Donde:

- Carga Muerta (D)
- Carga viva (L)
- Carga de viento (W)
- Carga de sismo (S)

Tabla 20
Combinación de cargas

Combo	Muerta (D)	Viva (L)	Viento (W)	Sismo (S)	
	D	L	W	Sx	Sy
1	1.4	-	-	-	-
2	1.2	1.6	-	-	-
3	1.2	0.5	-	-	-
4	1.2	-	0.8	-	-
5	1.2	0.5	1.3	-	-
6	1.2	0.5	-	1	-
7	1.2	0.5	-	-1	-
8	1.2	0.5	-	-	1
9	1.2	0.5	-	-	-1
10	0.9	-	1.3	-	-
11	0.9	-	-1.3	-	-
12	0.9	-	-	1	-
13	0.9	-	-	-1	-
14	0.9	-	-	-	1
15	0.9	-	-	-	-1
Combo de desplazamiento	1	1	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.1.6. Selección de perfiles

En este paso se busca los perfiles adecuados para el diseño los cuales estarán sometidos a compresión y tracción, nos basaremos en la relación esbeltez, anterior mente mencionado en las Norma. E.090 y vistos en los puntos 2.2.8.3.1 y 2.2.8.3.2

$$\frac{K.l}{r} \leq 200 \quad \text{para compresión (origen 2.2.8.3.1)}$$

$$\frac{K.l}{r} \leq 300 \quad \text{para tracción (origen 2.2.8.3.1)}$$

- L: Longitud de elemento
- R: radio de giro en x o y
- K factor de longitud equivalente a la unidad = 1 (origen 2.2.8.3.2)

Tomando como ejemplo la viga, entonces “l es igual a 11.4m”

$$\text{Despejando "r"} : \frac{K.l}{200} \leq r \rightarrow \frac{1 \times 11.4}{200} \leq r \rightarrow 0.057 \leq r$$

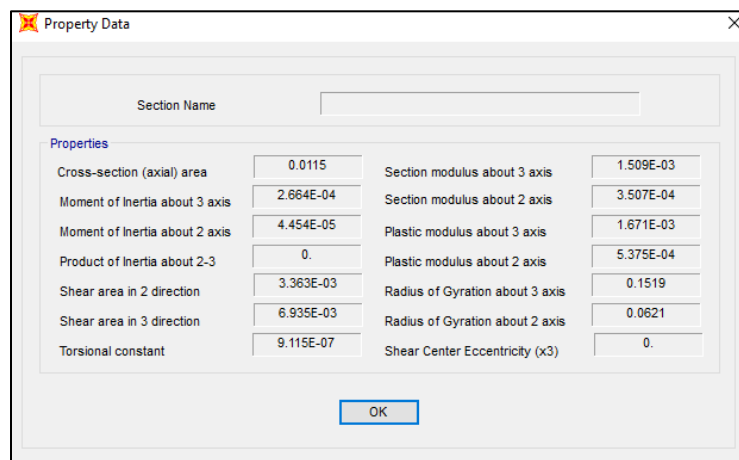


Figura 6 Radio de giro mínimo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Radio de giro - Relación de esbeltez

ELEMENTO	LONGITUD (m)	R.E.	R.G. (m)	PERFIL	R.G. MIN (m)
VIGA	11.4	200	0.057	W14X61	0.0621
COLUMNA	7	200	0.035	W14X61	0.0621
ARRIOSTRAMINETO	4.5	200	0.0225	2L 4X4X1/4	0.032
CORREA	2.7	200	0.0135	C8X18.7	0.0152
A. DE TECHO	4.5	200	0.023	L4X4X1/4	0.0316

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.1 Modelo de la estructura en SAP2000

Para el análisis estructural se usa el programa SAP2000. Se definen unidades a los que se les asigna propiedades del acero como:

- $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de Poisson (μ) = 0.3
- Peso específico del acero: 7850 Kgf/m³

Estructura tridimensional

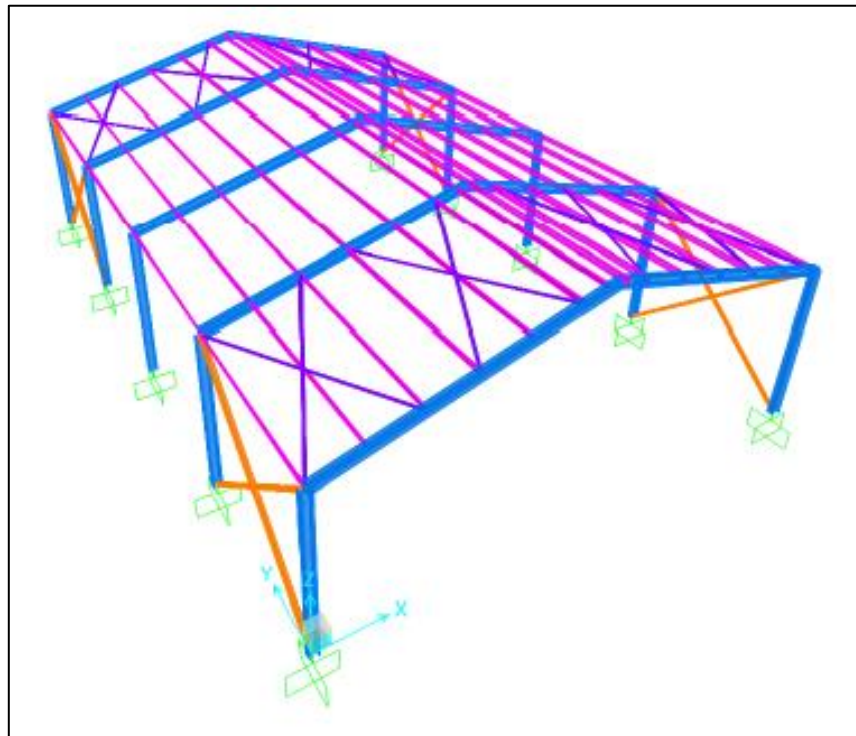


Figura 7 Estructura Tridimensional

Fuente: Elaboración propia

Vistas

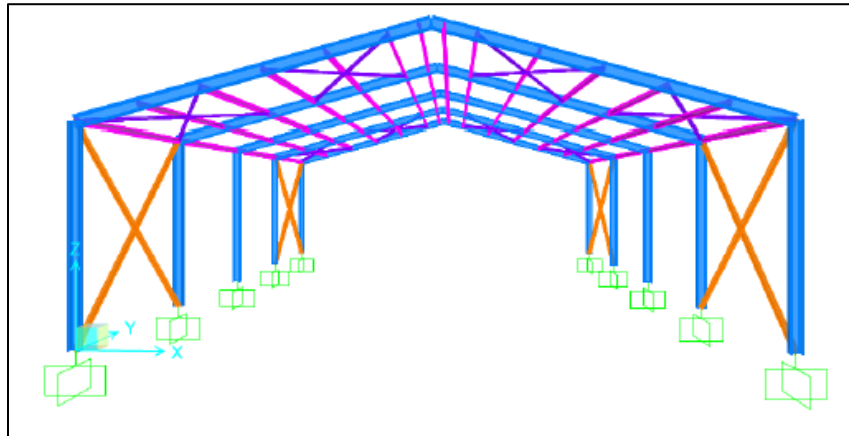


Figura 8 Vista frontal

Fuente: Elaboración propia

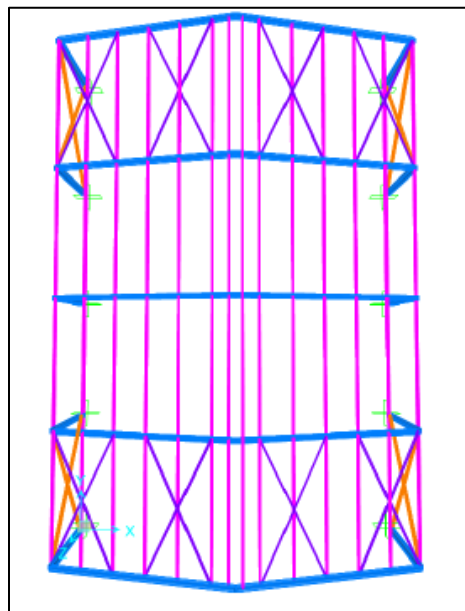


Figura 9 Vista de planta

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.2 Definición de materiales

Se ingresa al software las propiedades del acero estructural ASTM A36 antes mencionados y aprobadas por el AISC

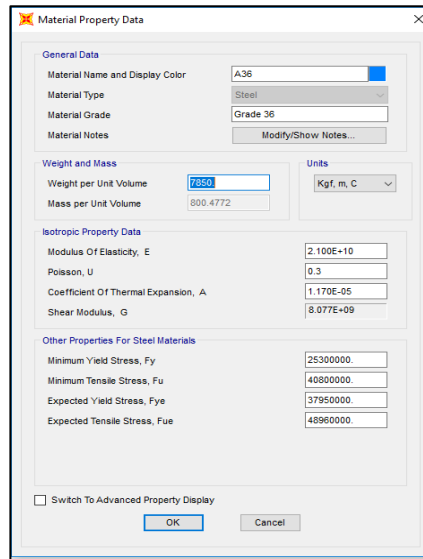


Figura 10 Definición de material

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.3 Definición de secciones

En este punto definimos las secciones del perfil de acero, tomamos como ejemplo el perfil de la viga W14x61

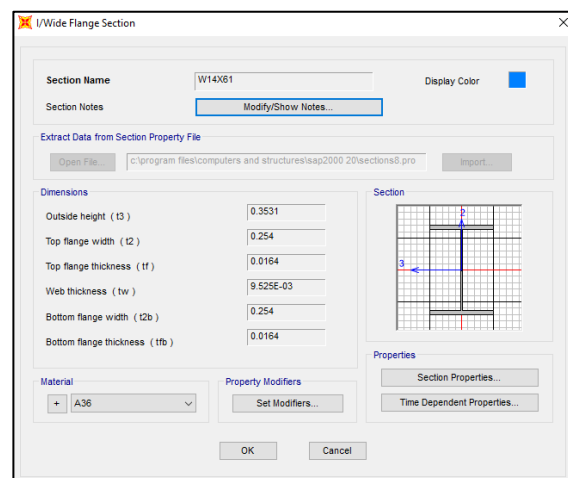


Figura 11 Definición de sección

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.4 Definición de combinaciones

En esta ventana definimos las combinaciones de cargas para el cálculo, combinaciones vito en el punto 2.2.8.1.7 de la E.020

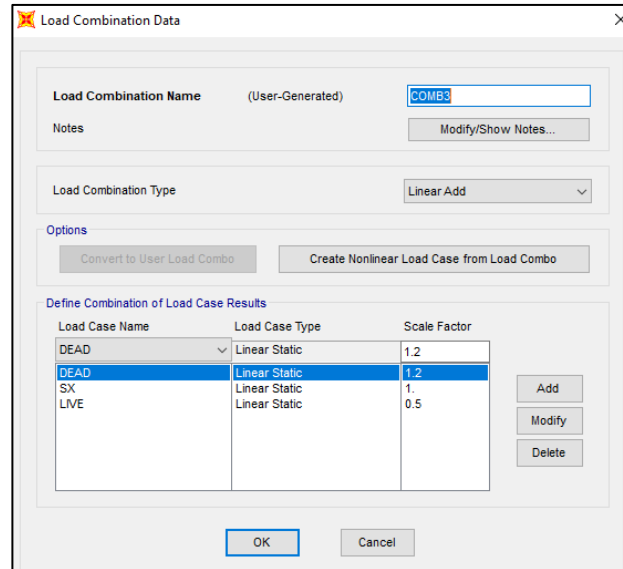


Figura 12 Formulación de combos

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.5 Definición de restricción

Definimos la restricción que existe en los apoyos de la estructura, en nuestro caso son apoyos empotrados

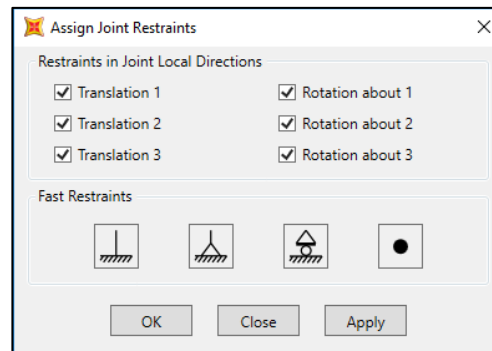


Figura 13 Restricción

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.6 Selección de las normas

Se selecciona las normas aplicables que en este caso AISC – LRFD93, estas normas son reconocidas por la E.090 nacional

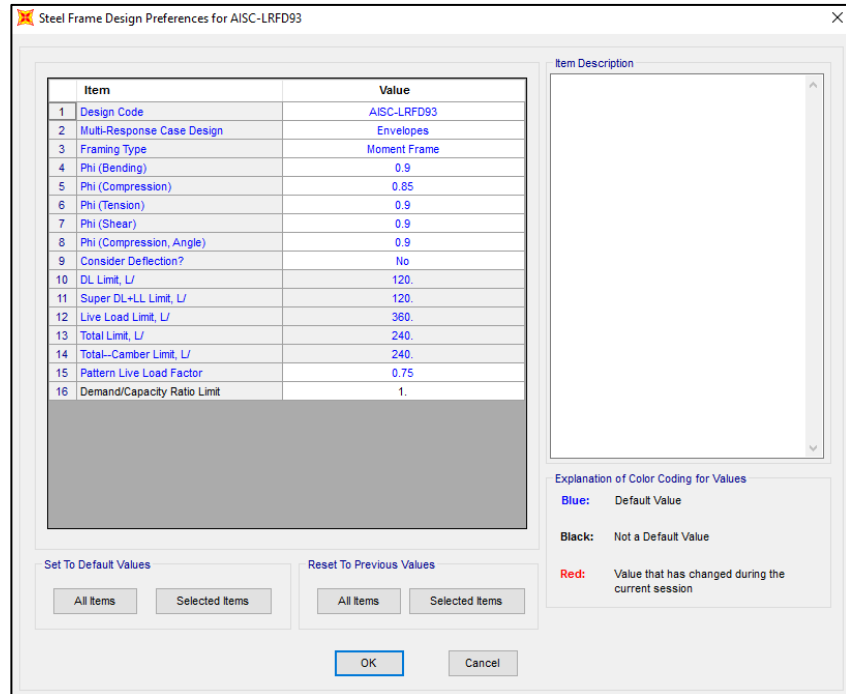


Figura 14 Selección de Normas

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.7 Asignación de perfiles en el diseño estructural

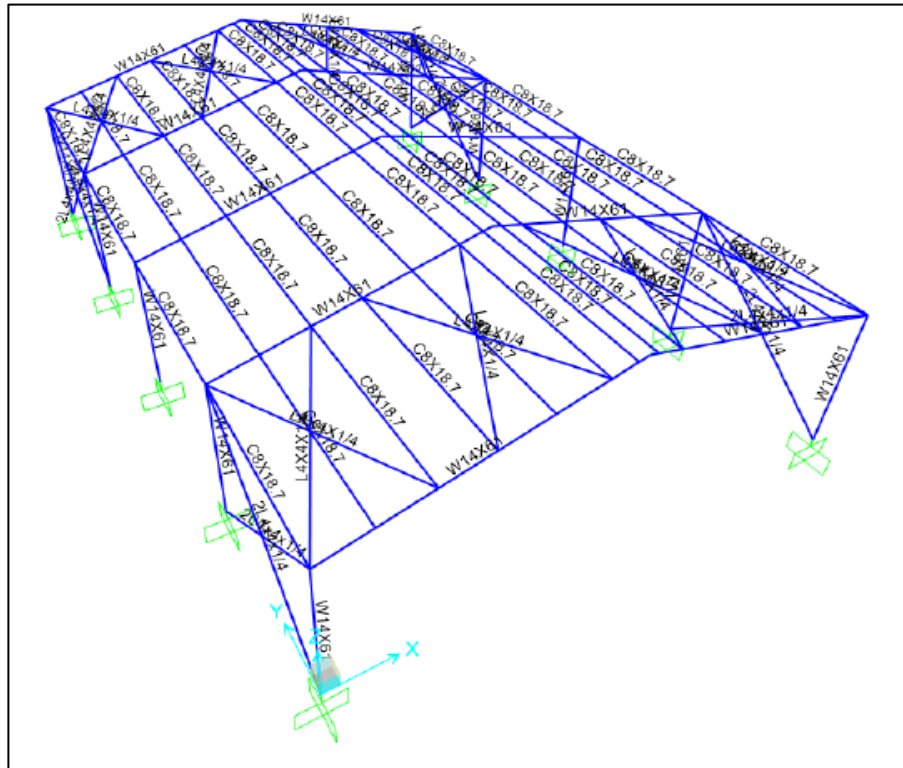


Figura 15 Asignación de perfiles

Fuente: Elaboración propia

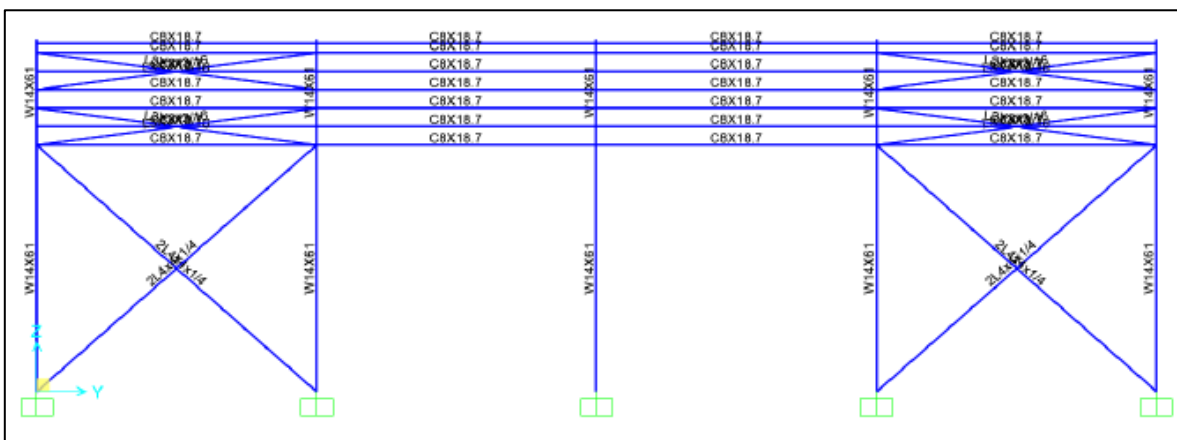


Figura 16 Asignación de perfiles - Vista lateral

Fuente: Elaboración propia

3.1.7. Análisis de cargas que efectúan sobre la estructura

3.1.7.1 Selección de elementos y normatividad

La resistencia requerida de los elementos y sus conexiones fueron determinadas mediante un análisis elástico - lineal teniendo en cuenta las cargas que actúan sobre la estructura definidas anteriormente y con las combinaciones de carga correspondientes.

3.1.7.1.1 Asignación de cargas (en kg)

Vemos las direcciones de las cargas que soporta la estructura y los efectos de estos

- Cargas muertas y vivas

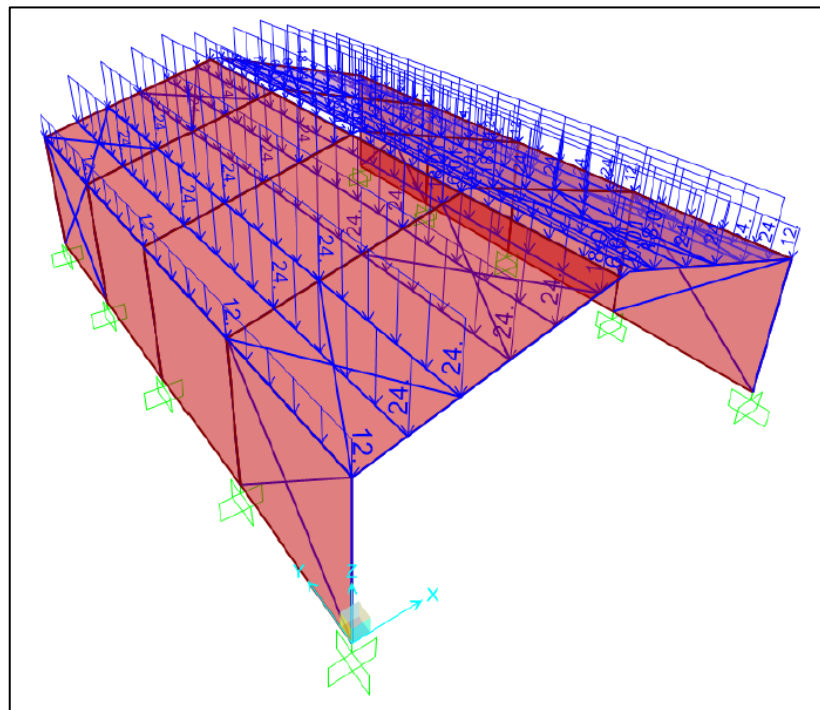


Figura 17 Asignación de cargas muertas

Fuente: Elaboración propia

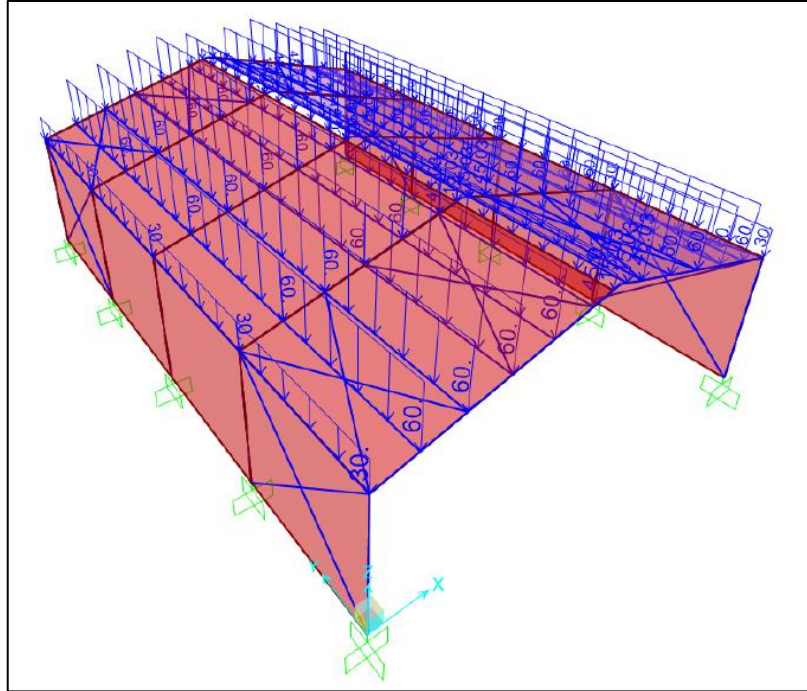


Figura 18 Asignación de cargas vivas

Fuente: Elaboración propia

- **Carga de viento (en kg)**

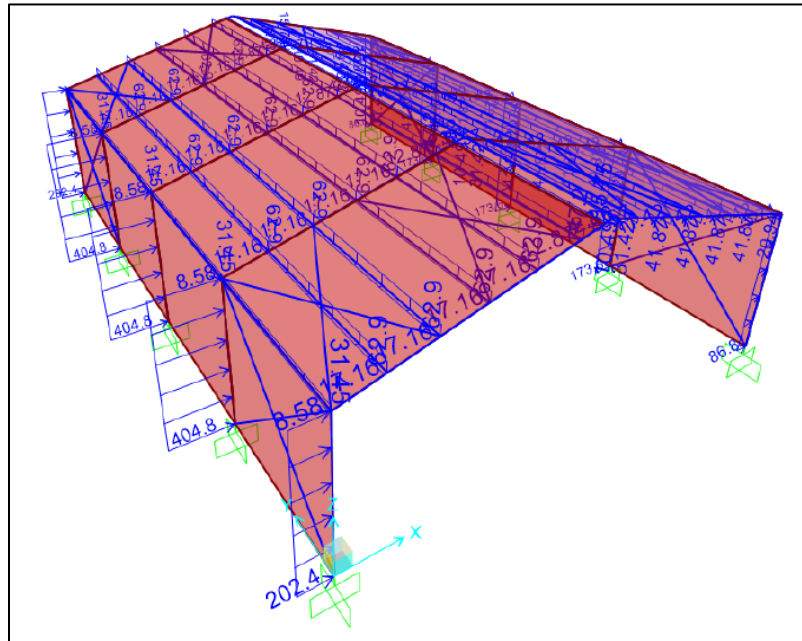


Figura 19 Asignación de carga de viento

Fuente: Elaboración propia

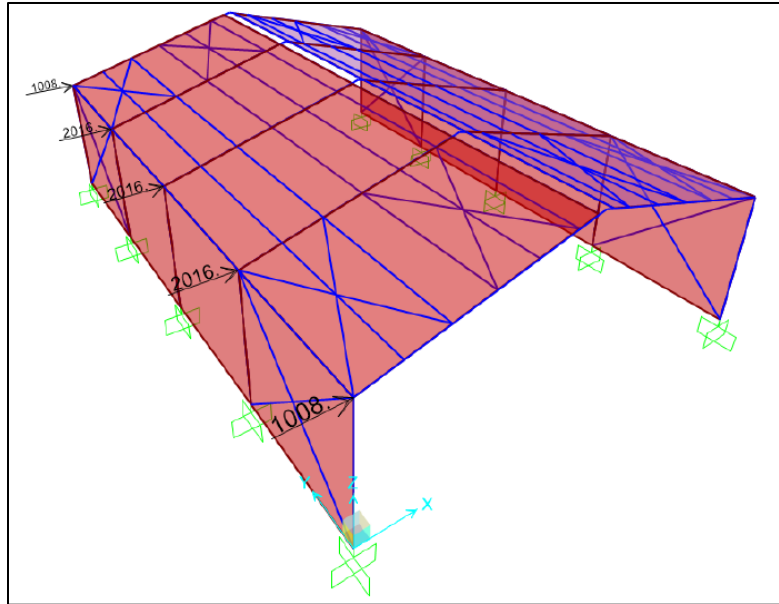


Figura 20 Asignación de carga de sismo – Sx

Fuente: Elaboración propia

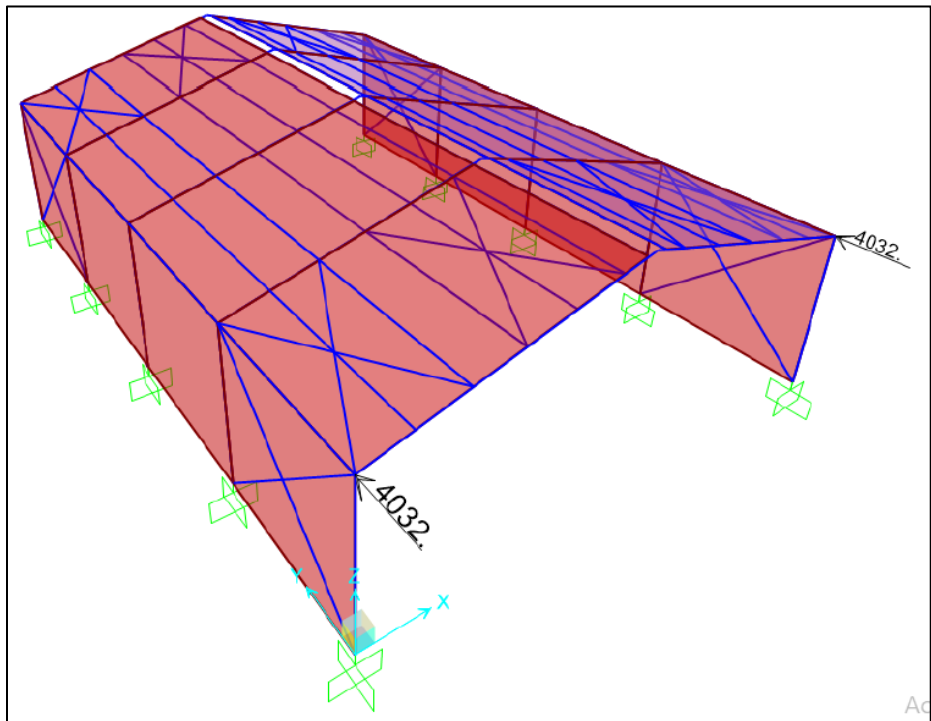


Figura 21 Asignación de carga de sismo – Sy

Fuente: Elaboración propia

3.1.7.2 Resultados del análisis estructural

Vemos el desplazamiento (mm), resultado de las cargas ejercidas en la estructura

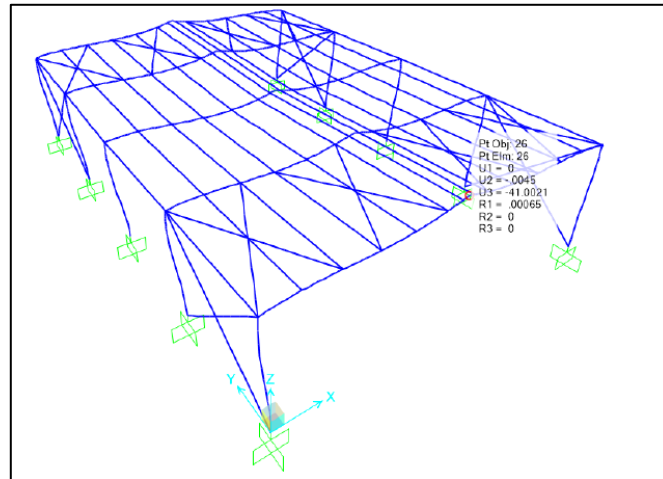


Figura 22 Desplazamiento en el eje Z

Fuente: Elaboración propia

Joint Object		26	Joint Element		26
	1	2	3		
Trans	0.	-0.00448	-41.00209		
Rotn	6.546E-04	0.	0.		

Figura 23 Datos del desplazamiento en el eje Z

Fuente: Elaboración propia

Lo visto en el punto 2.2.4.1 el desplazamiento para la Comb Desp = carga muerta + viva

$$\delta_{\max} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{22000}{360} \rightarrow \frac{22000}{360} = 61.1$$

$\delta_{\max} = 61.1$ Max Deflexión permitida

Mientras $d_z = 41.00$

Por lo tanto: se verifica que $d_z < \delta_{\max}$ **(Si cumple)**

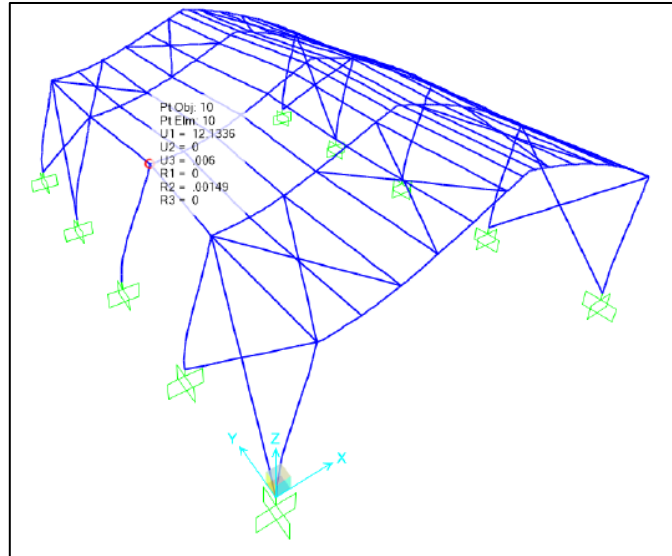


Figura 24 Desplazamiento de sismo – Sx

Fuente: Elaboración propia

Joint Displacements			
Joint Object	10	Joint Element	10
Trans	12.13357	2	0.
Rotn	0.	3	0.00599
			0.

Figura 25 Datos del desplazamiento del sismo – Sx

Fuente: Elaboración propia

Observamos que el mayor desplazamiento por Sx es igual a 12.13 mm.

Según la Norma E.030 (análisis sísmico) visto en el punto 2.2.8.3.1, el desplazamiento por sismo debe ser amplificado por $0.75R$, siendo $R = 6$. $\rightarrow 0.75R = 4.5$

Desplazamiento amplificado = $4.5 \times 12.13 = 54.59$ mm.

Deriva máxima según norma = 0.01

Calculando deriva:

Deriva = $(54.59 - 0) / 7\,000$, 7 000 es la altura de las columnas de la nave industrial en mm.

Deriva = 0.0078 < 0.01, por lo tanto, estamos cumpliendo con lo indicado por la Norma. E.030

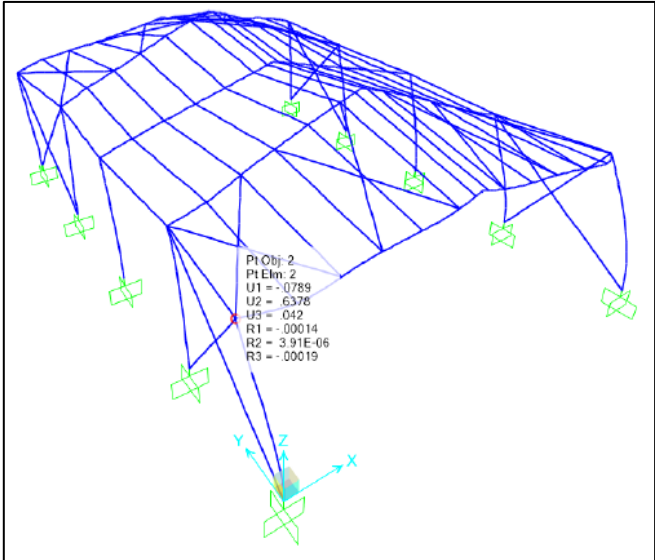


Figura 26 Desplazamiento de sismo – Sy
Fuente: Elaboración propia

Joint Displacements			
Joint Object	Joint Element		
2	1	2	3
Trans	-0.07892	0.63777	0.04203
Rotn	-1.363E-04	3.910E-06	-1.891E-04

Figura 27 datos del desplazamiento de sismo – Sy
Fuente: Elaboración propia

Observamos que el mayor desplazamiento por Sy es igual a 0.638 mm.

Según la Norma E.030 (análisis sísmico) visto en el punto 2.2.8.3.1, el desplazamiento por sismo debe ser amplificado por 0.75R, siendo R=6.

$$0.75R = 4.5$$

$$\text{Desplazamiento amplificado} = 4.5 \times 0.64 = 2.88 \text{ mm.}$$

Deriva máxima según norma = 0.01

Calculando deriva:

Deriva = $(2.88 - 0) / 7000$, 7000 es la altura de las columnas de la nave industrial en mm.

Deriva = 0.00041 < 0.01, por lo tanto, estamos cumpliendo con lo indicado por la Norma. E.030

Combo predominante: Comb. 02

Fuerza axial: kg

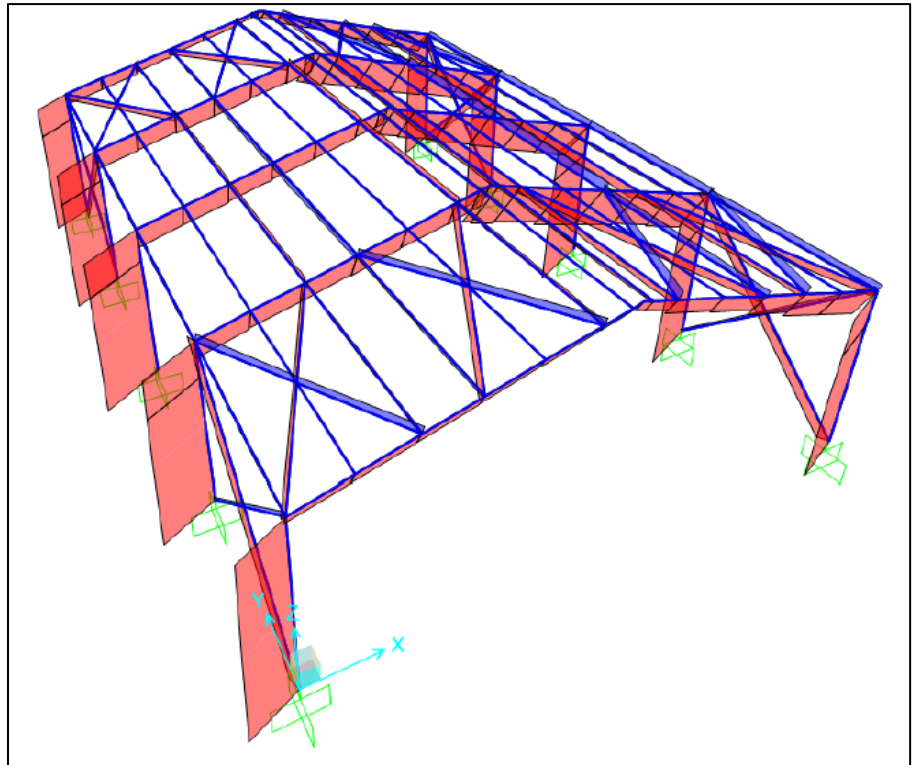


Figura 28 Vista de las fuerzas axiales - Combo 2

Fuente: Elaboración propia

3.1.7.3 Verificación de esfuerzos: se verifica por la combinación

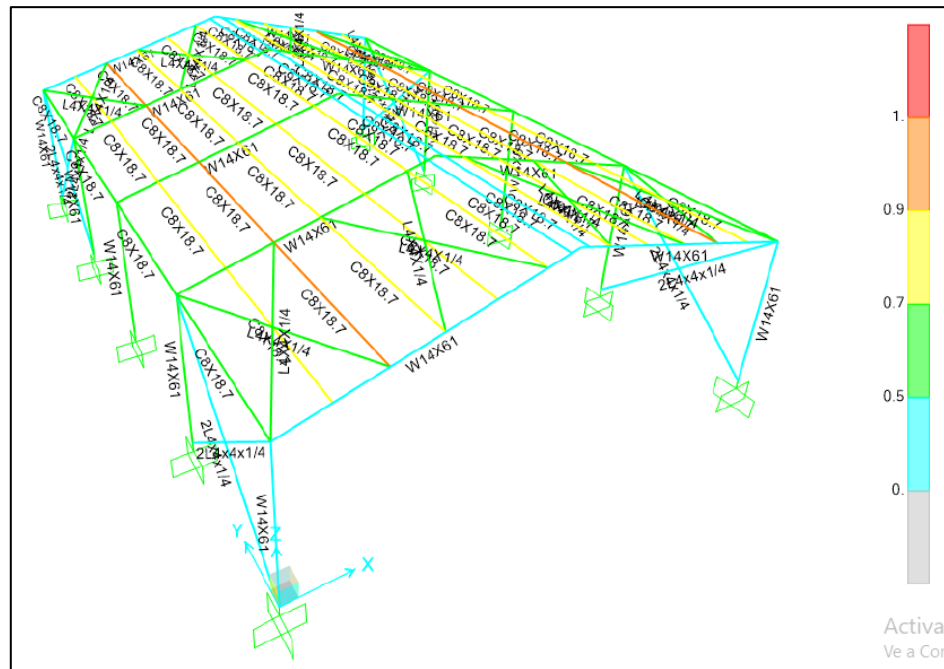


Figura 29 Resultado de los esfuerzos aplicados a la estructura

Fuente: Elaboración propia

$$\delta = \frac{\text{Esfuerzo actuante}}{\text{Esfuerzo admisible}}$$

Para las combinaciones mostradas en 3.1.5.3, se evalúa la estructura, para el diseño más desfavorable, muestra la relación Esfuerzo actuante/Esfuerzo admisible de los elementos mostrados, se observa que en todos los elementos la relación es menor a 1, si bien hay elementos con ratio aproximados a 1, no son resultados determinantes para no pasar el diseño.

por lo tanto, se puede asumir un diseño óptimo. Los elementos utilizados para el análisis de la estructura son los correctos.

3.1.7.3.1 Diseño de perfiles a utilizar:

Columna

Diseño de perfil utilizado con mayor Ratio: 0.645 (W14X61).

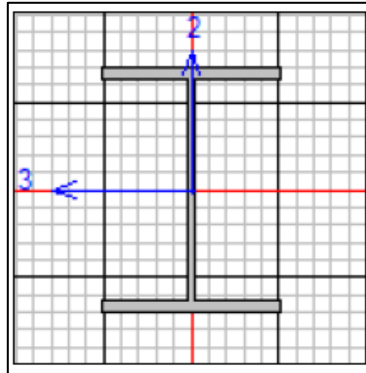


Figura 30 Sección de columna

Fuente: Elaboración propia

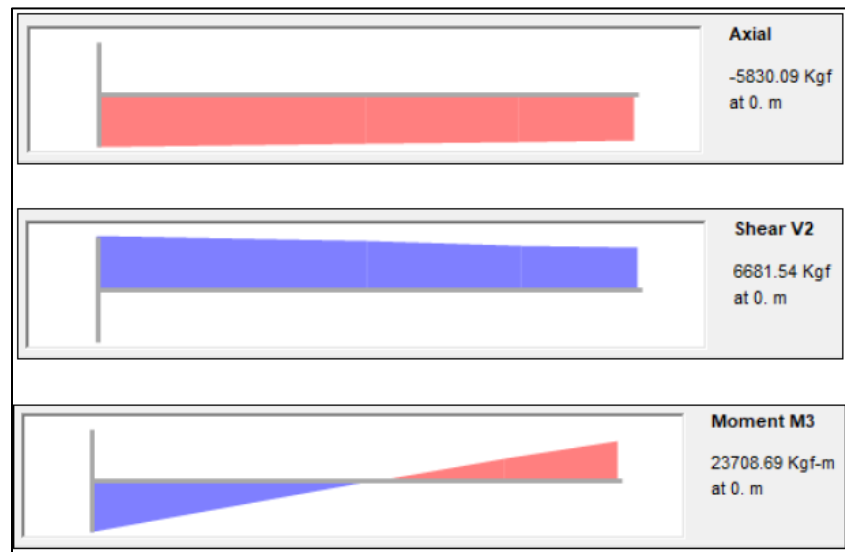


Figura 31 Resultado de esfuerzo axial, cortante, momento. En columna

Fuente: Elaboración propia

```

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : COMB5
Units : Kgf, m, C

Frame : 6          Design Sect: W14X61
X Mid : 22.000     Design Type: Column
Y Mid : 16.000     Frame Type : Ordinary Moment Frame
Z Mid : 3.500      Sect Class : Compact
Length : 7.000     Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000        RLLF : 1.000

Area : 0.012       SMajor : 0.002          rMajor : 0.152          AVMajor: 0.003
IMajor : 2.664E-04 SMinor : 3.507E-04         rMinor : 0.062          AVMinor: 0.007
IMinor : 4.454E-05 ZMajor : 0.002          E : 21000000000
Ixy : 0.000        ZMinor : 5.375E-04        Fy : 253000000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
0.000 -5830.088 23708.694 0.000 6681.545 0.000 0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing Total P MMajor MMinor Ratio Status
Equation Ratio Ratio Ratio Ratio Limit Check
(H1-1b) 0.645 = 0.022 + 0.623 + 0.000 1.000 OK

AXIAL FORCE DESIGN
Pu phi*Pnc phi*Pnc
Force Capacity Capacity
Axial -5830.088 129756.653 262956.243

MOMENT DESIGN
Mu phi*Mn Cm El B2 K L Cb
Moment Capacity Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment 23708.694 38059.612 0.850 1.000 1.000 1.000 1.000 2.300
Minor Moment 0.000 11977.584 1.000 1.032 1.000 1.000 1.000

SHEAR DESIGN
Vu phi*Vn Stress Status Tu
Force Capacity Ratio Check Torsion
Major Shear 6681.545 45943.893 0.145 OK 0.000
Minor Shear 0.000 94752.391 0.000 OK 0.000

```

Figura 32 Resultado de mayor ratio en columna

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Resultado de mayor ratio en columna

AISSC-LEFD93 STEEL SECTION CHECK					
COMBO:	Comb 5				
UNITS:	kgf, m, C				
Perfil	6	Secc. Diseño		W14x61	
Longitud	7	Clase de sección		compacto	
Área	0.012	Fy		25300000	
		E		2100000	
Fuerza de control de estrés y momento					
Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
-5830.088	23708.694	0.000	6681.545	0.000	0.000
Fuerza axial de diseño					
Fuerza Pu	φPnc Capacidad	φPnt capacidad	φc	φt	
-5830.088	129758.653	262956.243	0.85	0.9	
Momento de diseño			Corte de diseño		
	Momento Mu	φMn Capacidad		Fuerza Vu	φVn Capacidad
Mayor Momento	23708.694	38059.612	Mayor Corte	6681.545	45943.893
Menor momento	0.000	11977.584	Menor Corte	0.000	94752.391
Capacidad de Ratio		0.645			

Fuente. Elaboración propia

Para comprobar el ratio obtenido se usa las fórmulas que aparecen en el punto 2.2.8.4.6

$$\text{Para } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \rightarrow \frac{5830.088}{129758.653} < 0.2 \rightarrow 0.0449 < 0.2; \text{ si cumple,}$$

por lo tanto:

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{5830.088}{2 \times 129758.653} + \left(\frac{0}{11977.584} + \frac{23708.694}{38059.312} \right) \leq 1.0 \rightarrow 0.645 \leq 1.0;$$

si cumple

Por lo tanto, se puede decir que la relación entre esfuerzo actuante y esfuerzo admisible (Ratio) es admisible

Viga pórtico

Diseño de perfil utilizado con mayor Ratio: 0.630 (W14X61).
(ver resultado de mayor ratio en Anexo 3)

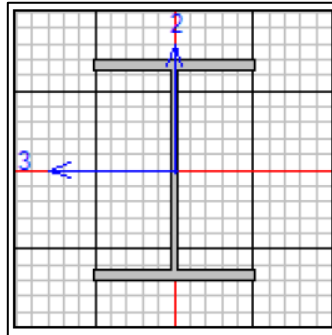


Figura 33 Sección de viga
Fuente: Elaboración propia

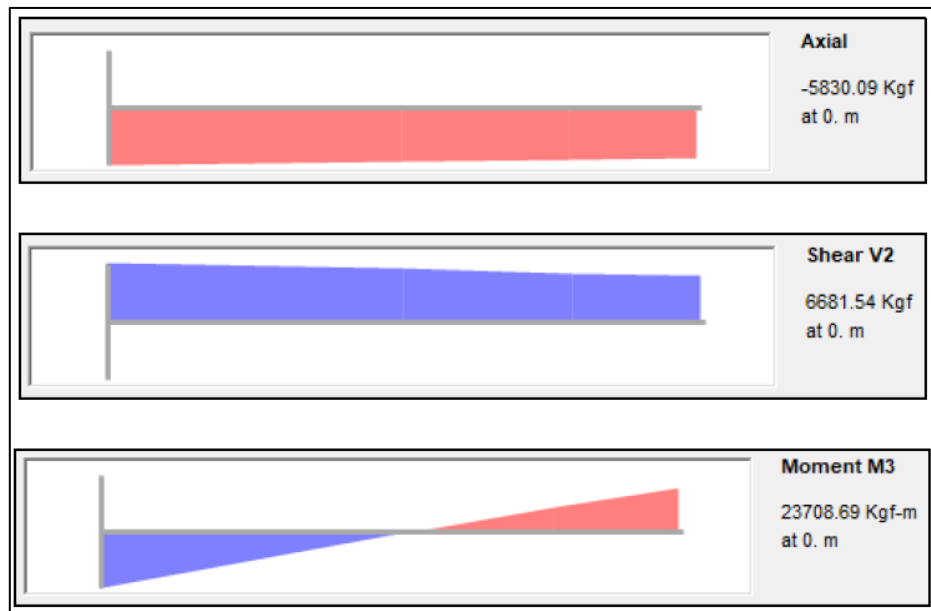


Figura 34 Resultado de esfuerzo axial, cortante, momento. En viga
Fuente: Elaboración propia

Correas

Diseño de perfil utilizado con mayor Ratio: 0.939 (C8X18.7)
(ver resultado de mayor ratio en Anexo 4)

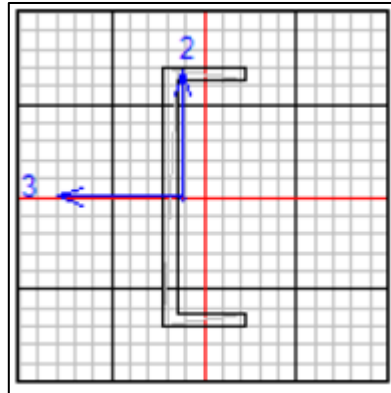


Figura 35 Sección de correas

Fuente: Elaboración propia

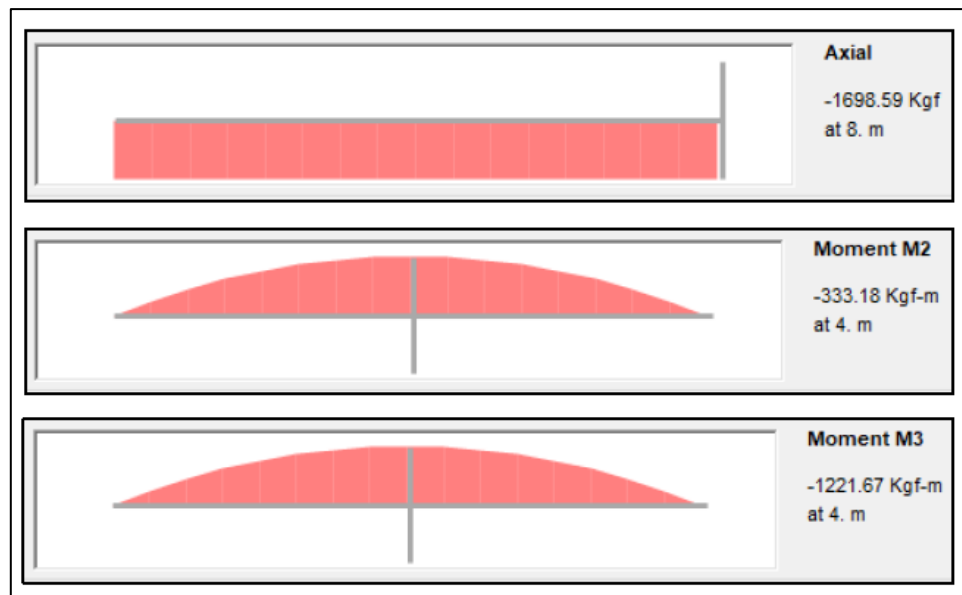


Figura 36 Resultado de esfuerzos

Fuente: Elaboración propia

Arriostres laterales

Diseño de perfil utilizado con mayor Ratio: 0.300 (2L4"X4"X1/4")

(ver resultado de mayor ratio en Anexo 5)



Figura 37 Sección de arriostres laterales

Fuente: Elaboración propia

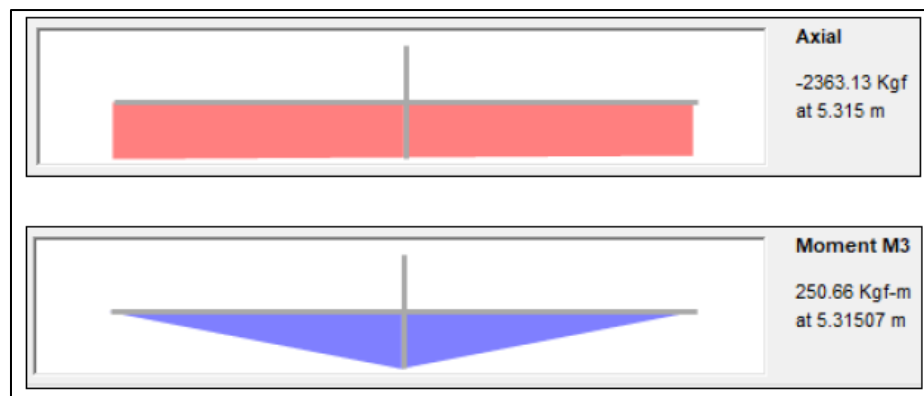


Figura 38 Resultado de esfuerzos

Fuente: Elaboración propia

Arriostres de techo

Diseño de perfil utilizado con mayor Ratio: 0.522 (L4"X4"X1/4")
(ver resultado de mayor ratio en Anexo 6)

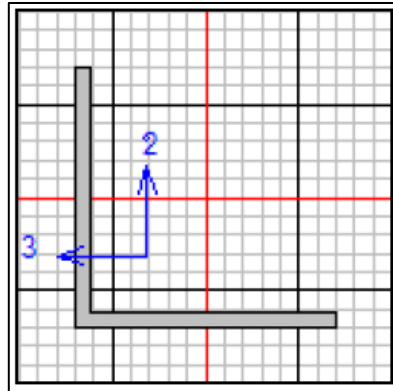


Figura 39 Sección de arriostres de techo

Fuente: Elaboración propia

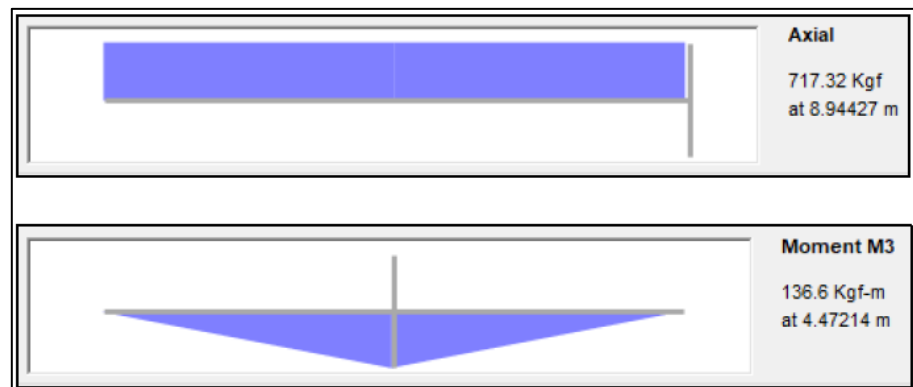


Figura 40 Resultado de esfuerzos

Fuente: Elaboración propia

(Ver el resultado de ratios de los demás perfiles en el Anexo 7)

Alineadores

Diseño de perfil utilizado con mayor Ratio: 0.80 (Liso 1/2")

Luz del pórtico	22	m
Altura de la cumbrera	3	m
Inclinación del techo	15.25	
Separación entre correas	2	m
Separación entre pórticos	8	
tirantes / correa	2	

Material: ASTM A36

ϕ	= 0.50in Diámetro de los tirantes
N	= 7 Número de correas enlazadas
Fy	= 2530 Kg/cm ² Tensión cedente
Fu	= 4080 Kg/cm ² Resistencia última
Rt	= 262.61 Kgf
Ru	= 1838.27 Kgf
Ab	= 0.997 cm ²
Rn	= 3052.214343 Kgf
ϕ	= 0.75
$\phi.Rn$	= 2289.160757 Kgf

Ratio= 0.80 CUMPLE

3.2. Resultados

Habiendo realizado los cálculos y análisis para el diseño de la estructura, aplicando las cargas según RNE del AISC-LRFD. Se obtuvo que el diseño de estructura metálica es óptimo bajo las normas del RNE

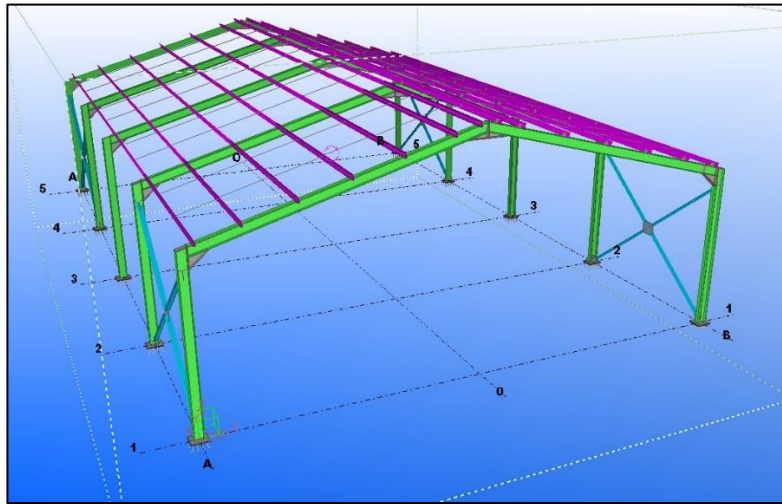


Figura 41 Estructura de una nave industrial tipo galpón

Elaboración propia

Con las siguientes características

- Altura total: 10m
- Longitud: 32m
- Ancho: 22m
- Altura de la columna: 7m
- Angulo de pendiente: 15°
- Distancia entre pórticos: 8m
- Numero de pórticos: 5

Con material de acero estructural para su diseño

Tabla 23

Perfiles de acero estructural

			Propiedades mecánicas			
	ELEMENTO ESTRUCTURAL	DESCRIPCION	Fy Esfuerzo de Fluencia	Fu Esfuerzo de Ruptura	Normas	Observaciones
Arriostres laterales	2 L4"X4"X1/4"	Perfil de acero estructural	2530 Kg/cm ²	4080 Kg/cm ²	AST M A36	Medidas de acuerdo a planos
Correas	C8X18.7	Perfil de acero estructural	2531 Kg/cm ²	4080 Kg/cm ²	AST M A36	Medidas de acuerdo a planos
Columna/Viga	W14X61	Perfil de acero estructural	2532 Kg/cm ²	4080 Kg/cm ²	AST M A36	Medidas de acuerdo a planos
Arriostres de techo	L4"X4"X1/4"	Perfil de acero estructural	2533 Kg/cm ²	4080 Kg/cm ²	AST M A36	Medidas de acuerdo a planos

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se diseñó la tipología de la estructura en base a las normas del RNE, respetando la zona geográfica de vientos, zona de sismos y perfiles de suelo estipulados en los capítulos E.020 y E.030
- Se concluyó que la selección de los perfiles serán de acero estructural tipo ASTM A36, puesto soporta las combinaciones de cargas eficientemente para este diseño respetando los parámetros de diseño según norma E.090-RNE.
- Para el análisis de las cargas de nuestra estructura metálica se usó el programa SAP2000 que simula los efectos de las cargas que tiene sobre la estructura y nos da una mejor perspectiva del diseño.
- Para el análisis sísmico se usó el método de análisis estático o fuerzas estáticas equivalentes visto en el punto 2.2.8.2.10 de la E.030
- Se usó el método LRFD planteado por la AISC y reconocido por la RNE.

RECOMENDACIONES

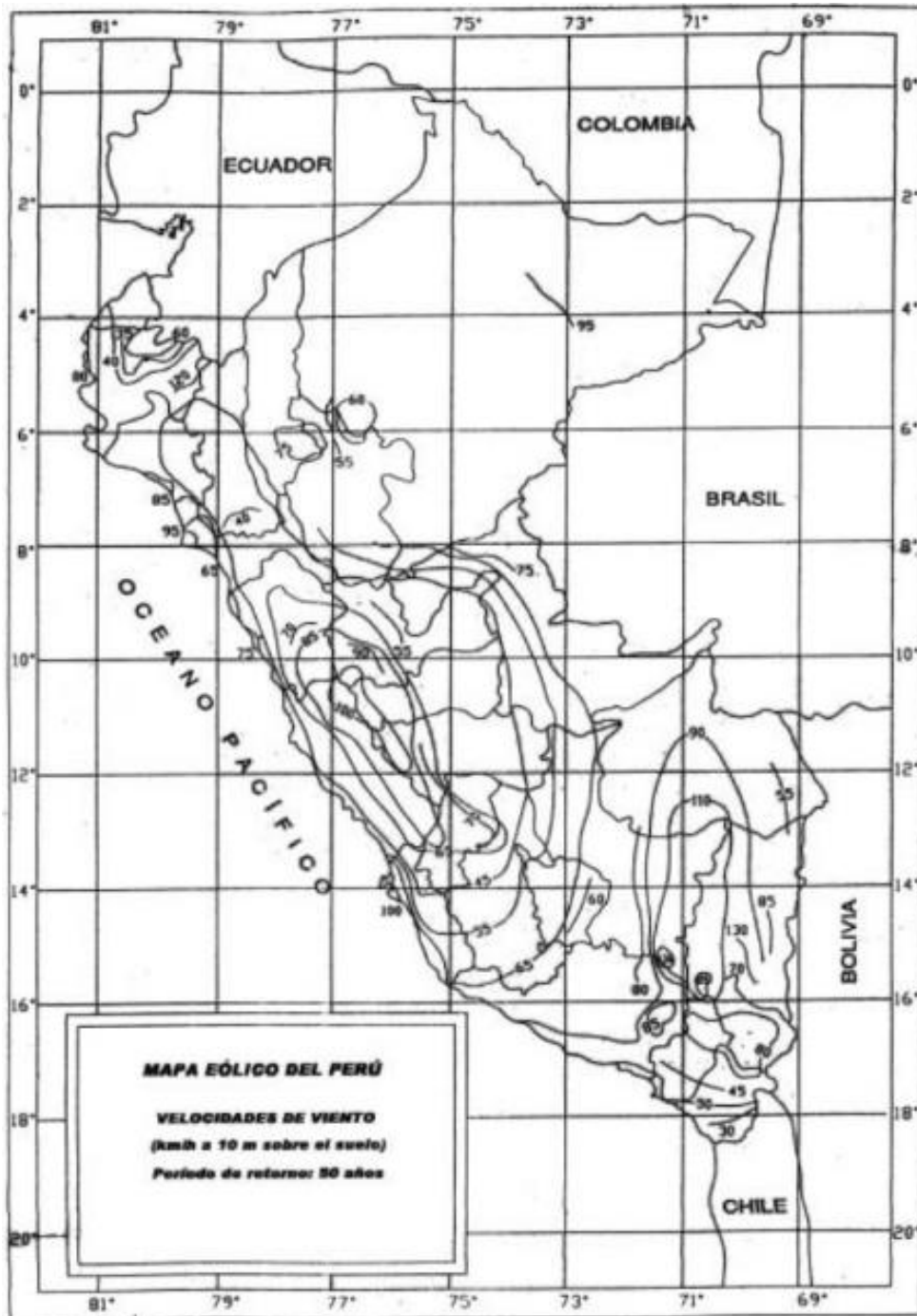
- Se recomienda realizar este tipo de diseños estructurales bajo las normas nacionales RNE ya que de esta forma garantizamos un resultado óptimo y resistente al tipo de zona en el cual se desarrolle
- Se recomienda hacer uso de software como SAP2000 o similares que ayude a visualizar las simulaciones de las cargas en la elaboración del proyecto.
- Se recomiendo a el uso del acero estructural ASTM A36 ya que posee características favorables para la construcción de naves industrial.
- Se recomienda proteger la estructura metálica con pintura base anticorrosivo epóxico 6mils y pintura acabado esmalte epóxico 2mils, para evitar el deterioro por óxido

BIBLIOGRAFÍA

- AHMSA, A. h. (2013). *Manual de diseño para la construcción con acero*. Distrito federal, Mexico.
- AISC. (2016). *Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago, Illinois.
- Arquitectura, D. e. (2005). *Diez*, G. Bueno Aires, Argentina: Nobuko.
- Callister, W. (2007). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Barcelona, España: Reverté S.A.
- Cervera, M. B. (2001). *Mecánica de estructuras - resistencias de los materiales*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Hibbeler, R. C. (2006). *Mecánica de materiales*. México: Pearson Educación.
- Leyensetter, A. (2006). *Tecnología de los oficios metalúrgicos*. Barcelona, España: Reverté S.A.
- Marcos, C. (2014). *Soldadura con electrodos revestidos de chapas y perfiles de acero al carbono con electrodos de rutilo*. Madrid. España: Ediciones Paraninfo S.A.
- McCormac, J. C. (2013). *Diseño de estructuras de acero*. D. F., Mexico: Alfaomega.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima, Perú: Fondo editorial ICG.
- Morral, F. R. (2004). *Metalurgia general*. Barcelona, España: Reverté S.A.
- Ramírez, J. (2006). *Construcción y prefabricación de elementos de concreto reforzado para naves industriales*. Puebla, Mexico.
- Valencia, G. (2006). *Estructuras de acero - Introducción al Diseño*. Bogota, Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.
- Zapata, L. (1997). *Diseño estructural en acero*. Lima, Perú: s.n.

ANEXOS

ANEXO 1
Mapa eólico del Perú



ANEXO 2

Zonificación sísmica en el departamento de Lima

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	LIMA	ANCÓN	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ATE		
		BARRANCO		
		BREÑA		
		CARABAYLLO		
		CHACLACAYO		
		CHORRILLOS		
		CIENEGUILLA		
		COMAS		
		EL AGUSTINO		
		INDEPENDENCIA		
		JESÚS MARÍA		
		LA MOLINA		
		LA VICTORIA		
		LIMA		
		LINCE		
		LOS OLIVOS		
		LURIGANCHO-CHOSICA		
		LURIN		
		MAGDALENA DEL MAR		
		MIRAFLORES		
		PACHACÁMAC		
		PUCUSANA		
		PUEBLO LIBRE		
		PUENTE PIEDRA		
		PUNTA HERMOSA		
		PUNTA NEGRA		
		RÍMAC		
		SAN BARTOLO		
		SAN BORJA		
		SAN ISIDRO		
		SAN JUAN DE LURIGANCHO		
		SAN JUAN DE MIRAFLORES		
		SAN LUIS		
		SAN MARTÍN DE PORRES		
		SAN MIGUEL		
		SANTA ANITA		
		SANTA MARÍA DEL MAR		
		SANTA ROSA		
		SANTIAGO DE SURCO		
SURQUILLO				
VILLA EL SALVADOR				
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO				

ANEXO 3
Resultado de mayor Ratio en Viga pórtico

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK								
Combo : COMB2								
Units : KgF, m, C								
Frame : 19	Design Sect: W14X61							
X Mid : 5.500	Design Type: Brace							
Y Mid : 16.000	Frame Type : Ordinary Moment Frame							
Z Mid : 8.500	Sect Class : Compact							
Length : 11.402	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3							
Loc : 0.000	RLLF : 1.000							
Area : 0.012	SMajor : 0.002	rMajor : 0.152	AVMajor: 0.003					
IMajor : 2.664E-04	SMinor : 3.507E-04	rMinor : 0.062	AVMinor: 0.007					
IMinor : 4.454E-05	ZMajor : 0.002	E : 21000000000						
Ixy : 0.000	ZMinor : 5.375E-04	Fy : 25300000.000						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu		
0.000	-7336.318	-21346.934	0.000	-6126.123	0.000	0.000		
BMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
(H1-1b)	0.630	- 0.069	+ 0.561	+ 0.000	1.000	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	-7336.318	52931.335	262956.243					
MOMENT DESIGN								
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-21346.934	38059.612	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	2.222
Minor Moment	0.000	11977.584	1.000	1.115	1.000	1.000	1.000	
SHEAR DESIGN								
	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion			
Major Shear	6126.123	45943.893	0.133	OK	0.000			
Minor Shear	0.000	94752.391	0.000	OK	0.000			

ANEXO 4
Resultado de mayor Ratio en correas

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK								
Combo : COMB2								
Units : KgF, m, C								
Frame : 12	Design Sect: C6X18.7							
X Mid : 3.959	Design Type: Beam							
Y Mid : 12.000	Frame Type : Ordinary Moment Frame							
Z Mid : 8.052	Sect Class : Compact							
Length : 8.000	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3							
Loc : 4.000	RLLF : 1.000							
Area : 0.004	SMajor : 1.798E-04	rMajor : 0.072	AVMajor: 0.003					
IMajor : 1.827E-05	SMinor : 1.643E-05	rMinor : 0.015	AVMinor: 0.001					
IMinor : 0.000	2Major : 2.278E-04	E : 21000000000						
Ixy : 0.000	2Minor : 3.556E-05	Fy : 25300000.000						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Fu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu		
4.000	-1698.586	-1221.673	-333.183	0.000	0.000	0.215		
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation (H1-lb)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
	0.939	= 0.048	+ 0.298	+ 0.594	1.000	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Fu Force	phi*PnC Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	-1698.586	17851.315	80943.519					
MOMENT DESIGN								
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-1257.777	4221.271	1.000	1.030	1.000	1.000	1.000	1.015
Minor Moment	-333.183	561.124	0.850	1.000	1.000	1.000	0.333	
SHEAR DESIGN								
	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion			
Major Shear	0.000	34340.029	0.000	OK	0.000			
Minor Shear	0.000	17393.895	0.000	OK	0.000			

ANEXO 5

Resultado de mayor Ratio en arriostres laterales

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK								
Combo : COMB9								
Units : Kgf, m, C								
Frame : 67	Design Sect: 2L4x4x1/4							
X Mid : -2.981E-05	Design Type: Brace							
Y Mid : 4.000	Frame Type : Ordinary Moment Frame							
Z Mid : 3.500	Sect Class : Slender							
Length : 10.630	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3							
Loc : 5.315	RLLF : 1.000							
Area : 0.003	SMajor : 3.425E-05	rMajor : 0.032	AVMajor: 0.001					
IMajor : 2.531E-06	SMinor : 4.380E-05	rMinor : 0.042	AVMinor: 0.001					
IMinor : 4.450E-06	ZMajor : 6.178E-05	E : 21000000000						
Ixy : 0.000	ZMinor : 6.930E-05	Fy : 25300000.000						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu		
5.315	-2363.131	250.662	0.000	0.000	0.000	0.000		
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
(H1-lb)	0.300	= 0.085	+ 0.214	+ 0.000	1.000	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	-2363.131	13840.684	56998.339					
MOMENT DESIGN								
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	250.662	1169.770	0.850	1.000	1.000	1.000	0.500	1.181
Minor Moment	0.000	997.386	1.000	1.135	1.000	1.000	0.640	
SHEAR DESIGN								
	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion			
Major Shear	0.000	17628.352	0.000	OK	0.000			
Minor Shear	0.000	17628.352	0.000	OK	0.000			

ANEXO 6

Resultado de mayor Ratio en arriostres de techo

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK								
Combo : COMB1								
Units : Kgf, m, C								
Frame : 11	Design Sect: L4X4X1/4							
X Mid : 1.929	Design Type: Brace							
Y Mid : 4.000	Frame Type : Ordinary Moment Frame							
Z Mid : 7.526	Sect Class : Slender							
Length : 8.944	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3							
Loc : 4.472	RLLF : 1.000							
Area : 0.001	SMajor : 1.684E-05	rMajor : 0.032	AVMajor:					
6.452E-04								
IMajor : 1.249E-06	SMInor : 1.684E-05	rMinor : 0.032	AVMinor:					
6.452E-04								
IMInor : 1.249E-06	ZMajor : 2.982E-05	rMax : 0.040	E :					
21000000000								
Ixy : 0.000	ZMinor : 2.982E-05	rMin : 0.020	Fy :					
25300000.000								
Theta : 45.000								
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Fu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu		
4.472	710.084	136.596	0.000	0.000	0.000	0.000		
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation (SAM 6-1b)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
	0.522	= 0.012	+ 0.204	+ 0.306	1.000	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Fu Force	phi*Fnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	710.084	2463.446	28499.170					
MOMENT DESIGN								
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	96.888	474.627	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	1.000
Minor Moment	-96.588	315.783	1.000	1.000	1.000	1.000	0.640	
SHEAR DESIGN								
	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion			
Major Shear	0.000	8814.176	0.000	OK	0.000			
Minor Shear	0.000	8814.176	0.000	OK	0.000			

ANEXO 7

Resultado de ratio en todos los perfiles

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
1	W14X61	Column	No Messages	0.427966	PMM	COMB2
2	W14X61	Column	No Messages	0.491415	PMM	COMB5
3	W14X61	Column	No Messages	0.531771	PMM	COMB2
4	W14X61	Column	No Messages	0.535853	PMM	COMB5
5	W14X61	Column	No Messages	0.594048	PMM	COMB2
6	W14X61	Column	No Messages	0.645401	PMM	COMB5
7	W14X61	Column	No Messages	0.531771	PMM	COMB2
8	W14X61	Column	No Messages	0.535853	PMM	COMB5
9	W14X61	Column	No Messages	0.427966	PMM	COMB2
10	W14X61	Column	No Messages	0.491415	PMM	COMB5
19	W14X61	Brace	No Messages	0.630182	PMM	COMB2
22	W14X61	Brace	No Messages	0.630182	PMM	COMB2
23	W14X61	Brace	No Messages	0.571726	PMM	COMB2
29	W14X61	Brace	No Messages	0.571726	PMM	COMB2
47	W14X61	Brace	No Messages	0.571726	PMM	COMB2
53	W14X61	Brace	No Messages	0.571726	PMM	COMB2
59	W14X61	Brace	No Messages	0.447074	PMM	COMB2
65	W14X61	Brace	No Messages	0.447074	PMM	COMB2
134	C8X18.7	Beam	No Messages	0.541857	PMM	COMB2
135	C8X18.7	Beam	No Messages	0.543747	PMM	COMB2
136	C8X18.7	Beam	No Messages	0.543747	PMM	COMB2
137	C8X18.7	Beam	No Messages	0.541857	PMM	COMB2
138	C8X18.7	Beam	No Messages	0.541857	PMM	COMB2
139	C8X18.7	Beam	No Messages	0.543747	PMM	COMB2
140	C8X18.7	Beam	No Messages	0.543747	PMM	COMB2
141	C8X18.7	Beam	No Messages	0.541857	PMM	COMB2
142	C8X18.7	Beam	No Messages	0.89015	PMM	COMB2
143	C8X18.7	Beam	No Messages	0.8956	PMM	COMB2
144	C8X18.7	Beam	No Messages	0.8956	PMM	COMB2
145	C8X18.7	Beam	No Messages	0.89015	PMM	COMB2
146	C8X18.7	Beam	No Messages	0.90656	PMM	COMB2

148	C8X18.7	Beam	No Messages	0.939316	PMM	COMB2
149	C8X18.7	Beam	No Messages	0.90656	PMM	COMB2
150	C8X18.7	Beam	No Messages	0.888533	PMM	COMB2
151	C8X18.7	Beam	No Messages	0.893924	PMM	COMB2
152	C8X18.7	Beam	No Messages	0.893924	PMM	COMB2
153	C8X18.7	Beam	No Messages	0.888533	PMM	COMB2
154	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883406	PMM	COMB2
155	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883477	PMM	COMB2
156	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883477	PMM	COMB2
157	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883406	PMM	COMB2
158	C8X18.7	Beam	No Messages	0.734538	PMM	COMB2
159	C8X18.7	Beam	No Messages	0.768993	PMM	COMB2
160	C8X18.7	Beam	No Messages	0.768993	PMM	COMB2
161	C8X18.7	Beam	No Messages	0.734538	PMM	COMB2
162	C8X18.7	Beam	No Messages	0.89015	PMM	COMB2
163	C8X18.7	Beam	No Messages	0.8956	PMM	COMB2
164	C8X18.7	Beam	No Messages	0.8956	PMM	COMB2
165	C8X18.7	Beam	No Messages	0.89015	PMM	COMB2
166	C8X18.7	Beam	No Messages	0.90656	PMM	COMB2
167	C8X18.7	Beam	No Messages	0.939316	PMM	COMB2
168	C8X18.7	Beam	No Messages	0.939316	PMM	COMB2
169	C8X18.7	Beam	No Messages	0.90656	PMM	COMB2
170	C8X18.7	Beam	No Messages	0.888533	PMM	COMB2
171	C8X18.7	Beam	No Messages	0.893924	PMM	COMB2
172	C8X18.7	Beam	No Messages	0.893924	PMM	COMB2
173	C8X18.7	Beam	No Messages	0.888533	PMM	COMB2
174	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883406	PMM	COMB2
175	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883477	PMM	COMB2
176	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883477	PMM	COMB2
177	C8X18.7	Beam	No Messages	0.883406	PMM	COMB2
178	C8X18.7	Beam	No Messages	0.734538	PMM	COMB2
179	C8X18.7	Beam	No Messages	0.768993	PMM	COMB2
180	C8X18.7	Beam	No Messages	0.768993	PMM	COMB2
181	C8X18.7	Beam	No Messages	0.734538	PMM	COMB2
188	W14X61	Brace	No Messages	0.447074	PMM	COMB2
193	W14X61	Brace	No Messages	0.447074	PMM	COMB2
195	C8X18.7	Beam	No Messages	0.369895	PMM	COMB2
196	C8X18.7	Beam	No Messages	0.376625	PMM	COMB2
197	C8X18.7	Beam	No Messages	0.376625	PMM	COMB2
198	C8X18.7	Beam	No Messages	0.369895	PMM	COMB2
200	C8X18.7	Beam	No Messages	0.369895	PMM	COMB2

201	C8X18.7	Beam	No Messages	0.376625	PMM	COMB2
202	C8X18.7	Beam	No Messages	0.376625	PMM	COMB2
203	C8X18.7	Beam	No Messages	0.369895	PMM	COMB2
12	C8X18.7	Beam	No Messages	0.939316	PMM	COMB2
66	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.288444	PMM	COMB8
67	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.299653	PMM	COMB9
68	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.277472	PMM	COMB1
69	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.250938	PMM	COMB1
70	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.288444	PMM	COMB8
71	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.299653	PMM	COMB9
72	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.277472	PMM	COMB1
73	2L4x4x1/4	Brace	No Messages	0.250938	PMM	COMB1
11	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521831	PMM	COMB1
15	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
16	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521616	PMM	COMB1
17	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
18	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
20	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521831	PMM	COMB1
21	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521616	PMM	COMB1
24	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
25	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
26	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521831	PMM	COMB1
27	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
28	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521616	PMM	COMB1
30	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521831	PMM	COMB1
31	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
32	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.509373	PMM	COMB1
33	L4X4X1/4	Brace	No Messages	0.521616	PMM	COMB1