

NOMBRE DEL TRABAJO

**T088A\_70543599 TRABAJO DE SUFICIE  
NCIA PROFESIONAL.docx**

AUTOR

**Sergio Luis De la Cruz Romero**

RECUENTO DE PALABRAS

**11303 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**58805 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**62 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 4, 2023 9:15 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 4, 2023 9:16 AM GMT-5****● 12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

3

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“CALCULO Y MODELAMIENTO DE PLATAFORMA METALICA E-1  
PARA EL FUNCIONAMIENTO DE ANTE CAMARA EN LA ZONA E,  
DENTRO DE LA PLANTA DE ESMERALDA CORP, SEGÚN EL AISC”**

3

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

DE LA CRUZ ROMERO, SERGIO LUIS

ORCID: 0009-0009-1117-8756

**ASESOR**

PAZ PURISACA, ROLANDO

ORCID: 0009-0004-2676-8285

3

**villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi padre Luis, a mi madre Inés, a mis hermanas y hermano, que siempre han estado a mi lado para seguir adelante en la vida y educación que permitió que yo llegue hasta aquí, siendo un profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, que es el motor y motivo principal para la realización de este trabajo, y que con su calor de hogar me ayuda emocionalmente para seguir adelante por el camino no lineal, que es la vida. A mi hermano Richard, que es mi imagen guía, siempre está pendiente de mis logros y de mis caídas. A mi hermana Rosario, Milagros y Alexandra porque ayudaron en mi crecimiento personal y profesional. A mis profesores de la universidad, que compartieron sus conocimientos teóricos y prácticos para poder desempeñarnos en la vida laboral, así como en la vida social.

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Justificación del Problema.....	1
1.3. Delimitación del Proyecto.....	2
1.3.1. Teórica .....	2
1.3.2. Temporal .....	2
1.3.3. Espacial.....	2
1.4. Formulación del problema.....	3
1.4.1. Problema general .....	3
1.4.2. Problemas específicos .....	3
1.5. Objetivos .....	4
1.5.1. Objetivo General .....	4
1.5.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes .....	5
2.1.1. Nacionales .....	5
2.1.2. Internacionales.....	6
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Perfiles metálicos .....	7

2.2.1.1.	El acero .....	7
2.2.1.2.	Propiedades de los aceros .....	10
2.2.1.3.	El acero estructural.....	11
2.2.1.4.	Propiedades mecánicas del acero estructural .....	12
2.2.1.5.	Tipos de perfiles de acero estructural.....	14
2.2.1.6.	Tipos de perfiles de acero estructural.....	15
2.2.1.7.	Protección de las estructuras metálicas. ....	17
2.2.2.	Cargas en estructura metálica .....	20
2.2.2.1.	Generalidades .....	20
2.2.2.2.	Carga estática.....	21
2.2.2.3.	Carga dinámica.....	21
2.2.2.4.	Pesos unitarios de los perfiles metálicos .....	21
2.2.3.	Esfuerzos en estructuras metálicas.....	23
2.2.3.1.	Esfuerzos de perfiles de estructuras metálicas.....	23
2.2.4.	Deformaciones en estructuras metálicas .....	27
2.2.5.	Soldadura según la AWS .....	28
2.2.5.1.	Generalidades .....	28
2.2.5.2.	Posiciones de soldadura.....	28
2.2.5.3.	Simbología de soldeo .....	29
2.2.5.4.	Cálculo del cordón de soldadura de tipo filete. ....	30
2.2.6.	Uniones empernadas .....	30
2.2.7.	Modelado de estructura metálica .....	31
2.2.7.1.	Utilización del programa Tekla Structures .....	31
2.2.7.2.	Utilización del programa Solidworks .....	31
2.3.	Definición de términos básicos.....	32

<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b> .....	<b>35</b>
3.1. Modelo de solución propuesto .....	35
3.1.1. Cálculo de estructura metálica propuesta .....	35
3.1.1.1. Generalidades .....	35
3.1.1.2. Características de la estructura metálica propuesta .....	35
3.1.1.3. Método de diseño según el AISC .....	36
3.1.1.4. Tipos de cargas que intervienen.....	36
3.2. Resultados .....	37
3.2.1. Características dimensionales de estructura metálica propuesta	37
3.2.2. Cálculo de cargas para los perfiles metálicos .....	37
3.2.2.1. Cálculo de carga para vigas y columnas .....	37
3.2.2.2. Cálculo de carga para la losa colaborante.....	38
3.2.2.3. Cálculo de carga viva y otras cargas .....	38
3.2.2.4. Cálculo del esfuerzo de diseño para viga de ala ancha.....	38
3.2.2.5. Cálculo de Momento flexionante máximo (M).....	39
3.2.2.6. Cálculo de Módulo de sección (S) .....	40
3.2.2.7. Cálculo de la columna cuadrada.....	41
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>44</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>46</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>47</b>
Anexo 1: Tabla de proveedor para elección de perfil metálico.....	47
Anexo 2: Trazado de medidas de cartelas.....	48
Anexo 3: Corte de cartelas con carro de oxígeno y acetileno. ....	48

Anexo 4: Cartelas después del proceso de cortado.....	49
Anexo 5: Limpieza de los bordes de las cartelas. ....	49
Anexo 6: Cartelas con agujeros para los pernos. ....	50
Anexo 7: Traslado de vigas para el proceso de habilitación a medida.....	50
Anexo 8: Proceso de montaje de estructura metálica. ....	51
Anexo 9: Proceso de colocación de pernos estructurales.....	51
Anexo 10: Montaje finalizado de plataforma metálica. ....	52
Anexo 11: Modelado de plataforma metálica en programa de diseño. ....	52

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales elementos de aleación en aleaciones de acero .....	9
<b>Tabla 2.</b> Valor de la resistencia de cedencia para los aceros comerciales según los grados .....	17
<b>Tabla 3.</b> Densidades de los metales .....	22
<b>Tabla 4.</b> Datos de las dimensiones físicas del terreno .....	37
<b>Tabla 5.</b> Datos de la viga.....	39

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación Geográfica. ....	3
<b>Figura 2.</b> Perfil isométrico de viga WF. ....	25
<b>Figura 3.</b> Perfil frontal de viga WF.....	25
<b>Figura 4.</b> Posiciones de soldadura.....	29
<b>Figura 5.</b> Simbología para trabajos de soldadura. ....	30
<b>Figura 6.</b> Carga sobre la viga.....	39
<b>Figura 7.</b> Momento flector de la viga.....	40

## INTRODUCCIÓN

Las empresas de industria alimentaria en nuestro país se encuentran estables financieramente en la actualidad, y con tendencia a tener mejoras aplicando sistemas automatizados, así como en la parte de infraestructura.

No todas las empresas tienen un terreno propio para poder desarrollarse y crecer, este es el caso de la Sociedad Anónima San Fernando, la cual tiene su planta de producción de hamburguesas dentro de la empresa Esmeralda Corp. S.A.C., la cual le brinda todo el sistema de refrigeración, energía eléctrica, sistema de agua y lo principal que es la infraestructura en condiciones óptimas.

Actualmente la empresa Esmeralda Corp. se encuentra implementando una sala de procesos para producción de hamburguesas, la cual se realiza en la misma planta, la cual necesita tener una cámara de frío para almacenar los productos terminados, así como una ante cámara con su playa de embarque y desembarque de camiones.

Por el momento no se tiene finalizado el área de ante cámara, por lo que la empresa Esmeralda Corp. necesita realizar la implementación de la estructura metálica en dicha área, llamada plataforma E-1 de la zona E.

En el primer capítulo se describe la problemática para la realización del trabajo profesional dentro de la planta de Esmeralda Corp.

En el segundo capítulo encontraremos la información que es la base teórica para el desarrollo de proyecto de investigación este tema.

El tercer capítulo muestra el desarrollo de trabajo según las especificaciones AISC, entonces lo primero que se necesita hacer es dimensionar las cargas actuantes y posteriormente se debe seleccionar los perfiles metálicos que conformará la estructura metálica futura, mencionar que el cálculo aplicado en este trabajo es manual apoyado en programas de cálculo y modelamiento, a continuación, se desarrolla el dibujo 3D mediante el programa de diseño, para terminar en la obtención de resultados de dicha estructura.

El objetivo de este trabajo es realizar el cálculo manual y modelamiento de una plataforma metálica E-1 para el funcionamiento de la antecámara de la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp.

**1.1. Descripción de la realidad problemática**

La industria alimentaria, es un rubro delicado, debido a que los alimentos que se procesan deben tener un ambiente limpio con alto grados de supervisión a nivel de infraestructura y de manejo de los productos terminados, así como el envasado, almacenamiento y distribución de estos productos.

Ahora, en la actualidad se está realizando los trabajos para la entrega de la nueva sala de procesos en la zona E, en la planta de Esmeralda Corp., con túneles estáticos de frío, almacenes de frío, su antecámara y su playa de embarque y desembarque, pero no se tiene lista el área de antecámara, pues no hay la estructura metálica que se necesita para el posicionamiento de dicha área.

Por lo tanto, la empresa Esmeralda Corp. ha solicitado a la empresa tercera, Servicios Generales Jayto E.I.R.L., que brinda servicios en diferentes áreas de la planta, el diseño, calculo, la fabricación y montaje de dicha estructura metálica para la plataforma E-1 de la zona E.

**1.2. Justificación del Problema**

El siguiente trabajo es formulado debido a que la empresa Esmeralda Corp. el que debe dar una infraestructura adecuada para que el proceso de producción de su cliente, ya que se está realizando la implementación de una nueva sala, no quede afectado. Dicha sala de procesos por el momento no cuenta con el área de antecámara, la cual es indispensable para evitar que el producto terminado que sale de la cámara de frío hacia los contenedores con temperaturas adecuadas para la distribución del producto, no tenga un choque térmico por la diferencia de temperatura de la cámara que se encuentra a  $-25^{\circ}\text{C}$  y la temperatura del ambiente externo a  $20^{\circ}\text{C}$ , por lo que es necesario un ambiente que tenga una temperatura media o menor.

También carece de un área de proyección en la parte de infraestructura metálica para que se tenga una memoria que describa el comportamiento de dicha estructura, ya que a futuro se le agregará cargas estáticas y dinámicas, por tanto,

esta responsabilidad se le entrega a la empresa Servicios Generales Jayto, el cual se encuentra dentro de la planta de Esmeralda Corp., dedicado a realizar trabajos en el área de Refrigeración, Aislamiento, Estructuras, Eléctrica y Aplicación de pisos, el cual será el responsable de todas las etapas para la entrega del proyecto.

### **1.3. Delimitación del Proyecto**

#### **1.3.1. Teórica**

Este cálculo y modelamiento de la estructura metálica se aplicará a una plataforma para determinar la carga admisible mediante el AISC.

#### **1.3.2. Temporal**

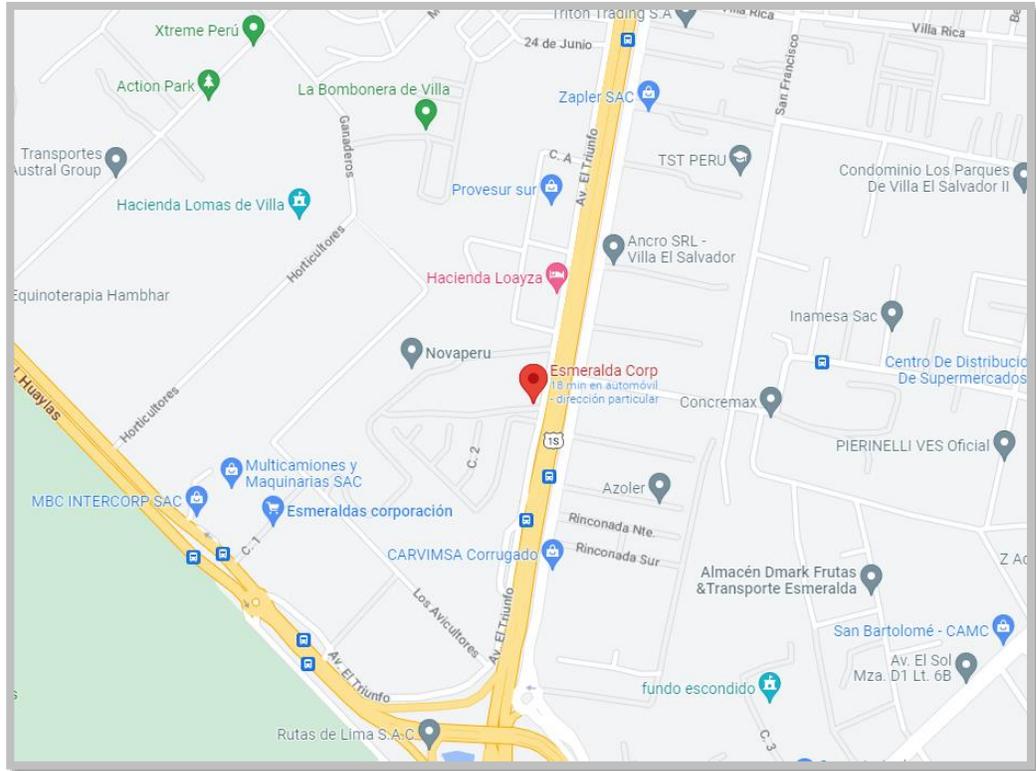
La empresa San Fernando S.A. al solicitar una nueva sala de procesos, se está implementando las áreas necesarias, y la estructura de este trabajo también tiene un tiempo determinado para la entrega del proyecto.

El tiempo en el que se pretende realizar este proyecto es de dos meses, iniciándose el 11 de octubre, finalizando para el 15 de diciembre del 2019.

#### **1.3.3. Espacial**

El siguiente trabajo se realiza en el departamento de Lima, distrito de San Juan de Miraflores, con dirección legal <sup>14</sup> en la Av. Autopista Panamericana Sur Km. 18.5 Mza. G Lote. 01 Z.I. la Concordia (Alt. Paradero Lechón).

La planta de Esmeralda Corp. está conformada por siete zonas, con las siguientes letras: A, B, C, D, E, F, G. La cual nos centraremos en la zona E, donde se encuentran, cámaras, almacenes, sala de máquinas, así como las plataformas E-1, E-2, E-3 y E-4, es la plataforma E-1, el área seleccionada para el estudio de este proyecto, y se encuentra rodeada por la cámara de congelado E-6, la cámara de productos terminados, OPL1 y la empresa - cliente Unión de negocios corporativos SAC, con la marca Mariposa Andina.



**Figura 1.** Ubicación Geográfica.

Fuente: Google Maps, 2019.

## 1.4. Formulación del problema

### 1.4.1. Problema general

- ¿Cómo realizar el cálculo y modelamiento de una plataforma metálica E-1 para el funcionamiento de ante cámara de la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp.?

### 1.4.2. Problemas específicos

- ¿Existe un ambiente para el funcionamiento de la antecámara de la plataforma E-1 de la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp.?
- ¿Existe un proyectista en estructura metálicas para el cálculo y modelamiento en la empresa Esmeralda Corp.?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Realizar el cálculo manual y modelamiento de una plataforma metálica E-1 para el funcionamiento de la antecámara de la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Entregar un ambiente para el funcionamiento de la antecámara de la plataforma E-1 de la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp.
  
- Intervenir como proyectista de una empresa tercera en estructura metálicas en la empresa Esmeralda Corp.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Nacionales

Carrasco, C (2011). *“Metodología para el análisis estático y dinámico de estructuras metálicas aplicando el método de los elementos finitos”*. (Título Profesional de Ingeniero Mecánico), Pontificia Universidad Católica del Perú, de la ciudad de Lima, Perú. En el que se formula y desarrolla el análisis estático y dinámico en sistemas estructurales continuos, mediante las ecuaciones gobernantes de la mecánica de sólidos deformables y el método de los elementos finitos. Así también propone una metodología que enuncia los pasos más relevantes que permitan que el diseño de estructuras no convencionales, cumpla con los criterios establecidos por la norma AISC-LRFD.

Acevedo, V (2015). *“Diseño de un puente con estructura de acero”*. (Título Profesional de Ingeniero Civil), Pontificia Universidad Católica del Perú, de la ciudad de Lima, Perú. La cual sustento para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil, en el año 2015, en el que se desarrollará el diseño estructural de un puente metálico (tanto de la superestructura como de la subestructura) en la intersección de la avenida Javier Prado con las avenidas El Golf Los Incas y Las Palmeras. Actualmente, ésta es una intersección a nivel en la cual se encuentra el óvalo Monitor. La tesis propone generar un cruce a desnivel, de forma tal que la avenida Javier Prado se convierta en un By-Pass, por encima del cual se coloque el puente a diseñar, uniendo las avenidas Las Palmeras y El Golf Los Incas.

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”*, (Título Profesional de Ingeniero Mecánico), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,

ciudad de Arequipa, Perú. En el que se va a proponer el diseño de una nave industrial que sea aplicable a las necesidades de gran parte de las industrias en el Perú. Se concluye que optimizando y tipificando el diseño de una nave industrial que abarque varias industrias se puede obtener gran mejora en los plazos, costos y calidad en la construcción, fabricación y montaje de una nave industrial.

### 2.1.2. Internacionales

Nicolás, C (2007). *“Análisis y diseño estructural en acero, de una nave industrial con las especificaciones AISC método LRFD”*. (Título Profesional de Ingeniero Civil), Instituto Politécnico Nacional, de la ciudad, México. En el que se trata sobre las especificaciones, cargas y métodos de diseño, con el propósito que este trabajo no sea utilizado solamente para edificios de un solo piso de uso industrial, sino también para otro tipo de estructuras de uso común en nuestro medio, además nos muestra también filosofías de diseño del AISC, por medio del diseño por esfuerzos permisibles y el diseño por factores de carga y resistencia, así como también las ventajas de utilizar el método por Factor de Carga y Resistencia.

Pérez, M (2009). *“Diseño y cálculo de la estructura metálica y de la cimentación de una nave industrial”*, (Título profesional de Ingeniero Técnico Industrial Mecánico), Universidad Carlos III de Madrid, escuela Politécnica Superior, ciudad de Madrid, España. En el que se ha realizado el diseño, cálculo y optimización de la estructura metálica y de la cimentación de una nave industrial mediante el código numérico TRICALC y de acuerdo a la normativa vigente (Código Técnico de la Edificación e Instrucción de Hormigón Estructural). También se ha desarrollado la documentación necesaria para la correcta ejecución de la nave: memoria de construcción, pliego de condiciones, estudio de seguridad y salud, presupuestos y mediciones, y planos.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Perfiles metálicos

Actualmente existen en el mercado del acero diversos tipos de perfiles metálicos que se pueden utilizar en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción de edificios y puentes hasta la fabricación de maquinaria y equipos. Además, se pueden soldar, atornillar, remachar o unir mediante otros métodos para formar estructuras más grandes y complejas.

#### 2.2.1.1. El acero

El acero, término que se refiere a las aleaciones comerciales del hierro y carbón, como a otros elementos. Como en la industria se tiene muchas variedades con diferentes propiedades, pues se comercializa para diferentes cargas y esfuerzos de trabajo a la que estarán su vida útil.

En el documento del instituto Nacional de Edificaciones, la norma técnica de edificaciones E.090 para estructuras metálicas existen varias asociaciones e institutos que tienen la potestad de establecer los estándares para la clasificación de metales y aleaciones, como es el Sistema Unificado de Numeración (UNS), el Instituto Americano del hierro y del acero (AISI), la Sociedad Americana de pruebas y materiales (ASTM) y el Instituto Americano para la Construcción en Acero (AISC), son las que conocen para que función se debe utilizar cada tipo de aleación de acero y como está compuesto internamente.

El <sup>10</sup>acero es una aleación de hierro y carbono, en la que el carbono se encuentra en una proporción de hasta el 2,1% en peso. El hierro puro es un material suave y poco resistente, por lo que la adición de carbono aumenta su dureza y resistencia a la deformación.

Además del carbono, el acero puede contener otros elementos de aleación, como el manganeso, el silicio, el níquel, el cromo, el molibdeno y el vanadio, entre otros. Estos elementos de aleación

pueden mejorar aún más las propiedades del acero, como su resistencia a la corrosión, su resistencia a altas temperaturas y su capacidad para ser endurecido.

El acero se fabrica mediante la eliminación de las impurezas del hierro y la adición de carbono y otros elementos de aleación. El proceso de fabricación del acero puede variar dependiendo del tipo de acero que se desea producir y del uso final del mismo. Los métodos comunes de producción de acero incluyen el proceso de horno alto, el proceso de horno eléctrico y el proceso de refinado en oxígeno.

El acero es un material importante en la industria de la construcción, ya que es fuerte y duradero, lo que lo hace ideal para su uso en estructuras como edificios y puentes. También se utiliza en la fabricación de herramientas, maquinaria, equipos de transporte y una variedad de otros productos.

En conclusión, <sup>17</sup> el acero es una aleación de hierro y carbono que se fabrica mediante la eliminación de las impurezas del hierro y la adición de carbono y otros elementos de aleación. Es un material importante en la industria de la construcción y en una variedad de otras aplicaciones debido a su dureza, resistencia y durabilidad.

Así tenemos diferentes grados de aleación del acero, dependiendo de los elementos que intervienen en cada configuración según porcentajes, esto se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1****12** Principales Elementos de Aleación en Aleaciones de Acero.

Acero AISI	Elementos de aleación
10xx	Carbón simple
11xx	Azufre (corte libre)
13xx	Manganeso
14xx	Boro
2xxx	Níquel
3xxx	Níquel – cromo
4xxx	Molibdeno
41xx	Molibdeno – cromo
43xx	Molibdeno – cromo - níquel
46xx	Molibdeno – níquel
47xx	<b>1</b> Molibdeno – níquel - cromo
48xx	Molibdeno – níquel
5xx	Cromo
6xx	Cromo – Vanadio
8xx	Níquel – cromo – molibdeno
9xx	Níquel – cromo – molibdeno (excepto 92xx)
92xx	Silicio – manganeso

Fuente: Mott, 2009.

El carbón en la sustancia de importancia debido que, dependiendo de su porcentaje en la mezcla, se obtiene mejoras en el producto final. Mott (2009) menciona. “Al carbón se le otorga ese lugar tan prominente en la designación de aleación porque, en general, a medida que se incrementa el contenido de carbón, la resistencia y dureza del acero también lo hacen” (p.72). También es relevante mencionar que el acero se vuelve menos dúctil al incremento del contenido de carbón. La utilización del acero es tan variada,

por lo que se han con diferentes métodos de fabricación, de manera que tendremos material para diversos usos en la vida cotidiana y en la industria, como es el acero estructural en la norma ASTM A572 o A992 de alta resistencia, barras, placas, partes de maquinarias, herramientas, engranes, pasadores, resortes, etc.

### 2.2.1.2. Propiedades de los aceros

El acero es un material metálico utilizado ampliamente en la construcción, la industria y la fabricación debido a sus propiedades únicas. Estas propiedades hacen del acero un material versátil y útil en una variedad de aplicaciones, desde la construcción de edificios y puentes hasta la fabricación de herramientas y maquinaria. Además, existen diferentes tipos de acero, cada uno con propiedades y características únicas que los hacen adecuados para aplicaciones específicas.

Pues, tenemos el módulo de elasticidad ( $E_s = 200 \text{ GPa}$ ), tenemos la resistencia a la cedencia ( $S_y$ ) y la resistencia a la tensión ( $S_u$ ), para comprender y desarrollar un diseño satisfactorio se debe tener la información de las relaciones entre el esfuerzo y deformación del material, ahora mencionaremos cada uno de estas propiedades.

- **Resistencia a la tracción:** El acero tiene una alta resistencia a la tracción, lo que significa que puede soportar una gran cantidad de fuerza sin romperse. Esto se aprecia en la curva de esfuerzo – deformación.
- **Ductilidad:** El acero también tiene una alta ductilidad, lo que significa que puede deformarse plásticamente sin romperse. Se refiere al alargamiento que sufre el material, cuando la reducción del área transversal es mayor, se dice que el material es dúctil, por lo contrario, si el área transversal es mínima, se dice que el material es frágil. Esta cualidad se mide, cuando se realiza la prueba de

resistencia a la tracción, ya que se lleva al material al punto de ruptura.

- **Tenacidad:** El acero tiene una alta tenacidad, lo que significa que puede absorber una gran cantidad de energía antes de fracturarse. Esto lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere resistencia a impactos, como la fabricación de herramientas.
- **Dureza:** El acero es un material duro y resistente, lo que lo hace ideal **para** aplicaciones en las que se requiere resistencia a la abrasión y al desgaste.
- **Conductividad térmica:** El acero tiene una alta conductividad térmica, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere transferencia de calor, como en la fabricación de calderas y tuberías.
- **Conductividad eléctrica:** El acero también tiene una alta conductividad eléctrica, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere transferencia de energía eléctrica, como en la fabricación de cables y alambres.
- **Soldabilidad:** El acero es fácil de soldar y unir mediante diferentes técnicas, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere unir piezas.

### 2.2.1.3. El acero estructural

El acero estructural se produce en diferentes perfiles, como lamina, placa, barras, tuberías y perfiles estructurales tales como vigas I, vigas de patín ancho, canales y ángulos, por lo que se necesita una designación para cada tipo, aquí es importante la resistencia mecánica.

Es un tipo de acero utilizado específicamente en la construcción de estructuras como edificios, puentes y torres, debido a su gran resistencia y durabilidad.

Se produce agregando elementos de aleación al acero, como silicio, níquel y cromo, para mejorar sus propiedades mecánicas, incluyendo su resistencia a la tracción, la fatiga y la tenacidad. El acero estructural es altamente resistente a la tracción y a la deformación, lo que lo hace capaz de soportar cargas más pesadas que otros materiales estructurales, como la madera y el hormigón. También se fabrica en diversas formas y tamaños, como vigas, columnas y tubos, y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones de construcción.

El diseño de estructuras de acero requiere el conocimiento de la ingeniería estructural y las propiedades mecánicas del acero. Los diseños deben considerar las cargas que soportará la estructura, así como el tipo y la calidad del acero utilizado.

Es así que se ha creado un sistema de designación del acero bajo la norma ASTM, así tenemos aceros estructurales con denominación ASTM A36, A572, A992 como ejemplo.

#### **2.2.1.4. Propiedades mecánicas del acero estructural**

Los aceros estructurales son un tipo de acero que se utiliza en la construcción de estructuras, puentes, edificios y otras aplicaciones en las que se requiere resistencia y durabilidad. Algunas de las propiedades importantes de los aceros estructurales incluyen:

- **Resistencia a la cedencia:** la capacidad del acero para resistir cargas de tensión sin romperse se conoce como resistencia a la tracción.

Es una propiedad importante de los aceros estructurales, ya que se utilizan en aplicaciones en las que se requiere resistencia a la tracción, como en puentes y torres de transmisión.

- **Resistencia a la compresión:** la resistencia del acero a cargas de compresión es importante en aplicaciones como columnas y soportes. Los aceros estructurales tienen una buena resistencia a la compresión debido a su alta densidad y rigidez.

- **Ductilidad:** la capacidad del acero para deformarse plásticamente sin fracturarse se conoce como ductilidad. Los aceros estructurales son generalmente muy dúctiles, lo que les permite absorber energía antes de fracturarse.
- **Tenacidad:** la capacidad del acero para resistir el agrietamiento y la fractura bajo cargas repetidas o de impacto se conoce como tenacidad. Los aceros estructurales suelen tener una buena tenacidad debido a su composición química y microestructura.
- **Resistencia a la fatiga:** la capacidad del acero para resistir la fractura bajo cargas repetidas o cíclicas se conoce como resistencia a la fatiga. Es importante en aplicaciones como puentes y edificios, donde el acero está sometido a cargas repetidas durante su vida útil. La fatiga ocurre cuando un material es sometido a cargas repetidas y, con el tiempo, se produce una fractura. El acero estructural es resistente a la fatiga debido a su capacidad de absorber y distribuir cargas a lo largo de toda la estructura, reduciendo el estrés en puntos específicos.
- **Soldabilidad:** la capacidad del acero para ser unido mediante soldadura es importante en la fabricación de estructuras. Los aceros estructurales suelen ser fácilmente soldables. Estas propiedades varían según el tipo de acero estructural, el tratamiento térmico y otros factores. Por lo tanto, es importante seleccionar el tipo de acero adecuado para cada aplicación específica y tener en cuenta las propiedades mecánicas relevantes al diseñar y construir estructuras y componentes. Estas propiedades lo hacen ideal para su uso en aplicaciones de construcción donde se requiere un material fuerte, duradero y confiable.

### **2.2.1.5. Tipos de perfiles de acero estructural.**

Ahora nos centraremos en los perfiles que son suministrados por los fabricantes de acero, debido a las normas que se aplican según al país de origen, pero son usados en otros, a estos se hacen llamar perfiles estándares. Los perfiles diversos se muestran a continuación, para dar a entender su geometría, pues tiene mucho que ver en el nombre utilizado en campo por los maestros estructurales, armadores y soldadores.

- Viga en I: también conocida como perfil "doble T", se utiliza para soportar cargas pesadas y como soporte para cubiertas y pisos.
- Viga en H: también conocida como perfil "doble H", se utiliza para aplicaciones de carga pesada, como puentes y edificios industriales.
- Tubo estructural: un perfil hueco que se utiliza en aplicaciones estructurales como columnas, postes y travesaños.
- Perfil angular: utilizado para soportar cargas y como refuerzo en aplicaciones estructurales.
- Perfil C: utilizado para aplicaciones de construcción liviana, como marcos para paredes y techos.
- Perfil Z: utilizado en aplicaciones de construcción liviana como soporte para techos y paredes.
- Perfil omega: utilizado en aplicaciones de construcción liviana como soporte para techos y paredes.
- Perfil de chapa plegada: se utiliza en aplicaciones estructurales y como soporte para cubiertas y paredes.
- Perfil de sección circular: utilizado en aplicaciones estructurales como postes y columnas.
- Perfil de sección rectangular: utilizado en aplicaciones estructurales como columnas, postes y travesaños.

Estos son solo algunos ejemplos de perfiles metálicos comunes utilizados en la construcción. Hay muchos otros tipos de perfiles metálicos disponibles en la industria, cada uno con diferentes características y aplicaciones específicas.

#### **2.2.1.6. Tipos de perfiles de acero estructural.**

Mencionar que los aceros se fabrican bajo algunas normas y especificaciones más comunes para los aceros estructurales, las cuales son:

- **Norma ASTM A36/A36M:** especifica los requisitos para los aceros al carbono estructurales. Esta norma cubre aceros de baja y media resistencia, y se utiliza en la construcción de puentes, edificios y otros proyectos de ingeniería.
- **Norma ASTM A572/A572M:** especifica los requisitos para los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA). Esta norma cubre aceros con resistencia mínima a la tracción de 50 ksi (345 MPa) y se utiliza en la construcción de puentes y edificios de gran altura.
- **Norma ASTM A992/A992M:** especifica los requisitos para los aceros estructurales laminados en caliente. Esta norma cubre aceros con resistencia mínima a la tracción de 50 ksi (345 MPa) y se utiliza en la construcción de puentes, edificios y otras estructuras.
- **Norma ASTM A500/A500M:** especifica los requisitos para los tubos y perfiles estructurales de acero al carbono soldados sin costura. Esta norma cubre perfiles estructurales de pared delgada y gruesa y se utiliza en la construcción de edificios, puentes y otras estructuras.
- **Norma EN 10025:** especifica los requisitos para los aceros estructurales laminados en caliente. Esta norma cubre aceros con

resistencia mínima a la tracción de 235 a 500 MPa y se utiliza en la construcción de puentes, edificios y otras estructuras.

- **Norma ISO 630:** especifica los requisitos para los aceros laminados en caliente de uso estructural. Esta norma cubre aceros con resistencia mínima a la tracción de 235 a 690 MPa y se utiliza en la construcción de puentes, edificios y otras estructuras.
- **Norma AISI-SAE 1018:** especifica los requisitos para los aceros al carbono estructurales. Esta norma cubre aceros de baja y media resistencia, y se utiliza en la construcción de puentes, edificios y otros proyectos de ingeniería.

Es importante seguir las normas y especificaciones adecuadas al seleccionar y utilizar aceros estructurales para garantizar la seguridad y la eficiencia de las estructuras construidas con ellos. El acero muy popular para aplicaciones estructurales es el ASTM A36, un acero al carbón utilizado para muchos perfiles, placas y barras comercialmente disponibles. Tiene una resistencia mínima a la fluencia de 36 ksi (248 MPa), es soldable y se utiliza en puentes, edificios para propósitos estructurales generales. (Mott, 2009, p.75).

También se fabrican los perfiles WF que son vigas de ala ancha ampliamente utilizados en la construcción de edificios y otras estructuras industriales en la actualidad, con la designación ASTM A992, con este código se tiene varios grados de acero, que dan al material de baja aleación y alta resistencia (HSLA), así se tiene perfiles con menores espesores que los de la designación ASTM A36.

En general, se fabrican productos de acero estructural con diferentes designaciones que le dan variedad de propiedades mecánicas. A continuación, se muestra una tabla de los grados de acero estructural disponibles para perfiles típicos, placas y barras, según la designación ASTM, mostrando su valor de la resistencia a la cedencia en ksi y en MPa.

**Tabla 2**

*Valor de la resistencia de cedencia para los aceros comerciales según los grados.*

Designación ASTM	GRADO	Resistencia a la cedencia	
		ksi	Mpa
A36		36	248
A53		35	241
A242		42	290
		46	317
		50	345
A500	B	42	290
		46	317
	C	46	317
		50	345
A501		36	248
A514		90	621
		100	690
A572	42	42	290
	50	50	345
	55	55	379
	60	60	414
	65	65	448
A913	65	65	448
A992	50	50	345

*Fuente: Mott, 2009.*

#### **2.2.1.7. Protección de las estructuras metálicas.**

Debido que se utiliza el acero estructural el cual reacciona con el ambiente produciendo en la superficie una capa de protección de color anaranjado fuerte cuando ha tenido contacto el agua o de color marrón solo con el ambiente, por tal motivo la industria tiene métodos para mantener y alargar la vida útil de los elementos metálicos. Ahora mencionaremos los dos métodos utilizados para la protección de elementos metálicos.

- **Galvanizado:** Consiste en que el elemento metálico es sumergido en una tina que contiene zinc líquido. El galvanizado en caliente es

un proceso de recubrimiento de metales que se utiliza para proteger el acero contra la corrosión. El proceso implica sumergir el acero en un baño de zinc fundido a alta temperatura, lo que permite que el zinc se adhiera al acero formando una capa protectora.

El proceso de galvanizado en caliente se realiza en varias etapas. Primero, el acero se limpia para eliminar cualquier óxido, aceite o grasa que pueda estar presente en la superficie. Luego, se sumerge en un baño de ácido para limpiar completamente la superficie del acero. Después, se sumerge en un baño de zinc fundido a una temperatura entre 440°C y 465°C, lo que permite que el zinc se adhiera al acero formando una capa protectora.

La capa de zinc formada durante el proceso de galvanizado en caliente es resistente a la corrosión y puede proteger al acero durante décadas. Además, la capa de zinc es lo suficientemente resistente como para soportar golpes y arañazos sin dañar la capa de protección. Esto lo hace ideal para su uso en aplicaciones al aire libre donde el acero puede estar expuesto a los elementos.

El galvanizado en caliente también ofrece otros beneficios. Por ejemplo, el zinc puede actuar como una barrera de protección catódica, lo que significa que, si se produce algún daño en la capa de zinc, el zinc protegerá el acero debajo de él. Además, la capa de zinc también puede mejorar la apariencia del acero, ya que le da una superficie brillante y uniforme.

En resumen, el proceso de galvanizado en caliente es un método comúnmente utilizado para proteger el acero contra la corrosión y mejorar su apariencia, así se tiene una capa de color plomo o gris, el espesor estándar con el que se aplica se mide en micras de pulgada, la norma a la cual se realiza este procedimiento es la ASTM 123.

El proceso implica sumergir el acero en un baño de zinc fundido a alta temperatura, lo que permite que el zinc se adhiera al acero formando una capa protectora resistente y duradera.

- **Pintado:** Consiste en cubrir la superficie del perfil metálico, que estará expuesto al ambiente, entonces se le aplica dos manos de pintura sintética, dura y resistente especial para superficies metálicas, el espesor que se debe obtener es de 10 micras de pulgada a más

El pintado con resina epóxica es un tipo de recubrimiento que se utiliza para proteger superficies de metal, concreto y otros materiales. Este tipo de pintura se compone de resinas epóxicas, que son un tipo de polímero que se endurece cuando se mezcla con un endurecedor. La mezcla resultante se adhiere fuertemente a la superficie a la que se aplica, creando una capa protectora y resistente a la corrosión.

El proceso de pintado con la resina epóxica implica varias etapas. Primero, la superficie a pintar debe ser preparada adecuadamente. Esto implica limpiarla, lijarla y eliminar cualquier rastro de suciedad o grasa que pueda estar presente en la superficie. Luego, se aplica una capa de imprimación epóxica que se adhiere fuertemente a la superficie y crea una superficie uniforme para la capa de acabado.

Una vez que la capa de imprimación ha secado, se aplica la capa de acabado. Esta capa está compuesta por resinas epóxicas, pigmentos y un endurecedor. La mezcla se aplica con un pincel, rodillo o pistola pulverizadora, dependiendo de la superficie a cubrir. La capa de acabado se adhiere fuertemente a la capa de imprimación, creando una capa protectora que es resistente a la abrasión, la corrosión y los productos químicos.

El pintado epóxico es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, como la industria automotriz, la industria alimentaria,

la construcción y la fabricación de maquinaria. Además de proporcionar protección contra la corrosión y los daños mecánicos, el pintado epóxico también ofrece una apariencia atractiva y duradera. También puede ser aplicada en capas gruesas, lo que permite reparaciones rápidas y fáciles. En resumen, el pintado epóxico es un tipo de recubrimiento resistente y duradero que se utiliza para proteger superficies de metal, concreto y otros materiales. El proceso implica la aplicación de una capa de imprimación epóxica, seguida de una capa de acabado compuesta por resinas epóxicas, pigmentos y un endurecedor. El resultado es una capa protectora resistente a la corrosión, la abrasión y los productos químicos.

## **2.2.2. Cargas en estructura metálica**

### **2.2.2.1. Generalidades**

Las estructuras metálicas son elementos de construcción que soportan y transmiten cargas a través de sus miembros. Las cargas que actúan sobre una estructura metálica pueden ser de diferentes tipos, como cargas de gravedad, cargas de viento, cargas de nieve, cargas sísmicas y cargas de uso. Nos basamos en el documento del instituto Nacional de Edificaciones, la norma técnica de edificaciones E.020 para cargas.

El diseño de una estructura metálica debe tener en cuenta todas las cargas que actúan sobre ella y garantizar que la estructura pueda soportarlas sin experimentar fallas o deformaciones excesivas. Para ello, se utilizan diferentes técnicas de análisis y cálculo, así como normas y estándares específicos, que aseguran que la estructura sea segura y duradera, al diseño previo a la fabricación, siempre se considera un factor de seguridad a dichas cargas estáticas, como cargas dinámicas.

Las cargas estáticas son aquellas que se mantienen en equilibrio o en reposo sobre la estructura durante un período prolongado de tiempo, mientras que las cargas dinámicas cambian en magnitud y dirección en un corto período de tiempo y son causadas por la acción del viento, la lluvia, la nieve, los terremotos. Podemos decir también que los efectos del medio ambiente interactúan con la estructura, dicho esto, es de importancia tomarlo en cuenta.

#### **2.2.2.2. Carga estática**

Son aquellas que se mantienen en equilibrio o en reposo sobre la estructura durante un período prolongado de tiempo. Estas cargas incluyen el peso propio de la estructura, el peso de los elementos fijos como paredes, suelos, techos, y también el peso de los elementos no estructurales como equipos, mobiliario y otros elementos fijos.

#### **2.2.2.3. Carga dinámica**

Son aquellas que cambian en magnitud y dirección en un corto período de tiempo y son causadas por la acción del viento, la lluvia, la nieve, los terremotos, el tráfico vehicular y otros eventos similares. Las cargas dinámicas pueden ser todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles, difíciles de predecir y diseñar para ellas puede requerir métodos más avanzados, como simulaciones por computadora y pruebas físicas

#### **2.2.2.4. Pesos unitarios de los perfiles metálicos**

Todos los materiales tienen un determinado peso por metro, metro cuadrado o metro cúbico, esto se debe a la densidad de cada material que pueden ser de aislamiento, albañilería, líquidos, concreto armado, metales, maderas, materiales para almacenado, etc.

El peso unitario de los perfiles metálicos es una medida importante a considerar durante el diseño de estructuras metálicas.

El peso unitario, también conocido como densidad, se refiere a la cantidad de masa de un perfil metálico por unidad de volumen. Esta medida es importante porque se utiliza para determinar la carga que puede soportar un perfil en particular y para calcular la cantidad total de material necesario para construir una estructura. Los pesos unitarios de los perfiles metálicos pueden variar dependiendo del tipo de perfil y del material utilizado. Los perfiles de acero estructural, por ejemplo, tienen un peso unitario promedio de alrededor de 7850 kg/m<sup>3</sup>.

El peso unitario de los perfiles metálicos es una medida importante a considerar durante el diseño y construcción de estructuras metálicas, ya que afecta la capacidad de carga, la cantidad de material necesario, la facilidad de transporte y el costo total de la construcción. En la siguiente tabla se muestra los materiales de importancia para este proyecto y de otros metales.

**Tabla 3**

*Densidades de los metales.*

Materiales – Metales	Peso (kg / m3)
4 Acero	7850
Aluminio	2750
Bronce	5000
Cobre	8900
Estaño	7400
Fundición	7250
Hierro dulce	7800
Latón	8500
Mercurio	13600
Níquel	9000
Plomo	11400
Zinc	6900

*Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.020.*

### 2.2.3. Esfuerzos en estructuras metálicas

Todo material en la industria está diseñado para soportar una cantidad de carga en una determinada área, es así que aparece la definición de esfuerzo.

Pues es importante el concepto de esfuerzo, ya que nos da la idea de cuanta masa puede un elemento o armadura soportar, según el módulo de elasticidad multiplicado por la deformación de un material. Ya que estas variables cambian con respecto al tipo de material utilizado.

En estructuras metálicas, los elementos o piezas se encontrarán toda su vida útil bajo cargas, estas cargas pueden ocasionar fallas de deformación excesiva o en algunos casos de ruptura, esto se evita dándole un factor de diseño o de seguridad.

Ahora, se tiene que tener en cuenta que el factor de diseño evitara que la estructura colapse, ya que el esfuerzo de diseño no debe superar en ningún momento o tiempo, la resistencia máxima a la tensión o a la resistencia a la cedencia del material utilizado.

Esta parte del diseño de elementos o armaduras, es un tema de suma importancia para el profesional que fabrica una estructura, por lo que se debe considerar en todos los diseños sin excepción, ya que de este cálculo se asegura el buen funcionamiento de dicho diseño.

#### 2.2.3.1. Esfuerzos de perfiles de estructuras metálicas

Debido a las cargas que actúan sobre la estructura, estos esfuerzos pueden ser de diferentes tipos, como compresión, tracción, flexión, cortante y torsión, mencionamos a continuación:

- **La compresión** es un esfuerzo que tiende a acortar o comprimir un elemento estructural en la dirección de su eje longitudinal. Este esfuerzo se presenta cuando una carga axial actúa sobre un elemento de la estructura, como en el caso de una columna que soporta el peso de una losa o techo.

- **La tracción** es un esfuerzo que tiende a estirar o alargar un elemento estructural en la dirección de su eje longitudinal. Este esfuerzo se presenta cuando una carga axial actúa en sentido contrario a la compresión, como en el caso de una viga que soporta una carga colgante.
- **La flexión** es un esfuerzo que se presenta cuando una carga transversal actúa sobre un elemento estructural, como una viga, y genera una curvatura en el elemento. La flexión produce dos tipos de esfuerzos internos en la viga: compresión en la parte superior y tracción en la parte inferior del elemento estructural. Los momentos flexionantes son momentos internos que se generan en el material de una viga para equilibrar la tendencia de las fuerzas externas de hacer que gire cualquier parte de ella. Lo que da una curva característica hacia abajo del eje central del área transversal del elemento. Mott (2009)

Si tomamos una parte de viga de ala ancha, como se muestra en la figura 2 y 3, que normalmente se encuentra en esta de reposo, por decir, sin carga o esfuerzo alguno. Pero al aplicarle una carga vertical puntual, tendríamos que las caras horizontales se volverían curvas, al efecto del momento de flexión que sufre dicho perfil. Por lo tanto, se define la fórmula de flexión, como sigue.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M \cdot c}{I} \dots (1)$$

Así tenemos que  $\sigma_{m\acute{a}x}$  es el esfuerzo máximo en la superficie de la viga,  $M$  es el momento flexionante en la sección del elemento,  $c$  es la distancia del eje central hacia las caras externas de la viga y  $I$  es el momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje central.

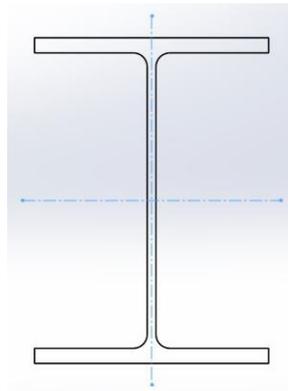
Podemos decir que una viga es aquel elemento que soporta una o varias cargas transversales, dicho de otra forma, las cargas

actúan perpendicularmente a su eje largo. A continuación, se muestra un perfil de viga WF o ala ancha que son muy utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas.



**Figura 2.** Perfil isométrico de viga WF.

*Fuente: Propia, 2019..*



**Figura 3.** Perfil frontal de viga WF.

*Fuente: Propia, 2019.*

Debido a <sup>13</sup> que el momento de inercia  $I$  y la distancia  $c$  son propiedades geométricas de la sección transversal de la viga, se puede decir que al realizar el cociente se obtiene un módulo de sección  $S$ .

$$S = \frac{I}{c} \dots (2)$$

- **La cortante** es un esfuerzo que se presenta cuando una carga transversal actúa sobre un elemento estructural y tiende a cortar o separar el elemento. Este esfuerzo se presenta en la parte superior e inferior del elemento estructural y se transmite a las conexiones.

8 Las fuerzas cortantes son fuerzas internas generadas en el material de una viga para equilibrar las fuerzas externas aplicadas y garantizar el equilibrio de todas sus partes. Le llamaremos fuerzas cortantes verticales debido a la forma como actúa la carga puntual, distribuida, inclinada, etc. Mott (2009)

En esta parte se tiene en cuenta a la viga y la probabilidad de que este elemento se cizalle o algún sujetador se rompa. Aquí se presenta la siguiente fórmula que permite conocer en cualquier punto de la viga el valor numérico y cómo se comporta según la carga vertical aplicada.

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \dots (3)$$

Siendo:  $V$  la fuerza cortante vertical en sección de interés, puede ser positivo o negativo, valor del diagrama de fuerza cortante,  $I$  es el momento de inercia del área transversal completa de la viga con respecto a su eje central,  $t$  es el espesor de la sección transversal medido en el eje donde se va a calcular el esfuerzo cortante y  $Q$  es el primer momento con respecto al eje central general.

Donde el primer momento es definido matemáticamente como:

$$Q = A_p \cdot y$$

Así tenemos que  $A_p$  es aquella área <sup>8</sup> de la sección transversal distante del eje donde se va a calcular el esfuerzo cortante y  $y$  es la distancia del eje central

- **La torsión** es un esfuerzo que se presenta cuando una carga transversal actúa sobre un elemento estructural y genera un giro en el elemento. Este esfuerzo se presenta en elementos de sección cerrada, como los tubos o los perfiles huecos.

Es importante tener en cuenta que los esfuerzos en una estructura metálica deben ser analizados cuidadosamente para garantizar que la estructura sea capaz de soportar las cargas previstas sin fallar. Por lo tanto, es necesario realizar cálculos y simulaciones para determinar la capacidad de resistencia y deformación de los diferentes elementos de la estructura ante las diferentes cargas que actúan sobre ella.

#### 2.2.4. Deformaciones en estructuras metálicas

En las estructuras metálicas se refieren a los cambios en la forma o geometría de la estructura debido a la aplicación de cargas. Las cargas pueden provocar tanto deformaciones elásticas como plásticas en los materiales de la estructura.

La deformación elástica se refiere a una deformación temporal y reversible en la que la estructura regresa a su forma original una vez que se elimina la carga. Esto se debe a que el material se ha deformado dentro de su rango elástico, es decir, dentro del límite elástico del material. La cantidad de deformación elástica depende de la magnitud de la carga, la rigidez de la estructura y las propiedades del material. Por otro lado, la deformación plástica se refiere a una deformación permanente en la que la estructura no regresa a su forma original después de eliminar la carga. Esto se debe a que el material se ha deformado más allá de su límite elástico y ha entrado en la región

plástica. La cantidad de deformación plástica que puede soportar un material antes de fallar se llama resistencia a la tracción.

Es importante tener en cuenta las deformaciones en el diseño y construcción de estructuras metálicas para asegurar que no se produzcan deformaciones excesivas que puedan afectar la estabilidad y seguridad de la estructura. Se utilizan técnicas como el análisis de esfuerzos y deformaciones y la selección de materiales apropiados para minimizar las deformaciones y garantizar la integridad estructural.

## **2.2.5. Soldadura según la AWS**

### **2.2.5.1. Generalidades**

Para la sociedad americana de soldadores, realizar un cordón entre metales se requiere técnica, la mano de obra calificada, la cual se verá en los resultados, como en apariencia y calidad de la misma.

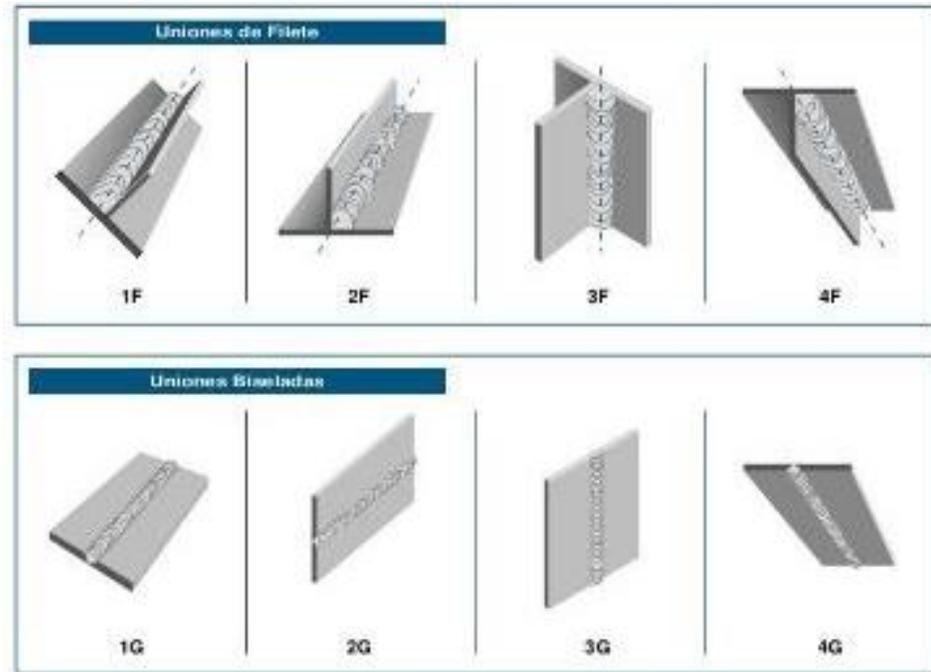
Este tipo de proceso de unión de materiales, consiste en la fundición de las piezas en la superficie de contacto que pueden ser dos o más partes a través de la aplicación de solo calor o solo presión o la combinación de calor y presión. Eso ya depende de la aplicación a la que trabaja el elemento o la junta de soldadura.

Como sabemos hay tipo de soldadura como es el SMAW, GTAW, FCAW, entre otras. Y los materiales que se unen mayormente es en metales, pero también es aplicable para los plásticos. Se tiene dos tipos de uniones de soldadura.

### **2.2.5.2. Posiciones de soldadura**

Para realizar un determinado cordón de soldadura entre dos piezas bases, se requiere ser homologado para la industria, y para eso, se requiere obtener un certificado que demuestre que el soldador domina las posiciones de soldadura que exige la Sociedad Americana de Soldadores (AWS).

En consecuencia, se tiene las siguientes posiciones para poder ejercer el oficio de soldador, y se debe dominar las posiciones que se muestran a continuación según designación de acuerdo con ANSI/AWS A 3.0-85. Entonces hay las uniones de soldadura a tope y las uniones de soldadura en ángulo.



**Figura 4.** Posiciones de soldadura.

*Fuente: Manual de Soldexo, 2019.*

### 2.2.5.3. Simbología de soldeo

Sabemos que en los planos que se realizan para la fabricación de cualquier elemento o aradura soldada, se requiere que todos los soldadores que realicen dicho trabajo, entiendan de lo que dice el plano cedido por el autor, para esto, el autor debe colocar la simbología general y universal que se utiliza en los planos para no cometer errores de fabricación y montaje.



Estos elementos tienen diferentes propiedades según las siguientes especificaciones de las normas.

- Para las <sup>1</sup>tuercas de acero al carbono y de aleación para pernos para servicio de alta presión y alta temperatura, tenemos la norma ASTM A194.
- Para pernos y pernos de cortante de acero al carbono de resistencia a la tracción de 414 MPa, tenemos la norma ASTM A307.
- Para pernos estructurales de acero, tratados térmicamente, de resistencia mínima a la tracción 830/725 MPa, tenemos la norma ASTM A325.
- Para pernos y pernos de cortante de acero templado y revenido, tenemos la norma ASTM A449.
- Para pernos estructurales de acero tratado térmicamente, de resistencia mínima a la tracción 1040 MPa, se tiene la norma ASTM A490.
- Para tuercas de acero al carbono y de aleación, se tiene la norma ASTM A563.
- Para arandelas de acero endurecido, tenemos la norma ASTM A436.

## **2.2.7. Modelado de estructura metálica**

### **2.2.7.1. Utilización del programa Tekla Structures**

Para la presentación de la estructura metálica del proyecto, utilizaremos el programa Tekla Structures, versión 17.0, el cual es de gran ayuda para los ingenieros proyectistas, ya que cuenta con una librería de perfiles de todas las medidas, la interface es dinámico y de simbología no complicada.

### **2.2.7.2. Utilización del programa Solidworks**

El siguiente programa tiene una visión diferente, pues se inclina para el diseño de piezas mecánicas de tamaños pequeños, se puede realizar el ensamblado de un conjunto de piezas, así también tiene una librería de los tipos de materiales, como acero, madera, plásticos, etc.

Se puede realizar análisis de esfuerzos y simulación de fluidos, tiene otras funciones como determinar el costo que produce la fabricación de una pieza.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **10 Acero:** Es una aleación de hierro y carbono en la que el carbono se encuentra en una proporción menor al 2,11% en peso. También puede contener otros elementos de aleación como manganeso, cromo, níquel, molibdeno, entre otros. La presencia de estos elementos afecta las propiedades mecánicas del acero, como la resistencia, la dureza, la ductilidad y la tenacidad. Existen diferentes tipos de aceros que varían en sus propiedades mecánicas y aplicaciones, como el acero estructural, el acero inoxidable, el acero para herramientas, Cada tipo de acero está diseñado para satisfacer requisitos específicos de resistencia, dureza, ductilidad y otros factores para diferentes aplicaciones industriales.
- **Carga:** Las cargas pueden ser estáticas o dinámicas. Las cargas estáticas son aquellas que permanecen constantes en el tiempo, mientras que las cargas dinámicas cambian con el tiempo. Pueden ser aplicadas de manera uniforme en toda una estructura o pueden ser concentradas en un punto específico. las cargas que actúan sobre una estructura al diseñar y construir para garantizar que sea capaz de soportarlas sin fallar. Para hacer esto, los ingenieros utilizan cálculos y modelos matemáticos.
- **1 Carga muerta:** Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo. En otras palabras, la carga muerta se refiere al peso de los materiales que forman parte de la estructura, incluyendo elementos estructurales como vigas y columnas, así como elementos no estructurales como paredes, pisos, techos y revestimientos.

- **4 Carga viva:** Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación. En otras palabras, la carga viva se refiere al peso de las personas, los vehículos y los equipos que se encuentran en una estructura y que pueden moverse o cambiar de posición con el tiempo. La magnitud de la carga viva depende del uso previsto de la estructura y puede variar significativamente en función del número de personas, la frecuencia y el tipo de vehículos, el peso y el movimiento de los equipos, entre otros factores.
  
- **Dureza:** Comúnmente se define como la resistencia de los metales a la penetración o la resistencia de un material a la deformación plástica o a la penetración por otro material.
  
- **2 Laminación en caliente:** Es la deformación plástica de productos semi terminados de aceros llámese planchones, palanquillas, torchos, los mismos que previamente han sido calentados a temperatura de laminación a 1250°C lo que permite modificar su sección transversal, por acción de rodillos de laminación.
  
- **Laminación en frío:** Es la deformación plástica de una bobina laminada en caliente, previo acondicionamiento a temperatura ambiente (decapado), mediante la acción de rodillos para reducir su espesor, y mejorando su acabado superficial.
  
- **Límite de fluencia:** Es el punto en la que la probeta del acero que está sometida a una fuerza de tracción, empieza su deformación plástica, también se le denomina Limite elástico.
  
- **Momento de inercia:** Propiedad de sección que depende del área y de la forma como está ubicada, con relación a un eje de referencia, su aplicación está relacionada con la deformación transversal del material generada por flexión, y por ende directamente relacionada con la carga de flexión, se le

designa con la letra  $I$ , por norma, estos ejes pasan por el eje de simetría de la sección del perfil.

- **Módulo de sección:** Es la resistencia de un área con respecto a un eje, y se calcula como la relación entre el momento de inercia y la distancia más alejada del eje de referencia, sus unidades son en  $\text{in}^3$  o  $\text{mm}^3$ .
- **Radio de giro:** También llamado radio de inercia de la sección transversal es una propiedad que se utiliza principalmente en los casos de compresión de los elementos es la distribución de la masa respecto a un eje que pasa por el centro de la misma.

### 3 **CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

#### **3.1. Modelo de solución propuesto**

##### **3.1.1. Cálculo de estructura metálica propuesta**

###### **3.1.1.1. Generalidades**

Para iniciar el presente capítulo diremos que la estructura en cuestión se encuentra en modo propuesta. La estructura es de techo horizontal, no es pórtico, por lo que tenemos que encontrar los perfiles que utilizaremos como son las vigas de ala ancha y las columnas de tubo cuadrado, mencionaremos el tipo de soldadura que se utilizaría, el espesor de cordón de la soldadura y el diámetro de los pernos a colocar en la estructura.

Se tiene en cuenta que la estructura propuesta está destinada para el funcionamiento de una ante cámara, para el despacho de los productos terminados del cliente de Esmeralda Corp., también está proyectado para oficinas en la parte superior o se instale equipos en un área menor, por lo que se debe tomar las precauciones del caso, teniendo esto presente, describiremos a la estructura propuesta.

###### **3.1.1.2. Características de la estructura metálica propuesta**

La estructura metálica, como ya mencione, tendrá un techo horizontal o plataforma será de las siguientes normas, para las vigas estructurales de ala ancha ASTM A572 GR50 y las columnas de tubo rectangular ASTM A500 GR.A, las planchas o cartelas son de ASTM A36 con aleación de cromo. En la parte de juntas de sujeción, se utilizará la soldadura con electrodo o de arco eléctrico, estos electrodos son de códigos E-6011 (soldadura blanca) y la E-7018 (supercito), además se colocarán pernos hexagonales de GR.8 de alta resistencia, de la norma SAE J429 con arandelas de presión y arandela plana, para

el anclado de las columnas al piso de concreto se utilizarían pernos zincados de expansión de la norma ASTM A307.

Se proyecta que se instalará en la estructura una placa colaborante en sistema Acero Deck, y encima se aplicará el concreto pre mezclado con aditivos para mejor resistencia y durabilidad de la losa.

### 3.1.1.3. Método de diseño según el AISC

El método que usare para resolver mi problema se llama Método por Esfuerzos Permisibles (ASD) el cual implica conocer el material, el perfil, pero no conocemos las dimensiones de su área transversal, la cual tenemos que calcular para que soporte una carga determinada, utilizaremos los reglamentos E-020, E-060 y E-090, por el Instituto Nacional de Edificaciones, publicado en el diario El Peruano, el día viernes 09 de junio del 2009.

El cálculo está regido por las especificaciones, por el Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC), para esfuerzos flexionantes permisibles para las vigas de ala ancha y para esfuerzos en las columnas que son elementos huecos y esbeltos que trabajaran a compresión.

A continuación, veremos todas las cargas a considerar. Se tiene que tener en cuenta algunos datos para iniciar con el cálculo manual del diseño para definir exactamente los espesores y el libraje por pie de los elementos y perfiles estructurales.

### 3.1.1.4. Tipos de cargas que intervienen

- **Carga muerta:** Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo (Fuente RNE).

Para fines de este trabajo, se considera:

- La capacidad de la estructura metálica es de 150 kg-f/m<sup>2</sup>.
- Los paneles termoaislantes del techo, densidad de 20 kg-f/m<sup>3</sup>.
- La losa colaborante de Acero Deck, densidad de 2400 kg-f/m<sup>3</sup>.

- **Carga viva:** Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación (Fuente RNE).

Para fines de este trabajo, se considera:

- Carga viva por colocación de elementos que será 30 kg-f/m<sup>2</sup>

Para fines de este trabajo no se considera el viento.

### 3.2. Resultados

#### 3.2.1. Características dimensionales de estructura metálica propuesta

Se sabe que la plataforma propuesta tiene las siguientes dimensiones físicas de terreno.

**Tabla 4**

*Datos de las dimensiones físicas del terreno.*

PARAMETROS	MEDIDAS	UNIDAD
Largo	45.00	metros
Ancho	8.00	metros
Altura	4.50	metros

*Fuente: Propia, 2019.*

#### 3.2.2. Cálculo de cargas para los perfiles metálicos

##### 3.2.2.1. Cálculo de carga para vigas y columnas

Masa solo de la estructura metálica considerando vigas, columnas y cartelas, obtenido del programa de diseño estructural utilizado para el modelamiento 3D.

$$\text{Carga de perfiles metálicos} = 150.00 \text{ kg/m}^2$$

### 3.2.2.2. Cálculo de carga para la losa colaborante

Peso de la losa colaborante de acero Deck que será instalada sobre estructura metálica propuesta.

$$\text{Densidad del concreto} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Carga del concreto} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.12\text{m} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga del concreto a considerar} = 300 \text{ kg/m}^2$$

### 3.2.2.3. Cálculo de carga viva y otras cargas

Por norma de edificaciones E.020, se tiene que la carga para oficina que actuaría sobre estructura metálica es  $30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ , pero se le va a aumentar el valor por motivo de cambio de cargas, y también por incrementos en infraestructura.

$$\text{Sobre carga} = 550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Por lo tanto, la masa total que se aplicaría a la estructura es:

$$\text{Carga total} = 1000 \text{ kg/m}^2$$

Después de haber hallado la carga total, necesitamos saber el valor de la resistencia a la cedencia para el acero ASTM A572 / ASTM A992, en ambos casos es 345 Mpa.

### 3.2.2.4. Cálculo del esfuerzo de diseño para viga de ala ancha

El esfuerzo de diseño para cargas estáticas en estructuras se calculará con la siguiente fórmula, según el AISC:

$$\text{Esfuerzo de diseño} = \sigma_d = 0.66 \times S_y$$

Realizando el cálculo con el valor de la tabla 2, tenemos:

$$\text{Esfuerzo de diseño} = \sigma_d = 0.66 \times 345 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_d = 227.70 \text{ Mpa}$$

Seguido, debemos encontrar el momento flexionante máximo, para ello, nos apoyamos en un programa de vigas, el cual nos da una rapidez para el cálculo cuando se está diseñando bajo presión.

### 3.2.2.5. Cálculo de Momento flexionante máximo (M)

El programa a utilizar se llama Beam Calculator, el cual es de soporte para los problemas del libro Resistencia de Materiales de Robert L. Mott, editorial Pearson 2009.

Se necesita los siguientes datos:

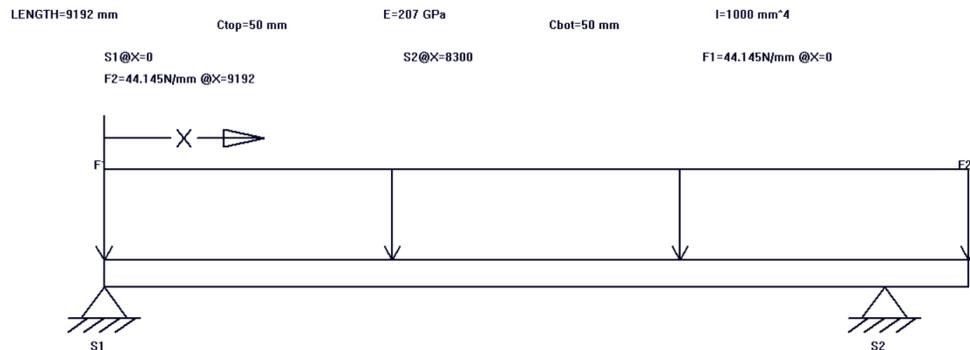
**Tabla 5**

*Datos de la viga.*

DATOS	MEDIDA	UNIDAD
Longitud de viga	9192.00	mm
Carga	44.15	N/mm

*Fuente: Propia, 2019.*

Se muestra en la tabla 5 los datos ingresados al programa:

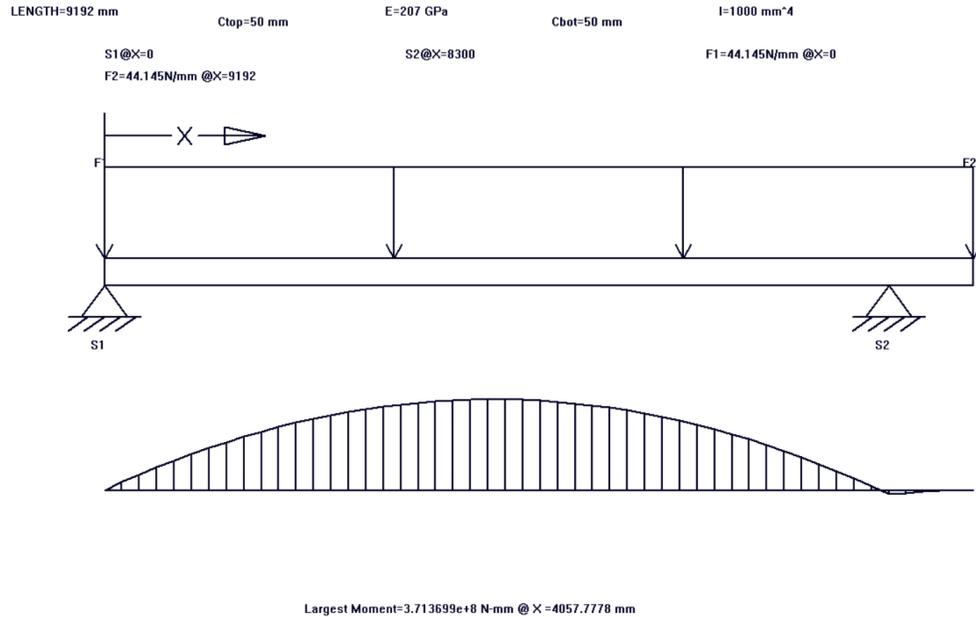


**Figura 6.** Carga sobre la viga.

*Fuente: Propia, 2019.*

En la figura 6, se tiene los puntos S1 y S2, donde la viga se está apoyando, los cuales representan las columnas, también se muestra la fuerza distribuida uniforme en todo el perfil metálico.

Se muestra en la figura 7 el momento flexionante máximo:



**Figura 7.** Momento flector de la viga.

*Fuente: Propia, 2019.*

El valor hallado es:

$$\text{Momento flexionante maximo} = M = 3.713699 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

### 3.2.2.6. Cálculo de Módulo de sección (S)

Ahora que ya tenemos el valor de M, podemos reemplazarlo en la formula modificada de Flexión.

$$\text{Flexión} = \sigma_{\text{máx}} = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\text{Módulo de sección} = S = \frac{I}{c}$$

$$\sigma = \frac{M}{S} \rightarrow S = \frac{M}{\sigma_d}$$

Así que reemplazando los valores tenemos:

$$S = \frac{3.713699 \times 10^8 \text{ N.mm}}{227.70 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Módulo de sección} = S = 0.00163 \text{ m}^3 = 99.4687 \text{ inch}^3$$

Con este resultado, nos dirigimos a la tabla del proveedor de perfiles metálicos y seleccionamos el valor más cercano superior, para este trabajo se utiliza el cuadro de la empresa Tubisa SAC (Anexos 1).

### 3.2.2.7. Cálculo de la columna cuadrada

Realizado el cálculo de la carga para las vigas, ahora debemos hallar el esfuerzo en las columnas, deberemos tomar una pequeña porción de área de la estructura, así tendremos el comportamiento de un perfil, que está bajo la acción de la carga total que le toca resistir, esta área debe ser un área crítica.

Tenemos dos áreas en la cual se puede tomar para el cálculo, la ubicación de la columna puede ser de centro o del contorno. Entonces, haciendo una comparativa visual del plano, se puede concluir que las columnas que se encuentran en el centro son las que soportan mayor carga. Entonces, según las especificaciones del AISC, realizaremos el cálculo de las dimensiones de las columnas.

**PRIMERO:** Datos:

Longitud de columna (L) = 4500 mm.

Factor de fijación de los extremos (K) = 0.65.

Resistencia a la cedencia (Sy) = 345 MPa.

Módulo de elasticidad (E) = 207 GPa.

La sección de la columna (Ag) = 4580 mm<sup>2</sup>.

Las dimensiones de la columna que se quiere colocar es HSS 200x200x6.0 en designación ASTM A500 grado C, con Sy = 50ksi o 345Mpa.

Con estos datos se realiza los siguientes cálculos.

**SEGUNDO:** Procedimiento de cálculo:

Según fórmula de Relación de esbeltez (SR):

$$SR = K \times L/r_{min}$$

Reemplazando datos:

$$SR = 0.65 \times 4500/80$$

$$SR = 36.56$$

Según fórmula de Relación de esbeltez de transición (SR<sub>t</sub>):

$$SR_t = 4.71 \times \sqrt{E/S_y}$$

Reemplazando datos:

$$SR_t = 4.71 \times \sqrt{207GPa/345MPa}$$

$$SR_t = 115.37$$

Según fórmula de Esfuerzo de pandeo crítico elástico (S<sub>e</sub>):

$$S_e = \pi^2 \times E/(SR)^2$$

Reemplazando datos:

Mencionar que SR<sub>t</sub> será SR, entonces:

$$S_e = \pi^2 \times 207GPa/(115.37)^2$$

$$S_e = 153.49 MPa$$

Como  $SR \leq SR_t$ , utilizamos la ecuación siguiente para encontrar el esfuerzo de pandeo flexionante para columna corta.

Según la fórmula de Esfuerzo de pandeo flexionante (S<sub>cr</sub>):

$$S_e = \pi^2 \times E/SR^2$$

$$S_e = \pi^2 \times 207 GPa/(36.56)^2 = 1528.47 MPa$$

$$d = S_y/S_e$$

$$d = \frac{345 MPa}{1528.47 MPa} = 0.226$$

$$S_{cr} = 0.658^d \times S_y$$

$$S_{cr} = 0.658^{0.226} \times 345 \text{ MPa}$$

$$S_{cr} = 313.86 \text{ MPa}$$

Al obtener el ultimo resultado, podemos calcular ahora la resistencia al pandeo nominal, tomamos el área de la columna que se encuentra en la lista de datos, la cual se quiere colocar.

Según la fórmula de la Resistencia al pandeo nominal ( $P_n$ ):

$$P_n = S_{cr} \times A_g$$

$$P_n = 313.86 \text{ N/mm}^2 \times 4580 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 1437.48 \text{ kN}$$

Según la fórmula de la Resistencia a la compresión admisible ( $P_a$ ):

$$P_a = P_n / 1.67$$

$$P_a = 1437.48 \text{ kN} / 1.67 = 860.766 \text{ kN}$$

## CONCLUSIONES

- El cálculo y modelamiento de la plataforma metálica E-1 para el funcionamiento de ante cámara en la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp., según el AISC, es un proceso crucial para asegurar la seguridad y eficiencia de la estructura en su uso diario. Al aplicar los principios y normas del AISC, se logra obtener una plataforma metálica que cumple con las especificaciones técnicas y normativas requeridas. De esta manera, se asegura una estructura metálica confiable y segura para su uso en la planta industrial de Esmeralda Corp.
- Realizado los cálculos y el modelamiento de la plataforma metálica E-1 para el funcionamiento de ante cámara en la zona E, dentro de la planta de Esmeralda Corp., según el AISC, se obtuvo que las vigas soportan una carga máxima admisible de 99.4687 pulgadas cúbicas, mientras que las columnas soportan una carga máxima admisible de 542.2 kilo newtons. Es importante destacar que estos datos son fundamentales para asegurar que la estructura metálica pueda soportar las cargas y demandas de uso requeridas en la planta industrial. Por lo tanto, se garantiza que la plataforma metálica es segura, confiable y eficiente en su uso diario. Al cumplir con las especificaciones técnicas y normativas requeridas, se logra ofrecer un producto final de alta calidad y satisfacer las necesidades del cliente.

## RECOMENDACIONES

- Verificar los cálculos: Asegurarse de que todos los cálculos realizados sean precisos y estén verificados por un profesional competente en ingeniería estructural.
- Considerar la calidad del material: Para garantizar la durabilidad y la seguridad de la plataforma metálica, es importante utilizar materiales de alta calidad y asegurarse de que cumplan con los estándares de calidad requeridos.
- Realizar inspecciones periódicas: Es importante realizar inspecciones periódicas para garantizar que la plataforma metálica esté en buen estado y cumpla con los requisitos de seguridad necesarios.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales: Las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la corrosión, pueden afectar la durabilidad y la resistencia de la plataforma metálica. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta estas condiciones al seleccionar los materiales y diseñar la estructura.

## BIBLIOGRAFIA

- Mott, Robert L. (2009). Resistencia de materiales 5ta edición, Pearson Educación. Prentice Hall
- AISC. (2016). Specification for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Construction.
- Design Guide 3: Serviceability Design Considerations for Steel Buildings. (2015). American Institute of Steel Construction.
- Blodgett, O. W. (1966). Design of Welded Structures. James F. Lincoln Arc Welding Foundation.
- Lee, T. Y. (2008). Applied Structural Steel Design. Prentice Hall.
- McCormac, J. C., & Csernak, S. (2012). Structural Steel Design. Prentice Hall.
- Salmon, C. G., Johnson, J. E., & Malhas, F. A. (2009). Steel Structures: Design and Behavior. Prentice Hall.
- Spiegel, L., & Limbrunner, G. F. (2009). Applied Statics and Strength of Materials. Prentice Hall.
- Montaje Soluciones e Ingeniería. (2018) Los símbolos de la soldadura.  
<https://www.ms-ingenieria.com.mx/capacitacion-y-normativas/los-simbolos-de-la-soldadura/>

# ANEXOS

## Anexo 1: Tabla de proveedor para elección de perfil metálico.



Vigas - Planchas - Tubos - Angulos - Canales - Válvulas - Fittings

VIGAS H ALAS ANCHAS WF SISTEMA INGLES

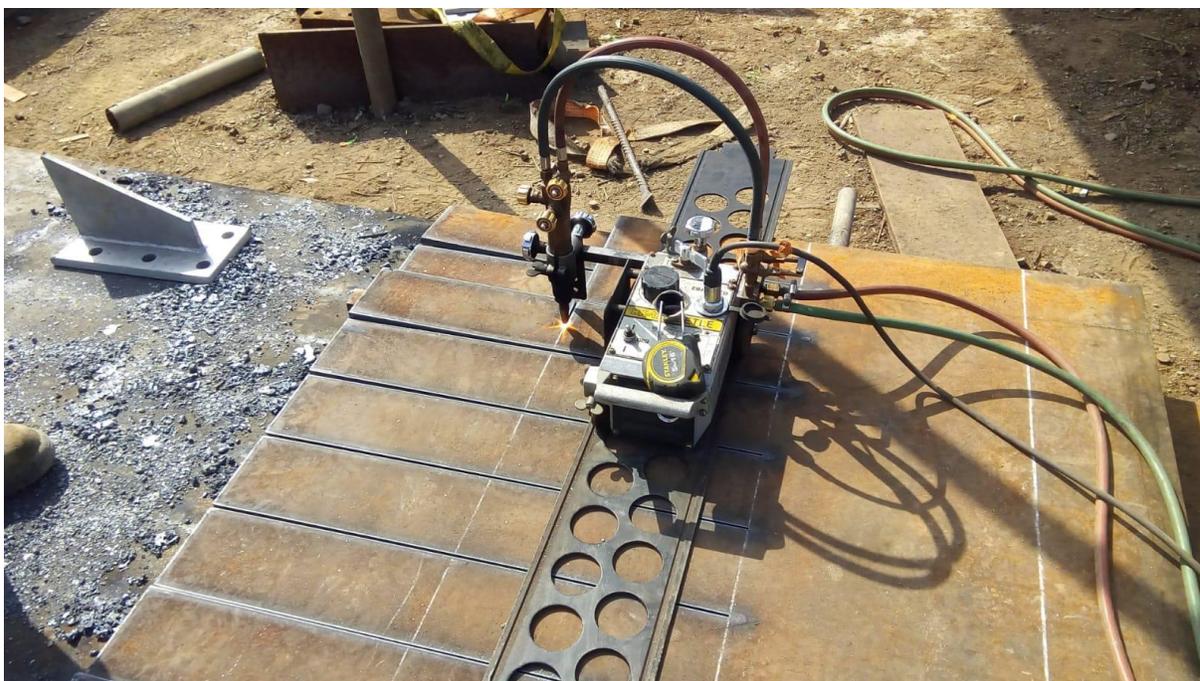
### Dimensiones, Pesos Teóricos y Características

Dimensiones		Pesos Teóricos				Espesor, pulgada		Dimensiones pulgada			EJE X - X			EJE Y - Y		
Alma	Ala	libras/pie	Kg/m	kg/30'	kg/40'	Alma tw	Ala tf	Alma d	Ala bf	AREA pulg²	ix in⁴	Sx in³	rx in	Iy in⁴	Sy in³	ry in
10"	4"	15	22.969	204.545	272.727	0.230	0.269	9.990	4.000	4.40	68.80	13.80	3.95	2.79	1.39	0.80
		19	28.335	259.091	345.455	0.250	0.394	10.240	4.020	5.61	96.20	18.80	4.14	4.19	2.08	0.86
		22	32.808	300.000	400.000	0.240	0.358	10.158	5.748	6.49	117.60	23.15	4.26	11.35	3.95	1.32
	5 1/4"	26	38.774	354.545	472.727	0.260	0.441	10.315	5.787	7.61	144.49	28.02	4.35	14.26	4.93	1.37
		30	44.739	409.091	545.455	0.299	0.512	10.470	5.827	8.84	171.01	32.66	4.39	16.90	5.80	1.38
		33	49.213	450.000	600.000	0.292	0.433	9.730	7.960	9.71	170.90	35.00	4.20	36.50	9.20	1.94
	8"	39	58.160	531.818	709.091	0.318	0.528	9.920	7.985	11.48	209.70	42.20	4.27	44.90	11.20	1.98
		45	67.108	613.636	818.182	0.350	0.618	10.100	8.020	13.24	248.60	48.10	4.33	53.20	13.30	2.00
		49	73.073	668.182	890.909	0.340	0.558	9.980	10.000	14.40	272.90	54.80	4.35	63.00	18.60	2.54
	10"	54	80.530	739.364	981.818	0.368	0.618	10.090	10.030	15.88	305.70	60.40	4.39	103.90	20.70	2.56
		60	89.477	818.182	1090.909	0.415	0.683	10.220	10.080	17.86	343.70	67.10	4.41	116.50	23.10	2.57
		19	28.335	259.091	345.455	0.240	0.349	12.160	4.005	5.82	130.10	21.40	4.81	3.67	1.83	0.81
12"	4"	22	32.808	300.000	400.000	0.260	0.424	12.310	4.030	6.47	155.70	25.30	4.91	4.55	2.28	0.84
		28	38.774	354.545	472.727	0.228	0.382	12.205	6.498	7.66	204.86	33.57	5.17	17.48	5.38	1.51
		30	44.739	409.091	545.455	0.260	0.441	12.323	6.535	8.79	238.67	38.74	5.20	20.53	6.29	1.53
	6 1/4"	35	52.195	477.273	636.364	0.299	0.520	12.480	6.575	10.31	284.72	45.63	5.24	24.65	7.50	1.54
		40	59.652	545.455	727.273	0.294	0.516	11.940	8.005	11.77	310.10	51.90	5.13	44.10	11.00	1.94
		45	67.108	613.636	818.182	0.336	0.576	12.060	8.045	13.24	350.80	58.20	5.15	50.00	12.40	1.94
	8"	50	74.565	681.818	909.091	0.371	0.641	12.190	8.080	14.71	394.50	64.70	5.18	56.40	14.00	1.96
		53	79.038	722.727	963.636	0.345	0.576	12.060	9.995	15.59	426.20	70.70	5.23	96.10	19.20	2.48
		58	86.495	790.909	1054.545	0.359	0.641	12.190	10.010	17.06	476.10	78.10	5.28	107.40	21.40	2.51
	10"	65	99.534	886.364	1181.818	0.390	0.606	12.120	12.000	19.11	533.40	88.00	5.28	174.60	29.10	3.02
		72	107.373	981.818	1309.091	0.430	0.671	12.250	12.040	21.16	597.40	97.50	5.31	195.30	32.40	3.04
		79	117.812	1077.273	1436.364	0.470	0.736	12.380	12.080	23.22	663.00	107.10	5.34	216.40	35.80	3.05
12"	120	178.955	1636.364	2181.818	0.710	1.106	13.120	12.320	35.31	1071.70	163.40	5.51	345.10	56.00	3.13	
	22	32.808	300.000	400.000	0.228	0.335	13.740	5.000	6.49	198.40	28.88	5.54	6.99	2.80	1.04	
	26	38.774	354.545	472.727	0.224	0.421	13.898	5.040	7.69	245.80	35.38	5.64	9.01	3.58	1.08	
14"	5"	30	44.739	409.091	545.455	0.270	0.383	13.840	6.730	8.81	289.60	41.80	5.73	19.60	5.82	1.49
		34	50.704	463.636	618.182	0.287	0.453	13.980	6.745	10.00	339.20	48.50	5.83	23.30	6.91	1.53
		38	56.669	518.182	690.909	0.313	0.513	14.100	6.770	11.17	385.30	54.60	5.87	26.70	7.88	1.55
	6 1/4"	43	64.126	586.364	781.818	0.308	0.528	13.660	7.995	12.65	429.00	62.70	5.82	45.10	11.30	1.89
		48	71.582	654.545	872.727	0.339	0.593	13.790	8.030	14.11	484.90	70.20	5.86	51.30	12.80	1.91
		53	79.038	722.727	963.636	0.370	0.658	13.920	8.060	15.59	542.10	77.80	5.90	57.50	14.30	1.92
	8"	61	80.369	831.818	1109.091	0.378	0.643	13.890	9.995	17.94	611.50	92.20	5.98	107.30	21.50	2.45
		68	101.408	927.273	1236.364	0.418	0.718	14.040	10.035	20.00	724.10	103.00	6.02	121.20	24.10	2.46
		90	134.216	1227.273	1636.364	0.441	0.709	14.018	14.528	26.51	997.29	142.31	6.14	352.30	49.87	3.70
	14 1/2"	120	178.955	1636.364	2181.818	0.590	0.940	14.480	14.670	35.30	1380.00	190.00	6.24	495.00	67.50	3.74

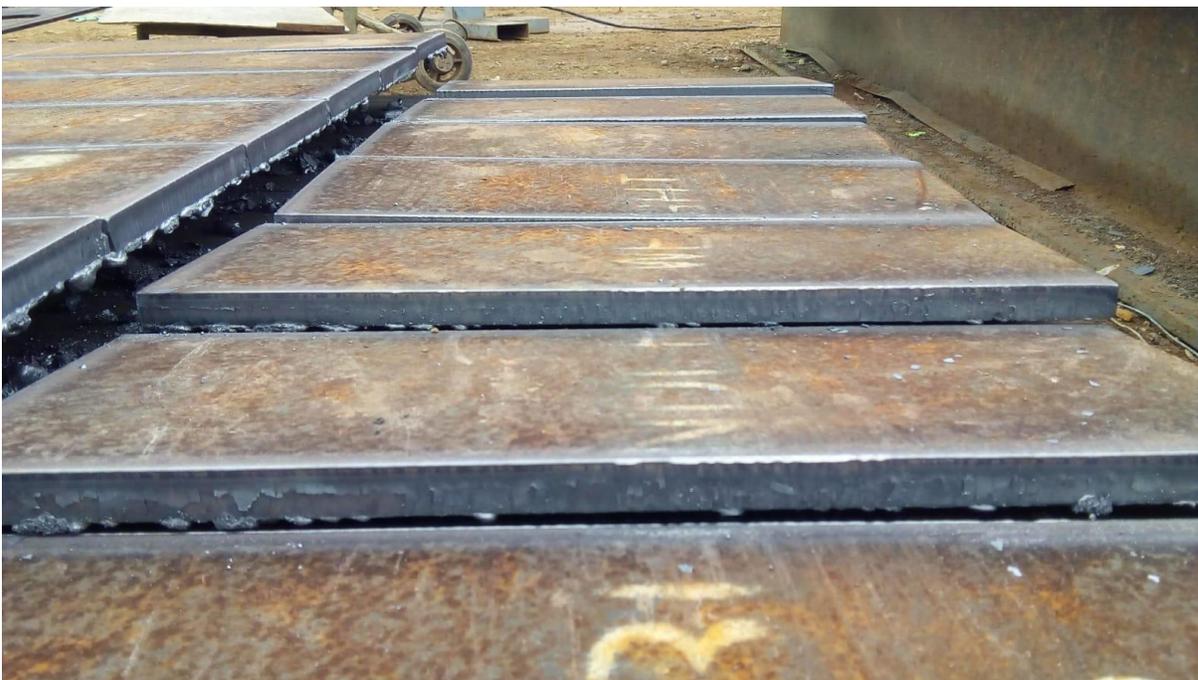
**Anexo 2: Trazado de medidas de cartelas.**



**Anexo 3: Corte de cartelas con carro de oxígeno y acetileno.**



**Anexo 4: Cartelas después del proceso de cortado.**



**Anexo 5: Limpieza de los bordes de las cartelas.**



**Anexo 6: Cartelas con agujeros para los pernos.**



**Anexo 7: Traslado de vigas para el proceso de habilitación a medida.**



**Anexo 8: Proceso de montaje de estructura metálica.**



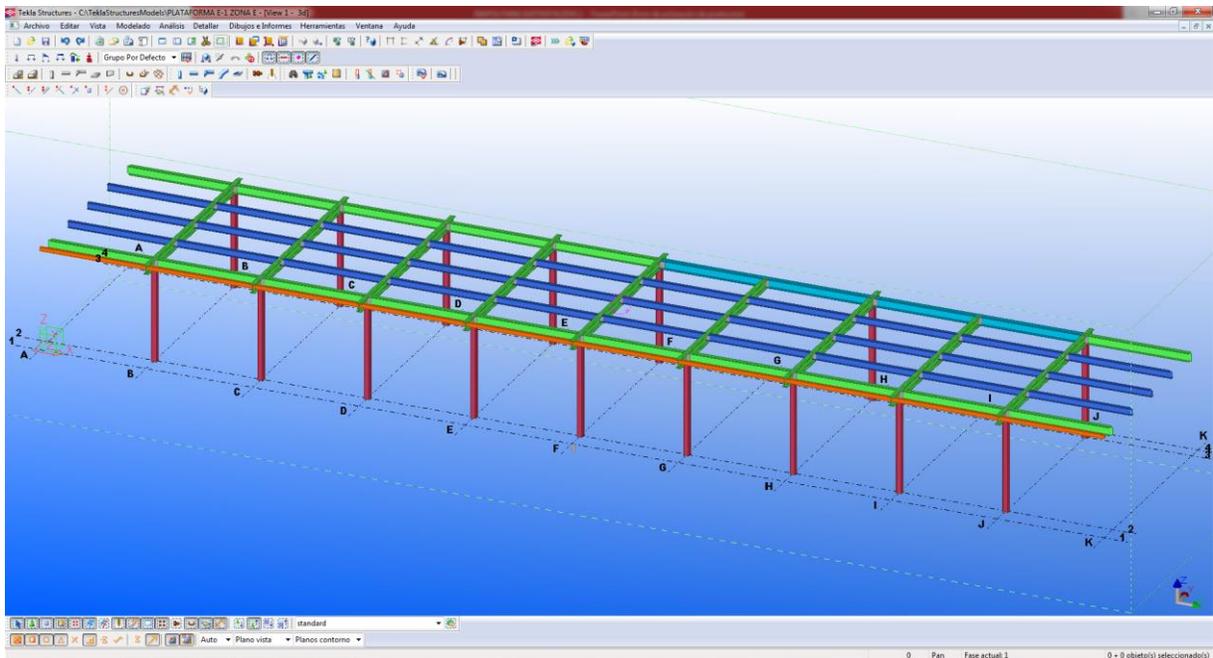
**Anexo 9: Proceso de colocación de pernos estructurales.**



## Anexo 10: Montaje finalizado de plataforma metálica.



## Anexo 11: Modelado de plataforma metálica en programa de diseño.



## ● 12% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>es.scribd.com</b> Internet	3%
2	<b>tubisa.com.pe</b> Internet	2%
3	<b>repositorio.untels.edu.pe</b> Internet	2%
4	<b>hdl.handle.net</b> Internet	<1%
5	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Internet	<1%
6	<b>docplayer.es</b> Internet	<1%
7	<b>de.scribd.com</b> Internet	<1%
8	<b>alldokument.com</b> Internet	<1%

9	<b>docsity.com</b>	Internet	<1%
10	<b>slideshare.net</b>	Internet	<1%
11	<b>repositorio.upt.edu.pe</b>	Internet	<1%
12	<b>fr.scribd.com</b>	Internet	<1%
13	<b>kupdf.net</b>	Internet	<1%
14	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b>	Internet	<1%
15	<b>repositorio.espe.edu.ec</b>	Internet	<1%
16	<b>repositorio.umsa.bo</b>	Internet	<1%
17	<b>es.slideshare.net</b>	Internet	<1%
18	<b>repositorio.upla.edu.pe</b>	Internet	<1%
19	<b>vingle.net</b>	Internet	<1%