

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO DE ARMADURA METALICA ARTICULADA DE
TECHO CON INCIDENCIA DE CARGA DE NIEVE EN
ZONAS ALTOANDINAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JAIME LEONCIO MALDONADO ARDILES

Lima- Perú

2015

INDICE

RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS	8
INTRODUCCION.....	9
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	10
1.1 GENERALIDADES	10
1.2 UBICACION	10
1.3 OBJETIVO DEL INFORME.....	11
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
CAPÍTULO II. MODELADO DE LA ARMADURA.....	12
2.1 BASES DE DISEÑO.....	12
2.2 DOCUMENTOS Y PLANOS.....	13
2.3 MATERIALES.....	13
2.4 ESTRUCTURACION Y GEOMETRIA.....	13
2.5 CONSIDERACIONES DE ANALISIS Y DISEÑO	14
2.6 MODELO PARA EL ANALISIS	18
2.6.1 Sección armada considerada y armadura típica:	18
2.6.2 Sección transversal típica:.....	21
2.6.3 Isometría	22
2.6.4 Modelo para el análisis de la armadura	23
CAPÍTULO III. METRADO DE CARGAS.....	24
3.1 CARGA MUERTA D	24
3.2 CARGA VIVA DE TECHO LR (Norma E020).....	24
3.3 CARGA DE VIENTO W (Norma E020).....	25
3.3.1 Velocidad de diseño	25
3.3.2 Carga Exterior de viento.....	25
3.3.3 Cargas de Viento asignadas (Kg).....	28
3.4 CARGA DE NIEVE S (Norma E020).....	29
3.4.1 Cargas de nieve consideradas	29
3.4.1 Cargas de Nieve asignadas (Kg)	31
3.5 CARGA DE SISMO E (Norma E030).....	32
CAPÍTULO IV. ANALISIS ESTRUCTURAL	34
4.1 CONSIDERACIONES DE ANALISIS	34
4.2 MODELO PARA ANALISIS ESTRUCTURAL	35

4.3 COMBINACIONES DE CARGA CONSIDERADAS.....	35
4.4 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL	37
CAPÍTULO V. DISEÑO DE LA ARMADURA.....	39
5.1 PROPIEDADES DE LA SECCION ARMADA CONSIDERADA.....	39
5.2 PROPIEDADES DE LA SECCION ARMADA CONSIDERADA PARA EL DISEÑO	40
5.3 DISEÑO BRIDA INFERIOR.....	41
5.3.1 Diseño Brida Inferior Caso Traccion	41
5.3.2 Diseño Brida Inferior Caso Compresion.....	42
5.4 DISEÑO DE LA BRIDA SUPERIOR	42
5.5 DISEÑO DE DIAGONALES.....	43
5.6 DISEÑO DE MONTANTES.....	44
5.7 INCIDENCIA DE CARGA DE NIEVE.....	46
5.8 DISEÑO DE CORREAS DE TECHO.....	46
5.9 DISEÑO DE TENSORES DE TECHO	48
5.10 DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS.....	48
5.10.1 Tamaño de la soldadura (ws)	49
5.10.2 Resistencia de diseño por un cm de soldadura de filete	50
5.10.3 Resistencia a la fractura de corte del perfil en la base de la soldadura de filete	50
5.10.4 Longitud de los cordones de soldadura	51
CAPÍTULO VI. VERIFICACION DEL DISEÑO DE LA ARMADURA CON UN PROGRAMA DE CÓMPUTO	52
6.1 GEOMETRIA.....	52
6.2 IMPORTACION DEL MODELO EN SAP2000	53
6.3 EDICION DE LA GEOMETRIA	55
6.4 DEFINICION DE MATERIALES.....	57
6.5 DEFINICION DE SECCIONES.....	58
6.6 DEFINICION DE TIPO DE CARGA	61
6.7 DEFINICION DE CASOS DE CARGA	61
6.8 DEFINICION DE COMBINACIONES DE DISEÑO.....	62
6.9 CONFIGURACION DE ANALISIS ESTRUCTURAL	63
6.10 EJECUCION DE ANALISIS	65
6.11 REVISION DE REACCIONES Y FUERZAS AXIALES.....	65
6.12 CONFIGURACION DE NORMA DE DISEÑO.....	66
6.13 ELEGIR COMBINACIONES PARA EL DISEÑO.....	67

6.14 DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO	67
6.15 REVISION DE RATIOS DE DEMANDA CAPACIDAD	67
6.16 METRADO	68
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
7.1 CONCLUSIONES.....	69
7.2 RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS	72

RESUMEN

Este Informe de Suficiencia presenta el diseño de una estructura metálica que servirá como cobertura de techo, para un almacén en un proyecto minero, localizado en el departamento de Apurímac, en una elevación de promedio de 4600 msnm.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes de proyecto. Luego, en el segundo capítulo se desarrolla el modelado de la estructura, es decir la estructuración y las simplificaciones necesarias para realizar el análisis y finalmente diseñar la estructura metálica considerada.

En el tercer capítulo, se desarrolla el metrado de cargas de la estructura, tomando como referencia la Norma E020.

Luego, en el cuarto capítulo se muestra los resultados del Análisis Estructural de la estructura, demás los resultados de las combinaciones de carga que dominan el diseño, según la norma E090.

Posteriormente, en el quinto capítulo se presenta el diseño de la armadura según los criterios del método LRFD de la Norma E090, considerando los criterios de Diseño por Tracción y Compresión, según sea el caso de sollicitación de los elementos estructurales

En el capítulo sexto se verifica el diseño estructural con un programa de computo (SAP2000). Este proceso consiste en importar la geometría desde un programa de dibujo (AutoCAD), modelando las secciones utilizadas, además de las condiciones de diseño (nudos como rotulas, las líneas de acción de las fuerzas axiales coincidirán con el centroide la sección armada considerada, etc.) e incorporando las consideraciones de la Norma E090 en los códigos de diseño disponibles en el programa.

Finalmente en el capítulo séptimo se muestran las conclusiones y recomendaciones obtenidas en base a este estudio.

En los anexos del presente informe se muestran especificaciones técnicas para la fabricación y montaje de estructuras metálicas, el catálogo de secciones utilizado, las tablas de diseño utilizadas, así como los planos de detalles de la armadura metálica diseñada.

LISTA DE CUADROS

Tabla 1 - Criterios de Diseño	12
Tabla 2 - Factores de Forma (C) – Norma E020.....	26
Tabla 3 - Combinaciones de Diseño.....	36
Tabla 4 - Fuerza por tipo de lemento.....	37
Tabla 5- Propiedades de la Seccion Base (Kip-in).....	39
Tabla 6 - Propiedades de la Sección Base (kg-cm)	39
Tabla 7 Incidencia de Carga de Nieve	46
Tabla 8 - Fuerzas en correa de techo.....	47
Tabla 9 - Tamaño mínimo de soldaduras de filete	49
Tabla 10 - Resistencia de diseño por un cm de soldadura de filete	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación de Proyecto.....	11
Figura 2 - Isométrico Edificación.....	14
Figura 3 - Marco Típico.....	14
Figura 4 - Modelo de Armadura para Análisis.....	15
Figura 5 - Modelo de cargas concentradas en los nudos.....	15
Figura 6 - Apoyo fijo en armadura articulada	16
Figura 7 - Apoyo móvil en armadura articulada	17
Figura 8 - Sección armada considerada para el análisis y diseño.....	19
Figura 9 - Sección Armada 2L2x2x1/4.....	19
Figura 10 - Armadura Típica	20
Figura 11 - Sección Transversal Típica	21
Figura 12 – Isometría de la armadura.....	22
Figura 13 - Modelo para análisis estructural	23
Figura 14 - Carga Muerta (D)	24
Figura 15 - Carga Viva de Techo (LR).....	24
Figura 16 - Zonas Consideradas para carga de Viento.....	26
Figura 17 - Carga de viento (W1)	28
Figura 18 - Carga de viento (W2)	28
Figura 19 - Carga de viento (W3)	28
Figura 20 - Carga de Viento (W4).....	29
Figura 21 - Carga de Nieve (S1).....	31
Figura 22 - Carga de Nieve (S2).....	31
Figura 23 - Carga de Nieve (S3).....	31
Figura 24 - Carga de Nieve (S4).....	32
Figura 25 - Carga de Nieve (S5).....	32
Figura 26 - Carga de Sismo E1	33
Figura 27 - Carga de Sismo E2	33
Figura 28 - Sección Armada considerada en toda la armadura	34
Figura 29 - Numeración de los elementos en la armadura.....	35
Figura 30 - Fuerzas Axiales en la Armadura (Combinación ENVOLVENTE)	38
Figura 31 - Sección Base	39
Figura 32 – Sección Armada usada para diseño	39
Figura 33 Esquemas de Esfuerzos en la correa de techo.....	47
Figura 34 - Conexiones Soldadas.....	48

Figura 35 - Cargas para diseño de conexiones soldadas	49
Figura 36 - Sección armada considerada para el análisis.....	58
Figura 37 Secciones Paramétricas ofrecidas por el programa	59
Figura 38 - Estructura que presentara inversión de esfuerzos.....	69

LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

A	Área de la sección transversal.
A_D	Área de diseño requerida para tensor
A_e	Área neta efectiva
A_g	Área total
C	Factor de forma adimensional para cargas de viento
D	Carga Muerta.
e	Separación entre ángulos en sección armada
E	Carga de Sismo
F_{cr}	Esfuerzo crítico
F_u	Resistencia a la Tracción del Acero
f_y	Módulo de Fluencia del Acero
h	Altura sobre el terreno en metros
I_x, I_y	Momento de Inercia según el eje x ó y.
I_x', I_y'	Momento de Inercia según el eje x ó y, de la sección armada.
$K_{x,y}$	Factor de longitud efectiva según el eje x ó y.
LR	Carga Viva de Techo
L_x, L_y	Longitud sin apoyo lateral según el eje x ó y.
M_{nx}, M_{ny}	Resistencia nominal en flexión
M_{ux}, M_{uy}	Resistencia requerida en flexión
ϕ	Factor de resistencia
ϕ_c	Factor de resistencia para compresión
ϕ_{fw}	Resistencia de Diseño por unidad de longitud de cordón de soldadura
ϕ_t	Factor de resistencia para tracción
P_h	Presión o succión del viento a una altura h en Kgf/m ²
P_n	Resistencia axial nominal (tracción o compresión).
P_u	Resistencia axial requerida (tracción o compresión)
R	Ratio demanda/capacidad
r_x, r_y	Radio de giro según el eje x ó y.
$S_{1,2,3,4,5}$	Carga de Nieve, casos 1,2,3,4 y 5
T	Tamaño mínimo de la soldadura
tf	espesor del ala
tw	espesor del alma
V	Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h
V_h	Velocidad de diseño en la altura h en Km/h
$W_{1,2,3,4}$	Carga de Viento, casos 1,2,3 y 4
ws	Tamaño de la soldadura
W_u	Carga de diseño en correa de techo
x,y	Coordenadas del centroide.
γ_c	Parámetro de esbeltez de columna

INTRODUCCION

En un proyecto minero, edificaciones tales como talleres, almacenes, etc. son construidas principalmente de acero estructural, quedando en un segundo plano el concreto armado. Todo esto debido a los costos de transporte de los insumos como cemento, agregados, etc. Además de la relativa facilidad de desmontaje/transporte de las edificaciones de acero comparadas a las de concreto armado, esto último englobado dentro del denominado "*Cierre de Mina*".

Dada la ubicación de los proyectos mineros del sur del país, se presentan características especiales tales como la presencia de cargas no consideradas en la mayoría de diseños. Por ejemplo la variación de temperatura entre el día y la noche causa fuerzas y desplazamientos, así como también la presencia de nieve genera fuerzas adicionales en las estructuras.

En el presente Informe de Suficiencia se revisara el análisis diseño y verificación de una armadura metálica articulada, que sirve de cobertura a un almacén en un proyecto minero localizado en Apurímac, con elevación promedio de 4600 m.s.n.m.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES

La Unidad Minera ANAMA, desarrolla el proceso de minería a cielo abierto para la extracción de oro, utilizando el proceso de lixiviación por pilas, el cual se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben de mover, para poder obtener el mineral útil.

El proceso de lixiviación consiste en apilar grandes cantidades de mineral triturado y regarlo con una solución de cianuro, esto permite que las partículas de oro (que no es un mineral soluble), sean arrastradas como parte de la solución. Luego se almacena la solución en grandes pozas, para posteriormente por medio de un proceso metalúrgico (filtrado, precipitación, prensado y fundición), extraer el oro.

Dentro de los reactivos utilizados en el proceso de lixiviación se encuentra la Cal Viva (CaO - Oxido de Calcio) que se mezcla con el material que ira hacia las pilas de mineral, al producirse el riego se convierte en Hidróxido de Calcio. Este elemento cumple una función de aglomerante (impide la separación del material fino lo que impediría el arrastre del oro disuelto en la solución) y actúa como un controlador del PH de la solución de cianuro (para impedir la volatilización del mismo como gas cianhídrico, un veneno muy potente y de rápido efecto).

La Cal se almacena en una edificación compuesta por una losa de cimentación de concreto armado que sirve de base a marcos paralelos arriostrados, compuestos por columnas metálicas que a su vez sirven de apoyo para armaduras metálicas articuladas que sirven como cobertura.

1.2 UBICACION

El proyecto se encuentra ubicado en la cordillera occidental sur de los Andes en el distrito de Huaquirca, provincia Antabamba, departamento Apurímac, ubicada a unos 15.0 Km en línea recta al este de la ciudad de Antabamba, y a tres horas en camioneta hasta el campamento del proyecto. Se tiene como principal vía de acceso la Carretera Panamericana Sur recorriendo la ruta Lima-Nazca-Puquio-Abancay, a la altura de Santa Rosa antes de llegar a Abancay se toma un camino vecinal, con rumbo hacia el Este y se sigue por 79.0 Km hasta llegar a Antabamba.

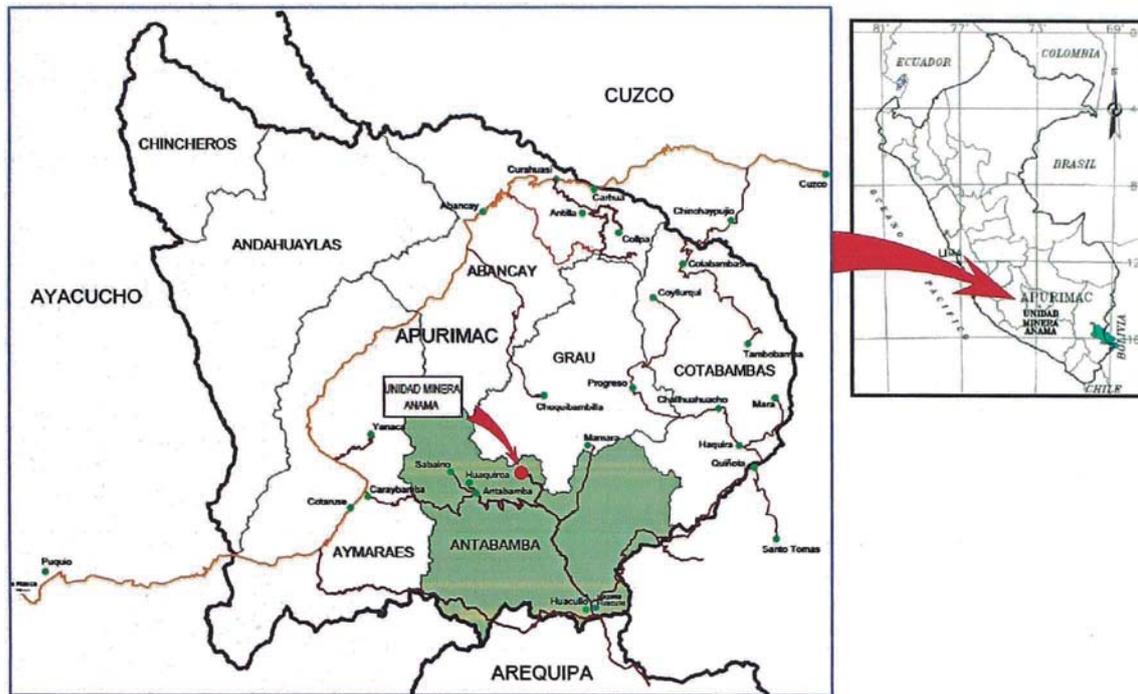


Figura 1 - Ubicación de Proyecto

1.3 OBJETIVO DEL INFORME

El presente Informe de Suficiencia, tiene como objetivo diseñar una armadura metálica articulada que compone la cobertura de techo de un almacén de insumos (Cal), en un proyecto minero a 4600m de altura y estudiar la incidencia de la carga de Nieve (S).

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las cargas y obtener la combinación de cargas crítica, que gobierna el diseño de la armadura.
- Diseñar la armadura y verificar el diseño con un programa de computo (SAP2000).

CAPITULO II. MODELADO DE LA ARMADURA

2.1 BASES DE DISEÑO

Para este desarrollo se ha tomado en consideración los siguientes criterios:

Tabla 1 - Criterios de Diseño

Descripción	Valor	Criterio Usado	Fuente
Uso	Almacén	Requisito Mina	B
Capacidad	287.50m ³	Requisito Mina	B
Iluminación	Cenital	Requisito Mina	B
Altura edificación	8.25 m	Requisito Mina	B
Cobertura Techo	Panel TR 4 espesor 0.4 mm	Distancia Apoyos 1.50m max.	B
Cobertura Muros	Calamina Zinc	Recomendación Ingeniería	B
Sistema Estructural Marco Típico	Armadura Metálica Articulada apoyada en columnas de celosía	Recomendación Ingeniería	B
Sistema Estructural Fundación	Losa de cimentación	Recomendación Ingeniería	B
Techo	Dos aguas > 20°	Drenaje lluvia y nieve	B
Armadura	Articulada	Cargas concentradas en los nudos de la armadura	B
Columna	Celosía articulado en sus extremos	Tipos de apoyos en la base y en el soporte de la armadura	B
Cimentación	Losa de cimentación de 0.20m de espesor y concreto f'c=175 kg/cm ²	Terreno y Tipo de material almacenado	B
Carga Muerta Techo	Ver ítem	Recomendación Ingeniería	B
Carga Viva Techo	Ver ítem	Norma E020	A
Carga de Nieve	Ver ítem	Norma E020	A
Carga de Viento	Ver ítem	Norma E020	A
Zonificación Sísmica	Zona 2 - Apurímac	Norma E030	B
Carga de Sismo	Ver ítem	Norma E030	A

- A** Reglamento Nacional de Edificaciones
- B** Recomendaciones de Ingeniería
- C** Requisito Mina

2.2 DOCUMENTOS Y PLANOS

Para la elaboración del presente informe se consideró la siguiente documentación:

Normas y códigos

Norma Técnica Peruana E020	Cargas.
Norma Técnica Peruana E030	Diseño Sismorresistente
Norma Técnica Peruana E090	Estructuras Metálicas
AISC - LRFD 2010	Diseño en acero por el método de Factores de Carga y Resistencia.
Soldadura Eléctrica por Arco	AWS-5.1

2.3 MATERIALES

Acero Estructural ASTM A 36 ($F_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ $F_u=4080 \text{ kg/cm}^2$)

Soldaduras Electrodo E70XX Según AWS-A5.1

2.4 ESTRUCTURACION Y GEOMETRIA

La estructura consiste en una serie de marcos paralelos arriostrados longitudinal y transversalmente en sus extremos, donde cada uno de estos marcos está compuesto de una armadura articulada, apoyada en columnas metálicas en sus extremos.

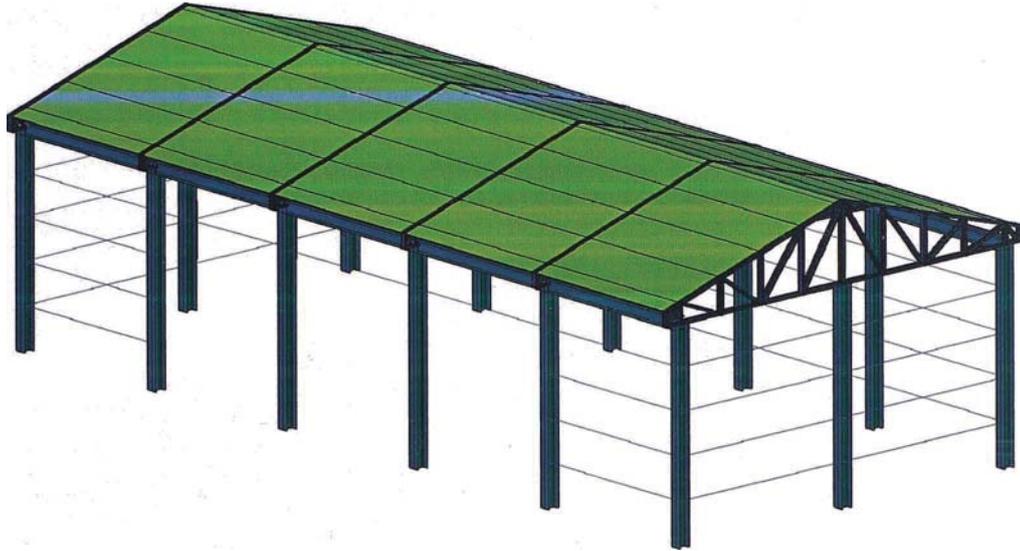


Figura 2 - Isométrico Edificación

La edificación está completamente cerrada, teniendo ingreso por la parte lateral izquierda, por medio de puertas corredizas.

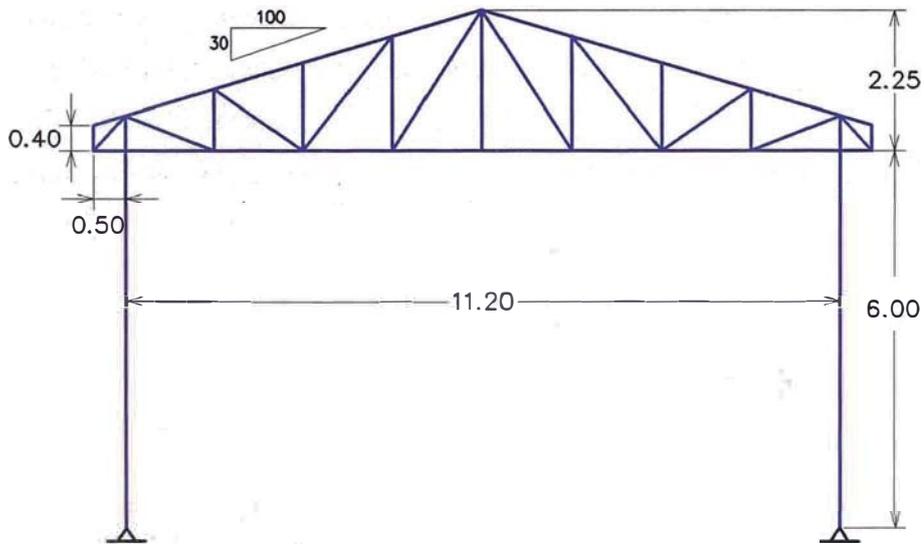


Figura 3 - Marco Típico

2.5 CONSIDERACIONES DE ANALISIS Y DISEÑO

La estructura consiste en una serie de marcos paralelos arriostrados longitudinal y transversalmente en sus extremos, donde cada uno de estos marcos está compuesto de una armadura articulada, apoyada en columnas de metálicas. Está cerrada completamente.

Se analizará la armadura en forma independiente con un modelo plano (2D), la conexión de la armadura con la columna en los extremos superiores de las mismas se consideran articuladas en la parte izquierda y “móvil” en la parte derecha, para modelar las condiciones de apoyo en las columnas (ver plano de detalle de armadura CE-001 en Anexo 4).

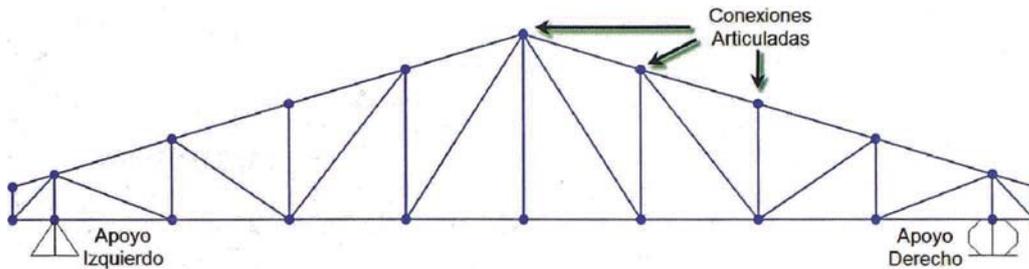


Figura 4 - Modelo de Armadura para Análisis

Se consideran que las barras que conforman la armadura son articuladas en sus extremos, es decir se anulan los efectos de los momentos, todo esto debido a la poca inercia de la sección armada asumida. Ver Figura 5.

Se utiliza el centroide de la sección armada como punto de paso de las líneas de acción de las fuerzas axiales en las barras de la armadura. Dichas líneas confluyen en los nudos de la armadura.

Las cargas están concentradas en los nudos de la brida superior, aplicadas a través de las correas.

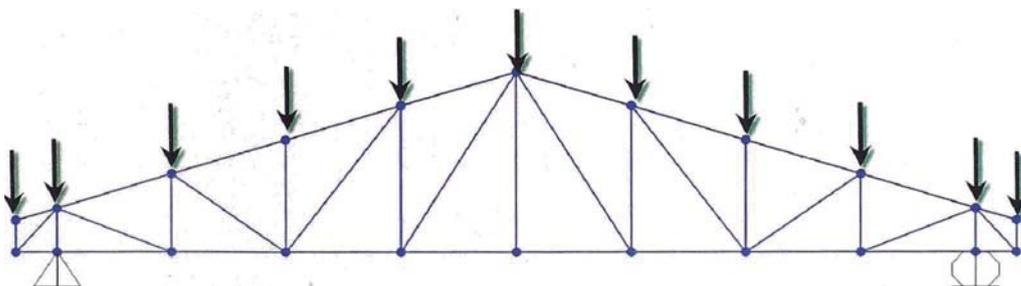
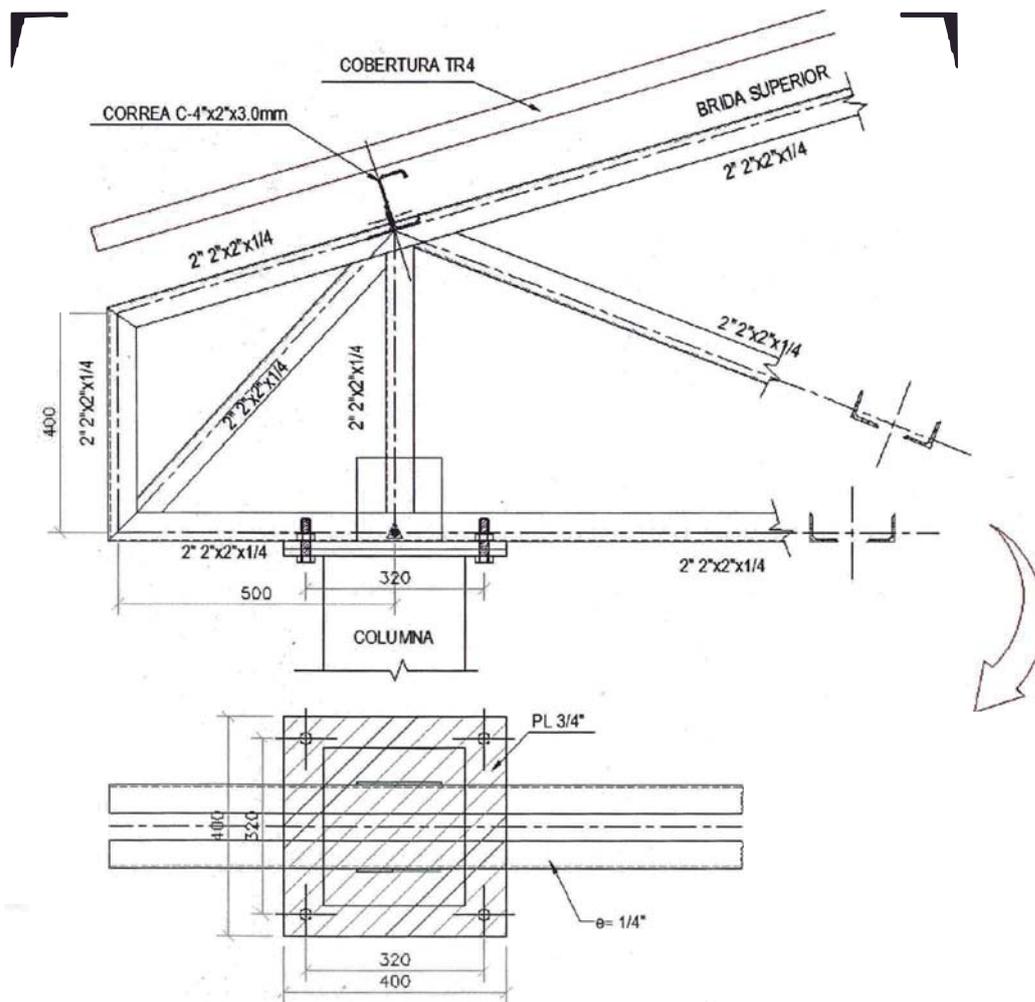


Figura 5 - Modelo de cargas concentradas en los nudos

El apoyo izquierdo consiste en dos planchas unidas por medio de pernos, una plancha estará apoyada en la columna y la otra y servirá de base a la armadura. Dado el tipo de conexión se considera un apoyo articulado para la armadura, es decir, se impide el desplazamiento más no así la rotación.



APOYO FIJO

Figura 6 - Apoyo fijo en armadura articulada

El apoyo derecho es similar, pero ahora la plancha de apoyo de la armadura permite un pequeño desplazamiento longitudinal, a través de pequeños ojales en los agujeros de los pernos.

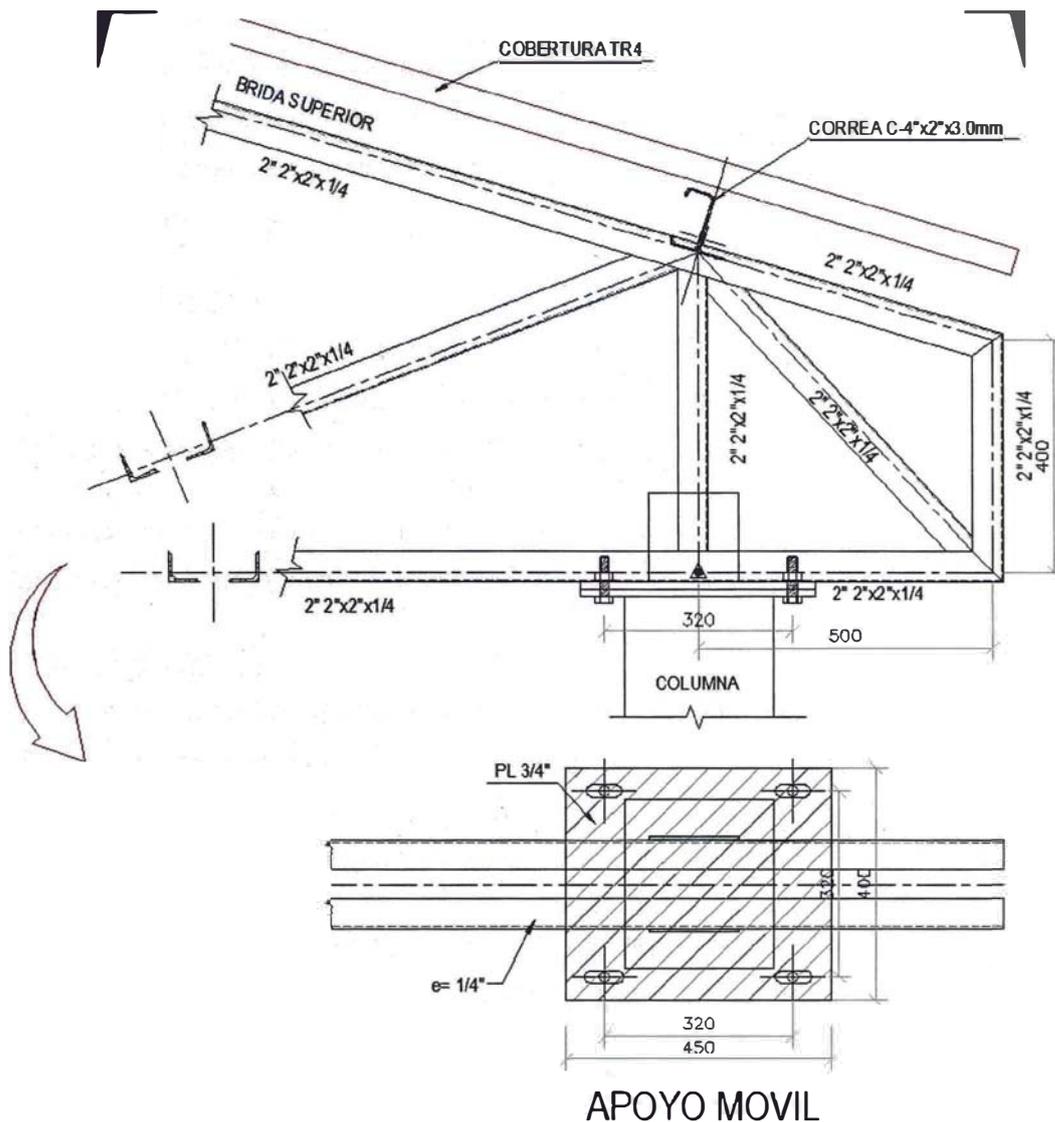


Figura 7 - Apoyo móvil en armadura articulada

NOTA:

La carga muerta (D), incluye el peso estimado de la armadura.

Se consideraran las siguientes cargas:

Carga Muerta (D)

La carga permanente, incluye peso de las barras de la armadura, así como cobertura, instalaciones y demás. Ver ítem 3.1 Carga Muerta.

Carga Viva de Techo (LR)

Según la Norma E020 (Norma de Cargas), la carga mínima para superficies inclinadas es de 30 Kg/m². Ver ítem 3.2 Carga Viva.

Carga de Viento (W)

Según la Norma E020 (Norma de Cargas), se considera una velocidad de viento según la ubicación y la altura de la edificación, y en base a coeficientes se obtiene la presión en las superficies de la misma. La carga de viento siempre se aplica siempre en forma perpendicular a las superficies de la estructura. Ver ítem 3.3 Carga de Viento

Carga de Nieve (S)

Según la Norma E020 (Norma de Cargas), el valor mínimo de la carga básica de nieve sobre el suelo de nieve es de 40Kg/m^2 , pudiendo reducirse para superficies inclinadas mayores de 15° . Ver ítem 3.4 Carga de Viento.

Según la Norma E020 (Cargas), no será necesario incluir en el diseño el efecto simultáneo de viento y carga de nieve.

Carga de Sismo (E)

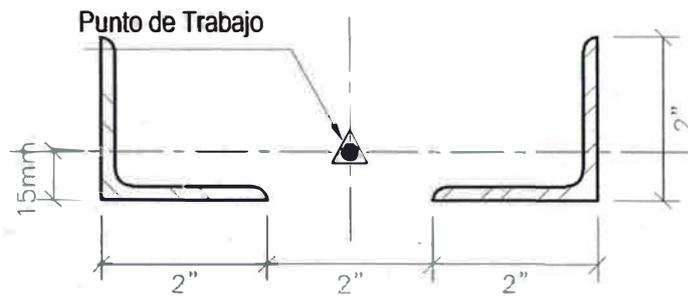
La carga de sismo se aplicaría en los puntos de apoyo de la armadura, pero al tratarse de una estructura liviana y de gran área expuesta, se considera que la carga de sismo es menor en comparación a las cargas de viento y nieve, es por eso que no será considerada.

Para fines de diseño y como factor de seguridad se adoptará un ratio $\text{DEMANDA/CAPACIDAD} < 0.7$, es decir la sollicitación de esfuerzos máxima solo utilizara el 70% de la capacidad de la sección asignada.

2.6 MODELO PARA EL ANALISIS

2.6.1 Sección armada considerada y armadura típica:

Se consideran dos perfiles angulares $2 \times 2 \times \frac{1}{4}$, separados 2 pulgadas unidos a intervalos regulares a la mitad de su longitud o @0.60m la menor distancia.



SECCION ARMADA
2L - 2"x2"x1/4" e=2"

Figura 8 - Sección armada considerada para el análisis y diseño

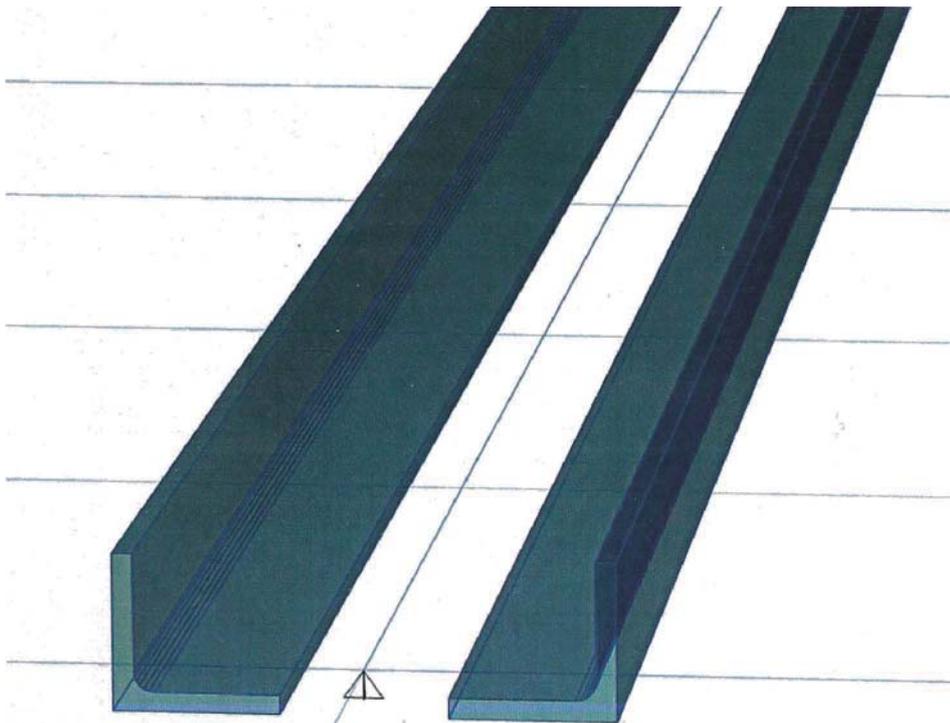


Figura 9 - Sección Armada 2L2x2x1/4

ARMADURA TÍPICA:

Altura armadura	=	2.25 m
Separación armaduras	=	5.00 m
Luz	=	11.20 m
Separación correas	=	1.40 m

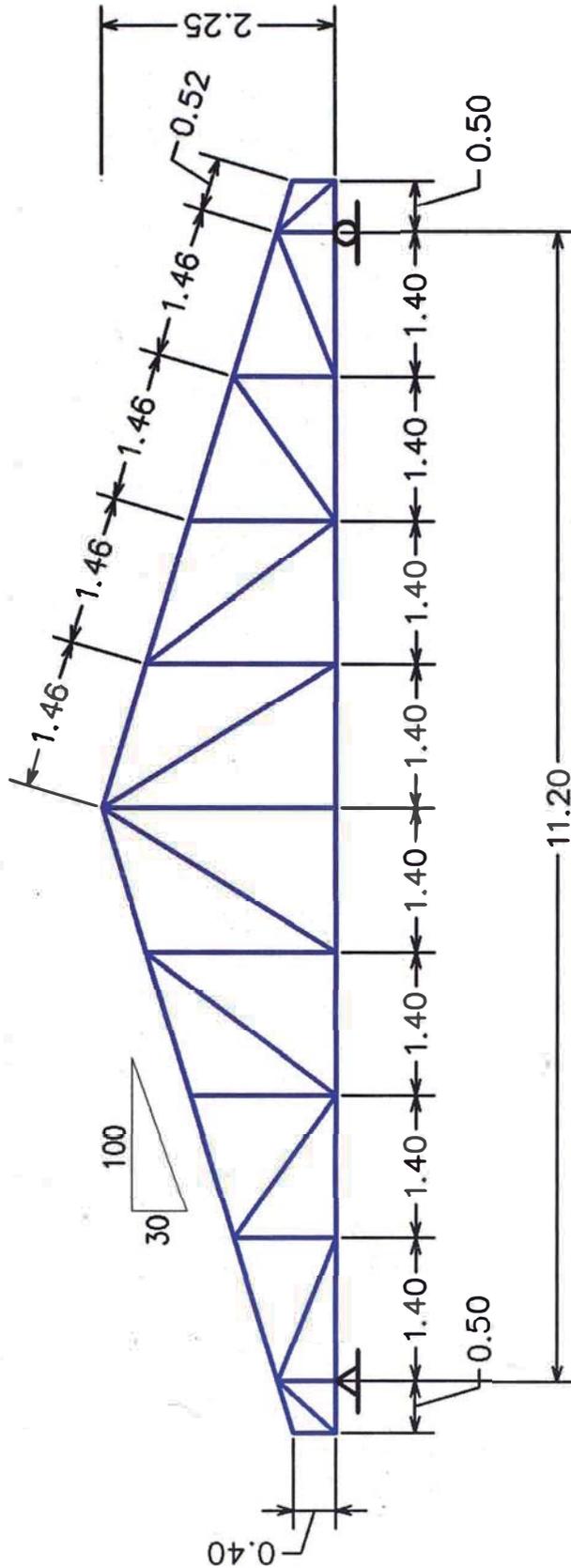


Figura 10 - Armadura Típica

2.6.2 Sección transversal típica:

Se usara una sección armada compuesta por dos ángulos separados 2 pulgadas y conectados a intervalos regulares (en la mitad de su longitud o cada 0.60m, la menor distancia).

Las conexiones serán por medio de planchas, de espesor no menor a los perfiles utilizados.

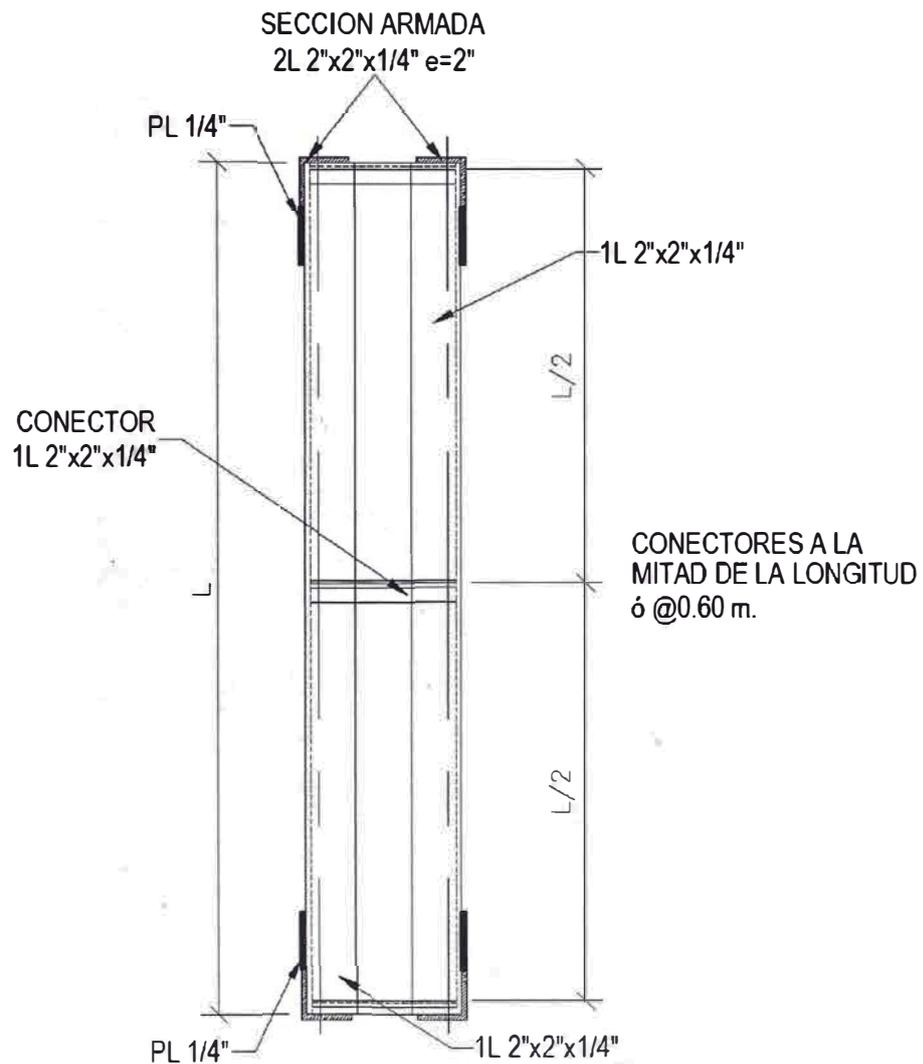


Figura 11 - Sección Transversal Típica

2.6.3 Isometría

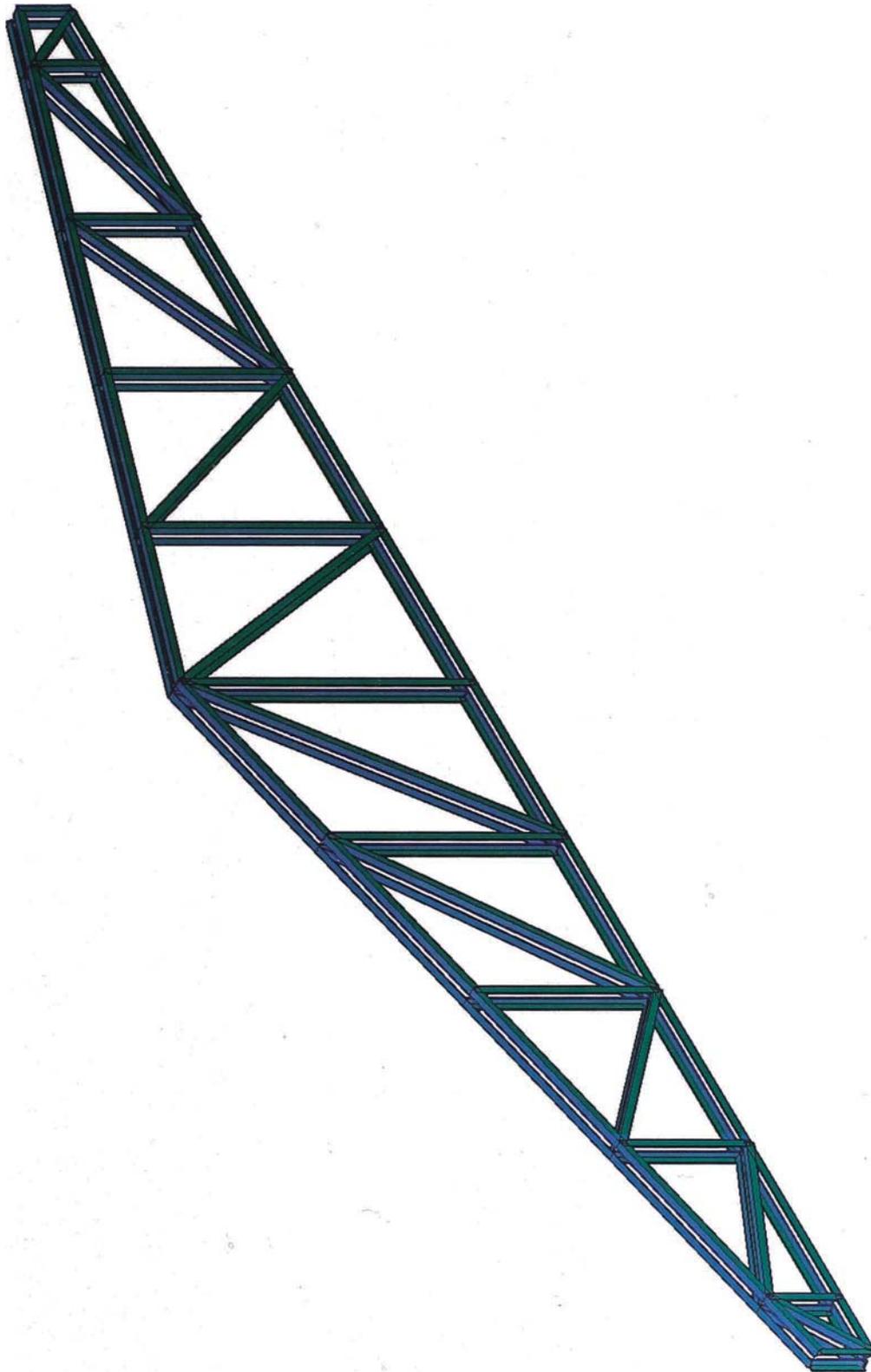


Figura 12 – Isometría de la armadura

2.6.4 Modelo para el análisis de la armadura

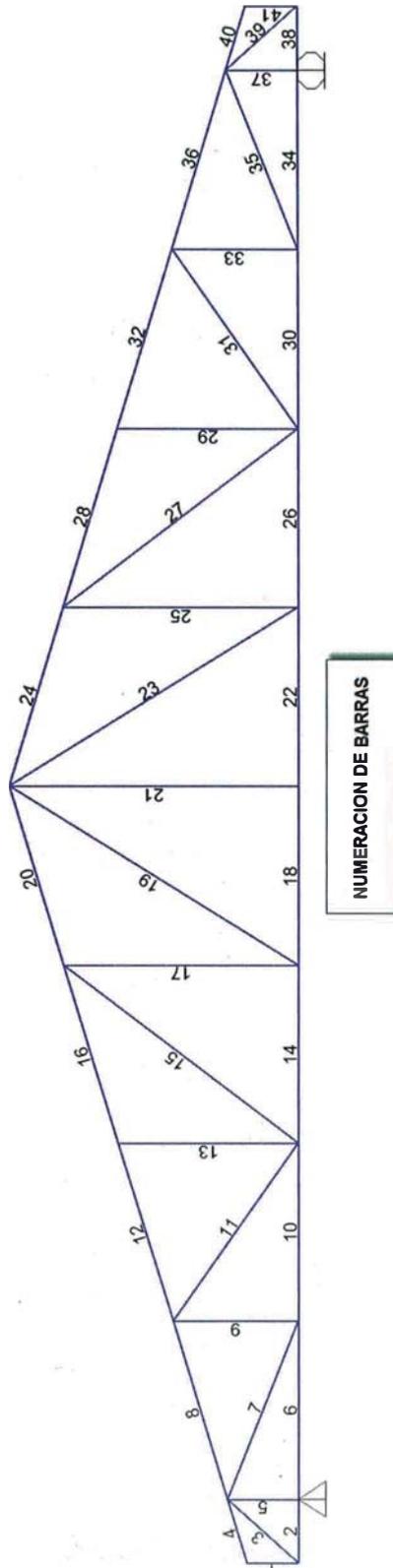


Figura 13 - Modelo para análisis estructural

CAPITULO III. METRADO DE CARGAS

3.1 CARGA MUERTA D

Peso cobertura	25.00 kg/m ²
Peso Estructura Metálica	15.00 kg/m ²
CARGA MUERTA	40.00 kg/m²
Distancia entre armaduras	5.00 m
Distancia entre correas	1.40m
Carga asignada al nudo	280.00 kg

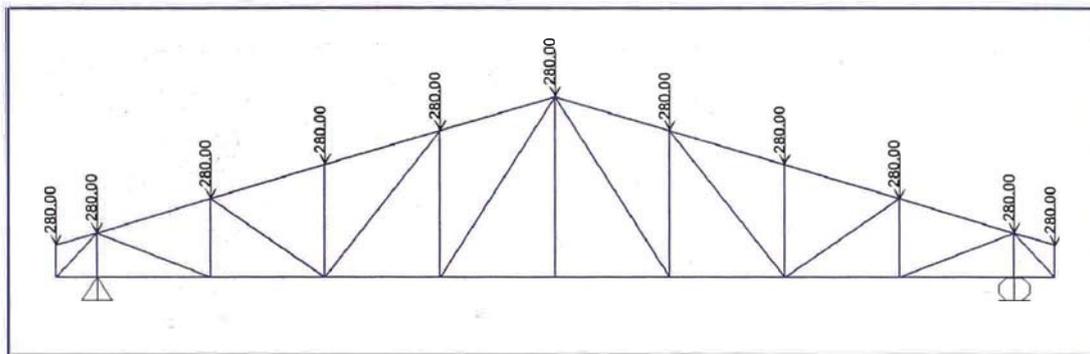


Figura 14 - Carga Muerta (D)

3.2 CARGA VIVA DE TECHO LR (Norma E020)

CARGA VIVA DE TECHO	30.00 kg/m² (Según Norma E020)
Distancia entre armaduras	5.00 m
Distancia entre correas	1.40 m
Carga asignada al nudo	210.00 kg

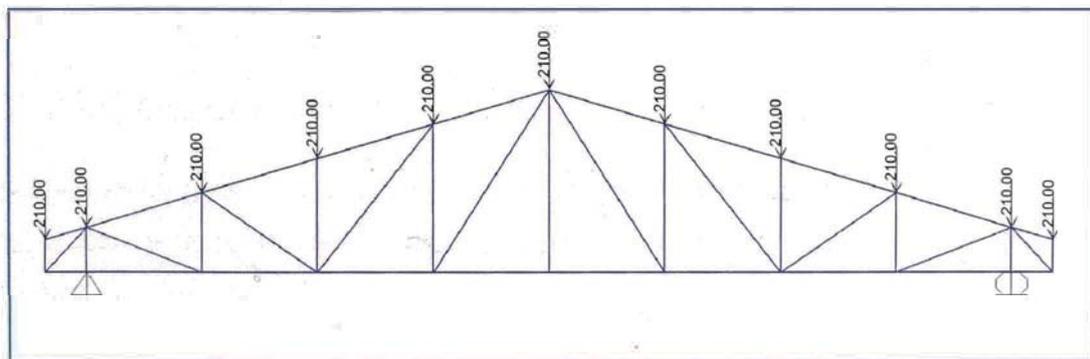


Figura 15 - Carga Viva de Techo (LR)

3.3 CARGA DE VIENTO W (Norma E020)

Se considera una edificación del Tipo 1, según la norma E020:

"Tipo1. Edificaciones poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría."

3.3.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación, pero no menos de 75 Km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión:

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Donde:

V_h	Velocidad de diseño en la altura h en Km/h
V	Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h
h	Altura sobre el terreno en metros

Según mapa eólico : $V= 65\text{km/hr.}$

Altura de edificación : $h=8.25$ (Ver ítem 2.1 Criterios de Diseño)

$$V_h = 65 * \left(\frac{8.25}{10}\right)^{0.22} = 62.3\text{Km/h}$$

Se elige $V_h = 75\text{ Km/h}$ como velocidad de diseño.

3.3.2 Carga Exterior de viento

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual se actúa. Se calculará mediante la expresión:

$$P_h = 0.005 * C * (V_h)^2$$

Donde:

Ph : Presión o succión del viento a una altura h en Kg/m²
C : Factor de forma adimensional indicado en la Tabla 2
Vh : Velocidad de diseño a la altura h, en Km/h.

Tabla 2 - Factores de Forma (C) – Norma E020

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.80	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7 / -0.3	-0.6

Nota:

El signo positivo indica presión y el negativo succión.
La edificación es cerrada, sin aberturas.

3.3.2.1 Zonas consideradas

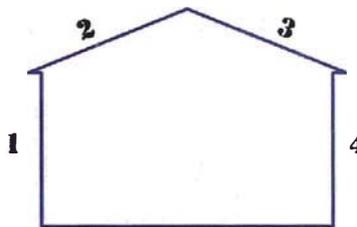
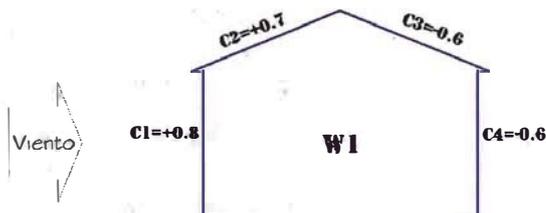


Figura 16 - Zonas Consideradas para carga de Viento

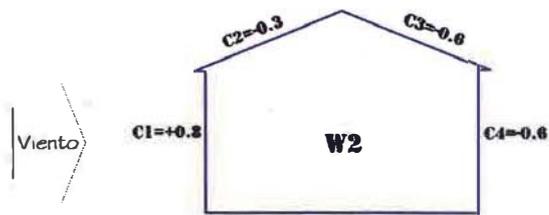
3.3.2.2 Área Tributaria por Nudo

Separación entre armaduras : 5m.
 Separación entre correas de techo : 1.40m.
 Área Tributaria por Nudo : 7.00m²

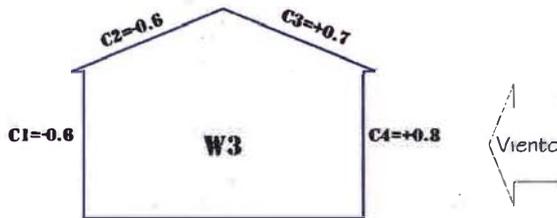
3.3.2.3 Cargas de Viento Considerada



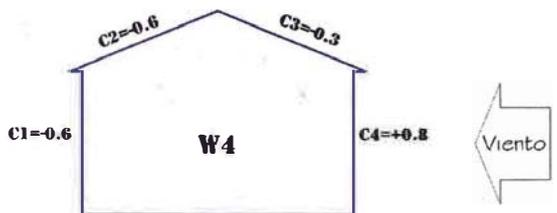
W1	C	Vh	Ph	Área TributariaXNudo	CargaXNudo
1	0.8	75.00Km/hr	22.5 kg/m ²	7.00m ²	157.50Kg
2	0.7	75.00Km/hr	19.7 kg/m ²	7.00m ²	137.81Kg
3	-0.6	75.00Km/hr	-16.9 kg/m ²	7.00m ²	-118.13Kg
4	0.6	75.00Km/hr	16.9 kg/m ²	7.00m ²	118.13Kg



W2	C	Vh	Ph	Área TributariaXNudo	CargaXNudo
1	0.8	75.00Km/hr	22.5 kg/m ²	7.00m ²	157.50Kg
2	-0.3	75.00Km/hr	-8.4 kg/m ²	7.00m ²	-59.06Kg
3	-0.6	75.00Km/hr	-16.9 kg/m ²	7.00m ²	-118.13Kg
4	0.6	75.00Km/hr	16.9 kg/m ²	7.00m ²	118.13Kg



W3	C	Vh	Ph	Área TributariaXNudo	CargaXNudo
1	-0.6	75.00Km/hr	-16.9 kg/m ²	7.00m ²	-118.13Kg
2	-0.6	75.00Km/hr	-16.9 kg/m ²	7.00m ²	-118.13Kg
3	0.7	75.00Km/hr	19.7 kg/m ²	7.00m ²	137.81Kg
4	0.8	75.00Km/hr	22.5 kg/m ²	7.00m ²	157.50Kg



W4	C	Vh	Ph	Área TributariaXNudo	CargaXNudo
1	-0.6	75.00Km/hr	-16.9 kg/m ²	7.00m ²	-118.13Kg
2	-0.6	75.00Km/hr	-16.9 kg/m ²	7.00m ²	-118.13Kg
3	-0.3	75.00Km/hr	-8.4 kg/m ²	7.00m ²	-59.06Kg
4	0.8	75.00Km/hr	22.5 kg/m ²	7.00m ²	157.50Kg

3.3.3 Cargas de Viento asignadas (Kg)

W1

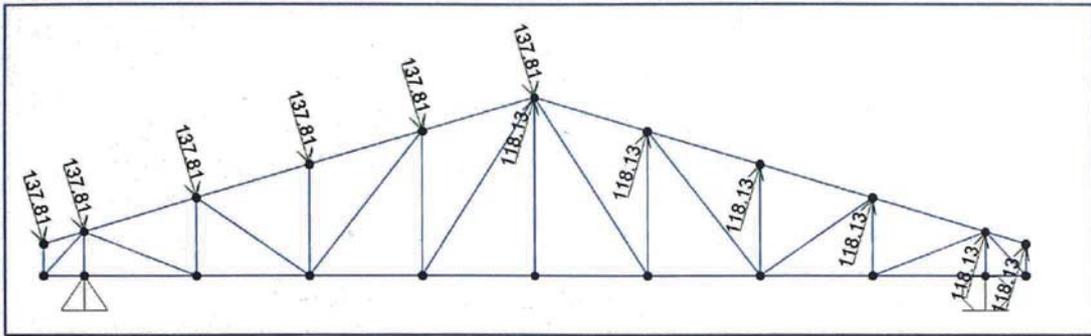


Figura 17 - Carga de viento (W1)

W2

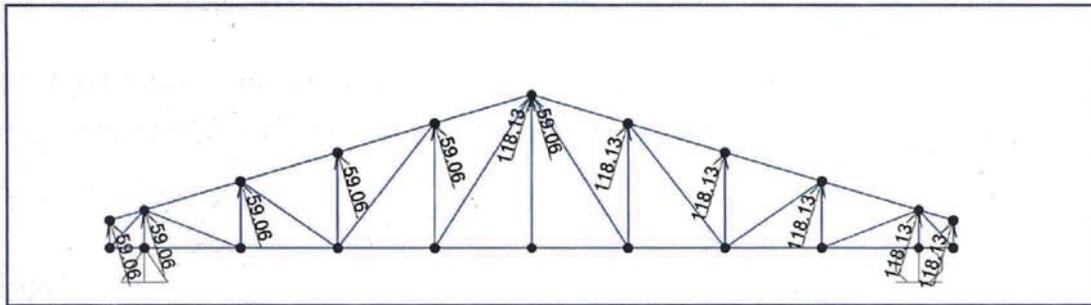


Figura 18 - Carga de viento (W2)

W3

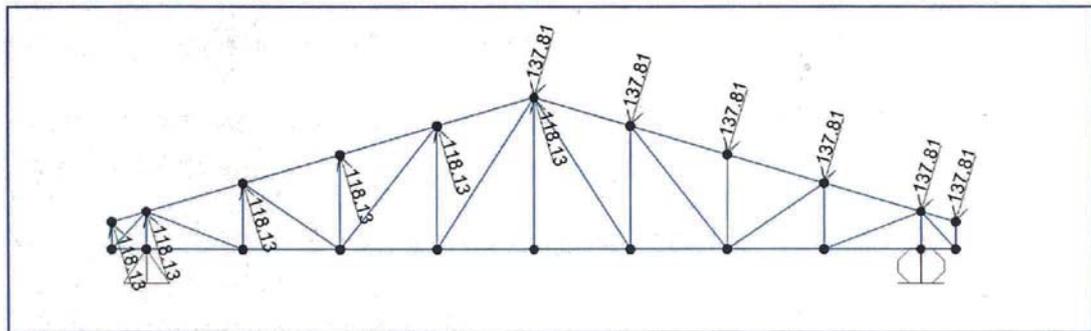


Figura 19 - Carga de viento (W3)

W4

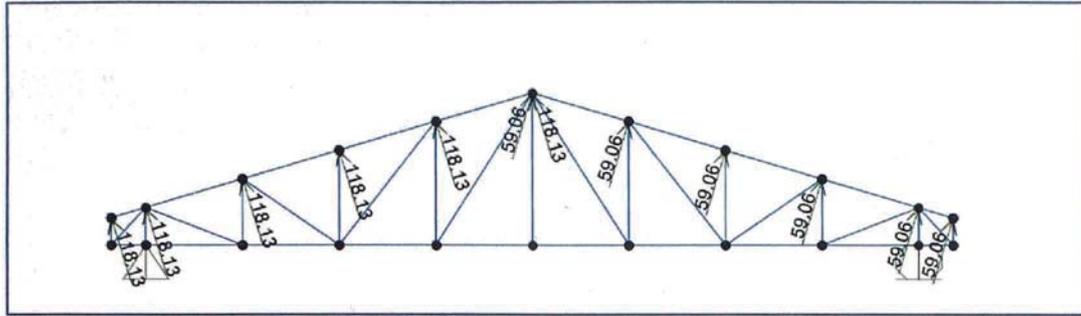


Figura 20 - Carga de Viento (W4)

3.4 CARGA DE NIEVE S (Norma E020)

Para determinar este valor, deberá tomarse en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de la región donde se ubicará la estructura.

Para techos a una o dos aguas con inclinaciones comprendidas entre 15° y 30° la carga de diseño (Qt), sobre la proyección horizontal, será:

$$Q_t = 0.80 \cdot Q_s$$

Dónde:

Q_s = Carga Básica de Nieve sobre el suelo = 40 kg/cm²

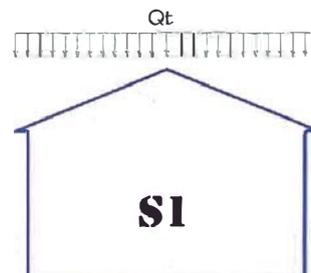
El valor mínimo de la carga básica de nieve sobre el suelo (Q_s) será de 0,40kPa (40 kgf/m²) que equivalen a 0,40 m de nieve fresca.

En nuestro caso el ángulo de la armadura es mayor de 15°, así la carga de nieve será de $0.8 \cdot 40 = 32$ kgf/m²

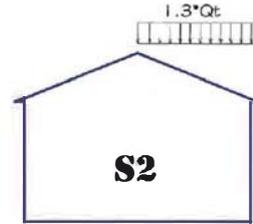
$$Q_t \text{ (Peso de Nieve)} = 32 \text{ kgf/m}^2$$

3.4.1 Cargas de nieve consideradas

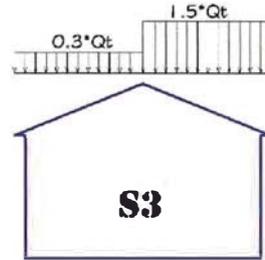
S1	
(Peso Nieve)*1	32.00 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	224.00 kg



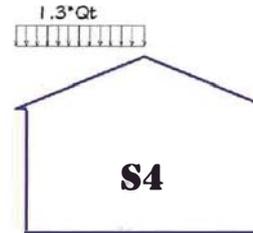
S2	
(Peso Nieve*1.3)Derecha	41.60 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	291.20 kg



S3	
(Peso Nieve*0.3)Izquierda	9.60 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	67.20 kg

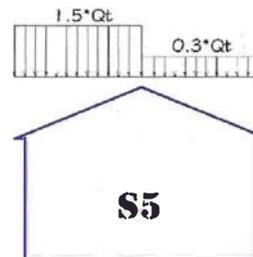


(Peso Nieve*1.5)Derecha	48.00 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	336.00 kg



S4	
(Peso Nieve*1.3)Izquierda	41.60 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	291.20 kg

S5	
(Peso Nieve*1.5)Izquierda	48.00 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	336.00 kg



(Peso Nieve*0.3)Derecha	9.60 kg/m ²
distancia entre armaduras	5.00 m
panel	1.40 m
Carga asignada	67.20 kg

3.4.1 Cargas de Nieve asignadas (Kg)

S1

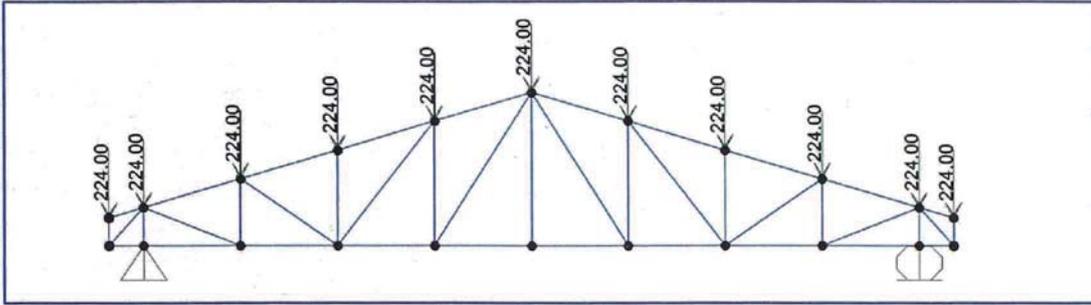


Figura 21 - Carga de Nieve (S1)

S2

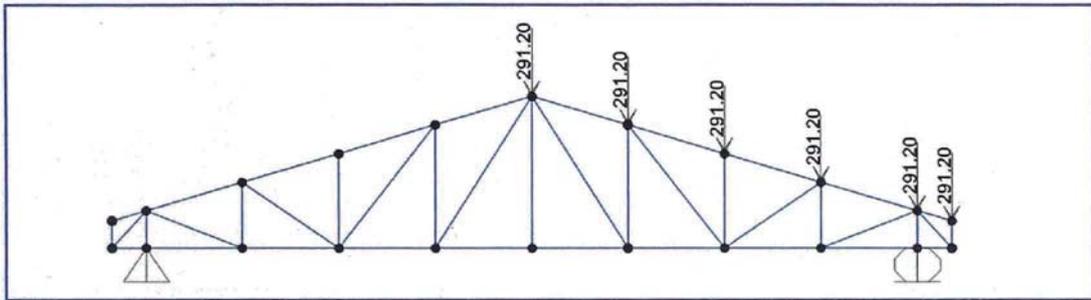


Figura 22 - Carga de Nieve (S2)

S3

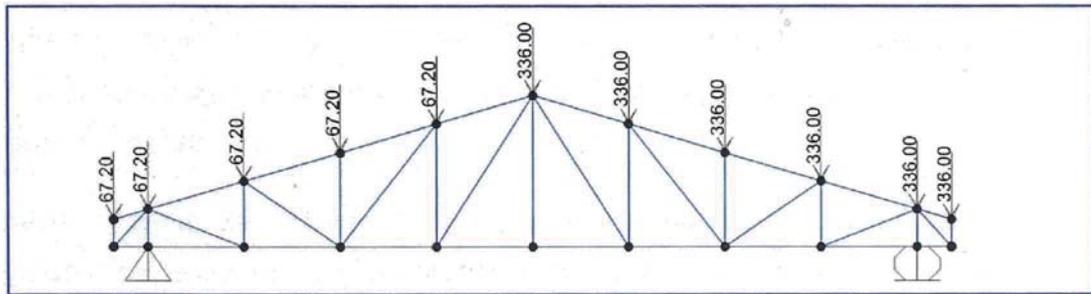


Figura 23 - Carga de Nieve (S3)

S4

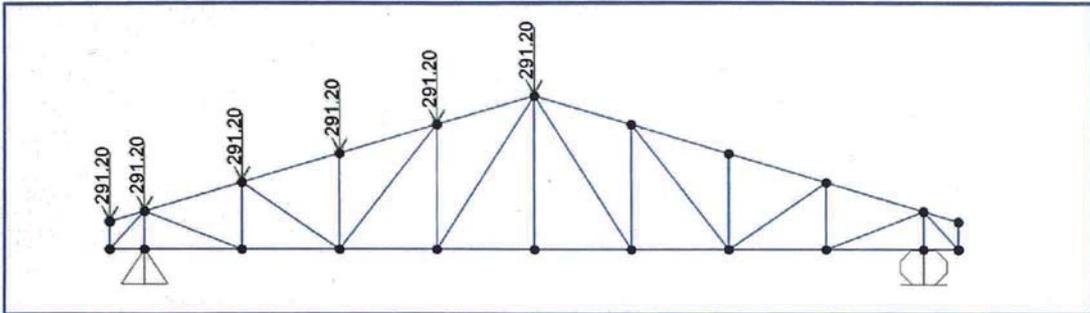


Figura 24 - Carga de Nieve (S4)

S5

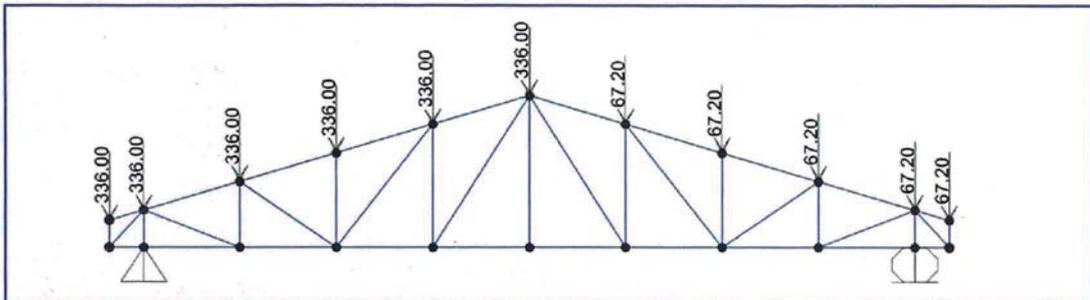


Figura 25 - Carga de Nieve (S5)

3.5 CARGA DE SISMO E (Norma E030)

Al ser una estructura liviana pero de una gran área expuesta, se considera que la carga de viento, es más significativa que el sismo. Es por eso que el sismo no será incluido en el análisis.

De cualquier forma, de incluirse sería representada por una carga horizontal aplicada en la parte superior de las columnas de apoyo de la armadura dentro del marco, y dichas columnas serían consideradas en cantiléver.

Para considerar el efecto de cambio de sentido del sismo se necesitarían dos casos de carga:

E1: Sismo de Izquierda a derecha.

E2: Sismo de Derecha a Izquierda.

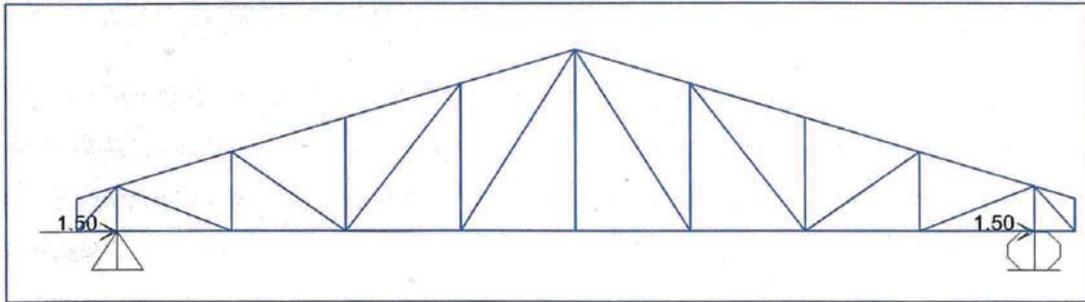


Figura 26 - Carga de Sismo E1

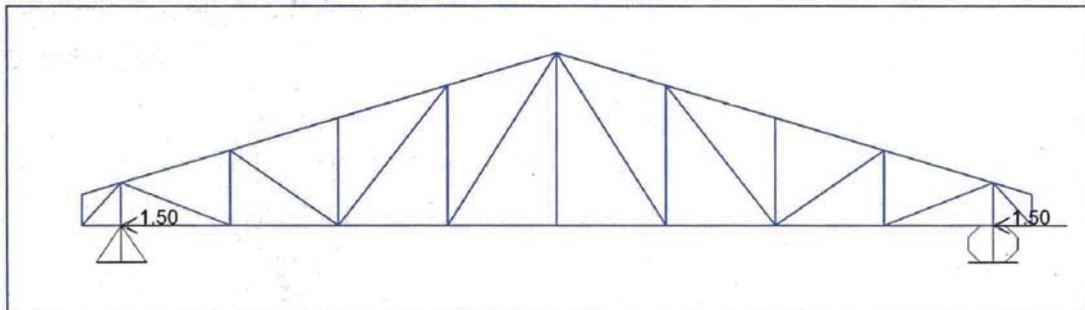


Figura 27 - Carga de Sismo E2

CAPITULO IV. ANALISIS ESTRUCTURAL

4.1 CONSIDERACIONES DE ANALISIS

Como toda la geometría y las cargas están contenidos en un solo plano (XZ), se analizará la armadura como un modelo 2D, donde las cargas están concentradas en los nudos de la brida superior, y se transmiten a la armadura a través de las correas.

Se considera que las barras de la armadura solo trabajan bajo la acción de la fuerza axial, es decir no se consideran los momentos. Por ello se consideran barras articuladas.

Las líneas de acción de las fuerzas axiales en las barras de la armadura, son confluyentes en los nudos de la misma, y pasan por el centroide la sección considerada.

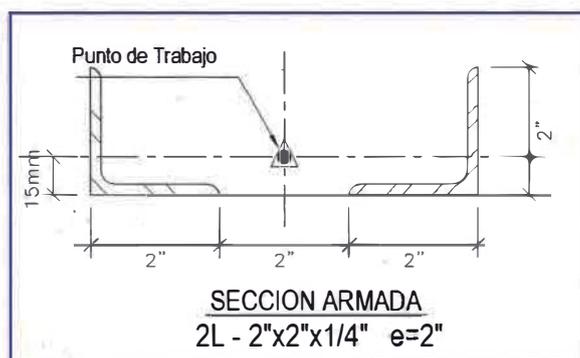


Figura 28 - Sección Armada considerada en toda la armadura

El análisis estructural será hecho utilizando un programa (SAP2000), con las consideraciones mencionadas anteriormente (Ver ítem 6 Verificación del Diseño de la Armadura con un programa de computo), para detalles del procedimiento).

4.2 MODELO PARA ANALISIS ESTRUCTURAL

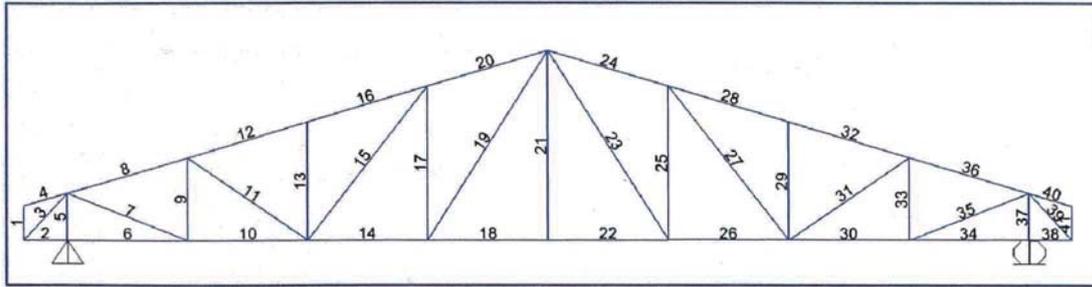


Figura 29 - Numeración de los elementos en la armadura

4.3 COMBINACIONES DE CARGA CONSIDERADAS

Según la Norma E090 (Estructuras Metálicas), para la aplicación del Método LRFD se consideran las siguientes combinaciones:

- $1,4 \cdot D$
- $1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L + 0,5 \cdot (LR \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $1,2 \cdot D + 1,6 \cdot (LR \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5 \cdot L \text{ ó } 0,8 \cdot W)$
- $1,2 \cdot D + 1,3 \cdot W + 0,5 \cdot L + 0,5 \cdot (LR \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $1,2 \cdot D \pm 1,0 \cdot E + 0,5 \cdot L + 0,2 \cdot S$
- $0,9 \cdot D \pm (1,3 \cdot W \text{ ó } 1,0 \cdot E)$

Según Norma E020 (Cargas), no será necesario incluir en el diseño el efecto simultáneo de viento y carga de nieve.

Según Norma E030 (Diseño Sismorresistente), no es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

**Tabla 3 - Combinaciones de Diseño
Norma E090 (Estructuras Metálicas)**

1	1.4*D	1.4*D
2	1.2*D+1.6*L+0.5(Lr ó S ó R)	1.2*D+0.5*LR
3		1.2*D+0.5*S1
4		1.2*D+0.5*S2
5		1.2*D+0.5*S3
6		1.2*D+0.5*S4
7		1.2*D+0.5*S5
8		1.2*D+1.6*(Lr ó S ó R)+(0.5*L ó 0.8*w)
9	1.2*D+1.6*LR +0.8*W2	
10	1.2*D+1.6*LR +0.8*W3	
11	1.2*D+1.6*LR +0.8*W4	
12	1.2*D+1.6*S1	
13	1.2*D+1.6*S2	
14	1.2*D+1.6*S3	
15	1.2*D+1.6*S4	
16	1.2*D+1.6*S5	
17	1.2*D+1.3*W+0.5*L+0.5(Lr ó S ó R)	1.2*D+1.3*W1+0.5*LR
18		1.2*D+1.3*W2+0.5*LR
19		1.2*D+1.3*W3+0.5*LR
20		1.2*D+1.3*W4+0.5*LR
21	1.2*D±1.0*E+0.5*L+0.2*S	1,2*D +1,0*E1+ 0,2*S1
22		1,2*D +1,0*E1+ 0,2*S2
23		1,2*D +1,0*E1+ 0,2*S3
24		1,2*D +1,0*E1+ 0,2*S4
25		1,2*D +1,0*E1+ 0,2*S5
26		1,2*D +1,0*E2+ 0,2*S1
27		1,2*D +1,0*E2+ 0,2*S2
28		1,2*D +1,0*E2+ 0,2*S3
29		1,2*D +1,0*E2+ 0,2*S4
30		1,2*D +1,0*E2+ 0,2*S5
31		1,2*D -1,0*E1+ 0,2*S1
32		1,2*D -1,0*E1+ 0,2*S2
33		1,2*D -1,0*E1+ 0,2*S3
34		1,2*D -1,0*E1+ 0,2*S4
35		1,2*D -1,0*E1+ 0,2*S5
36		1,2*D -1,0*E2+ 0,2*S1
37		1,2*D -1,0*E2+ 0,2*S2
38		1,2*D -1,0*E2+ 0,2*S3
39		1,2*D -1,0*E2+ 0,2*S4
40		1,2*D -1,0*E2+ 0,2*S5

41	0.9*D±(1.3*W ó 1.0*E)	0,9*D+1,3*W1
42		0,9*D+1,3*W2
43		0,9*D+1,3*W3
44		0,9*D+1,3*W4
45		0,9*D-1,3*W1
46		0,9*D-1,3*W2
47		0,9*D-1,3*W3
48		0,9*D-1,3*W4
49		0,9*D+1,3*E1
50		0,9*D+1,3*E2
51		0,9*D-1,3*E1
52		0,9*D-1,3*E2

Finalmente se considerara una combinación del tipo envolvente, donde:

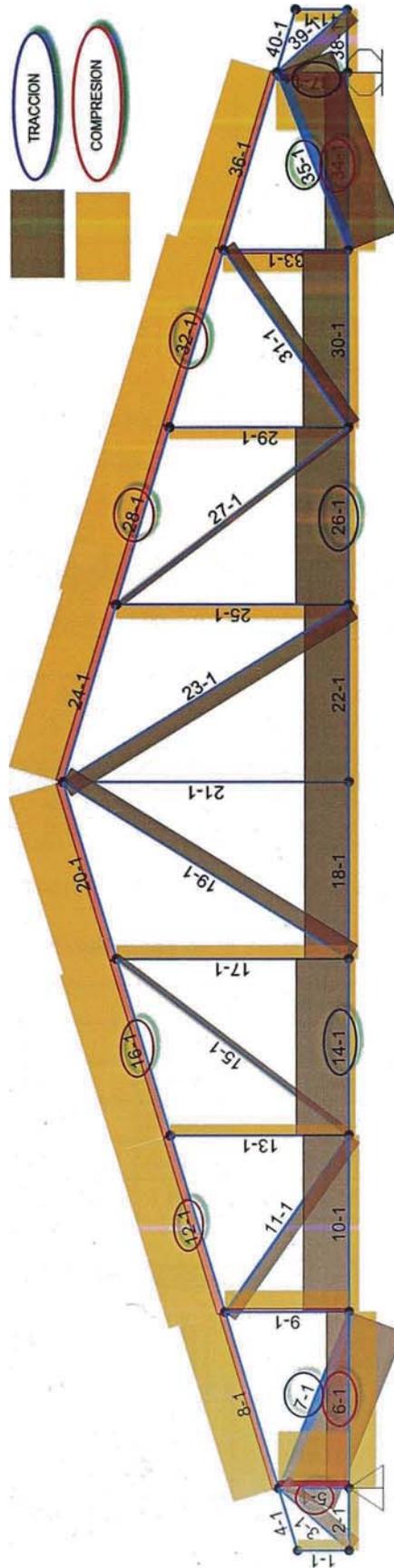
$$\text{ENV} = \text{Comb1} + \text{Comb2} + \text{Comb3} + \text{Comb4} + \text{Comb5} + \dots + \text{Comb52}$$

4.4 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

**Tabla 4 - Fuerza por tipo de lemento
CONSIDERANDO TODAS LAS CARGAS (Incluyendo Nieve)**

	COMBINACION CRITICA	#BARRA	LONGITUD (m)	FUERZA (T)	TIPO
BRIDA INFERIOR	ENVOLVENTE	14 y 26	1.40	4.12	Fuerza Axial - Tracción
	ENVOLVENTE	6 y 34	1.47	-2.18	Fuerza Axial - Compresión
BRIDA SUPERIOR	ENVOLVENTE	12,16,28 y 32	1.47	-4.55	Fuerza Axial - Compresión
DIAGONALES	ENVOLVENTE	7 y 35	1.50	4.64	Fuerza Axial - Tracción
MONTANTES	ENVOLVENTE	5 y 37	0.55	-4.50	Fuerza Axial - Compresión

Figura 30 - Fuerzas Axiales en la Armadura (Combinación ENVOLVENTE)



CAPITULO V. DISEÑO DE LA ARMADURA

5.1 PROPIEDADES DE LA SECCION ARMADA CONSIDERADA

Sección base: 1L2"X2"X1/4"

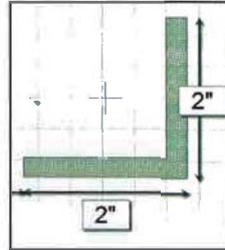


Figura 31 - Sección Base

Tabla 5- Propiedades de la Seccion Base (Kip-in)

AISC_Manual_Label	A	d	b	t	k_{des}	k_{det}	x	y	x_p	y_p
L2X2X3/8	1.37	2.00	2.00	0.375	0.625	5/8	0.632	0.632	0.343	0.343
L2X2X5/16	1.16	2.00	2.00	0.313	0.563	9/16	0.609	0.609	0.290	0.290
L2X2X1/4	0.944	2.00	2.00	0.250	0.500	1/2	0.586	0.586	0.236	0.236
L2X2X3/16	0.722	2.00	2.00	0.188	0.438	7/16	0.561	0.561	0.181	0.181
L2X2X1/8	0.491	2.00	2.00	0.125	0.375	3/8	0.534	0.534	0.123	0.123

b/t	I_x	Z_x	S_x	r_x	I_y	Z_y	S_y	r_y	I_z	r_z	S_z
5.33	0.476	0.629	0.348	0.591	0.476	0.629	0.348	0.591	0.203	0.386	0.227
6.39	0.414	0.537	0.298	0.598	0.414	0.537	0.298	0.598	0.172	0.386	0.200
8.00	0.346	0.440	0.244	0.605	0.346	0.440	0.244	0.605	0.142	0.387	0.171
10.6	0.271	0.338	0.188	0.612	0.271	0.338	0.188	0.612	0.109	0.389	0.137
16.0	0.189	0.230	0.129	0.620	0.189	0.230	0.129	0.620	0.0756	0.391	0.0994

Fuente: AISC STEEL CONSTRUCTION MANUAL - SHAPES DATABASE v13

Tabla 6 - Propiedades de la Sección Base (kg-cm)

A	0.944in ²	6.09cm ²
$I_x=I_y$	0.346in ⁴	14.40cm ⁴
$r_x=r_y$	0.605in	1.54cm
$x=y$	0.586in	1.49cm
Lado	0.586in	1.49cm
Área total	1.888in ²	12.18cm ²

Sección armada (dos ángulos separados 2"): 2L2"x2"x1/4"

e=2"

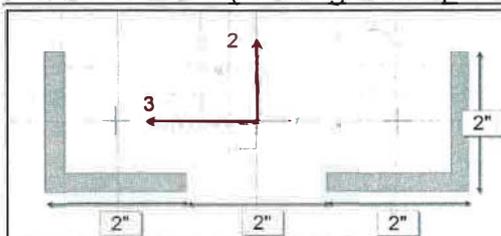


Figura 32 – Sección Armada usada para diseño

5.2 PROPIEDADES DE LA SECCION ARMADA CONSIDERADA PARA EL DISEÑO

$$y = \left(\frac{\sum_{k=1}^n (A_i * y_i)}{\sum_{k=1}^n (A_i)} \right)$$

$$y = 0.586 \text{in} (1.49 \text{cm})$$

$$x = \left(\frac{\sum_{k=1}^n (A_i * x_i)}{\sum_{k=1}^n (A_i)} \right)$$

$$x = 0.00 \text{in} (0.00 \text{cm})$$

$$I_{x'} = I_x + A * d^2$$

$$I_{x'} = 0.692 \text{in}^2 (28.80 \text{cm}^4)$$

$$I_{y'} = I_y + A * d^2$$

$$I_{y'} = 11.694 \text{in}^2 (486.75 \text{cm}^4)$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{x'}}{A}}$$

$$r_x = 0.605 \text{in} (1.54 \text{cm})$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{y'}}{A}}$$

$$r_y = 2.489 \text{in} (6.32 \text{cm})$$

5.3 DISEÑO BRIDA INFERIOR

5.3.1 Diseño Brida Inferior Caso Traccion

La combinación crítica es: ENVOLVENTE

Fuerza de diseño requerida: $P_u = +4.12\text{Ton}$ (Diseño en Tracción)

Se presenta en las barras #14 y #26, de longitud 1.40m.

Según la Norma Técnica E.090 de Estructuras Metálicas (Método LRFD):

$$\phi_t * P_n \geq P_u$$

Se consideran 2 casos y se elige el menor valor:

(a) Para fluencia en el área total:

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y * A_g$$

$$\rightarrow \phi_t * P_n = 0.90 * 2530 * 12.18 = 27.73 \text{ T}$$

(b) Para rotura en el área neta:

$$\phi = 0.75$$

$$P_n = F_u * A_e \quad \text{Donde: } A_e = A_g$$

$$\rightarrow \phi * P_n = 0.75 * 4080 * 12.18 = 37.27 \text{ T}$$

Se elige el menor valor: $27.73 \text{ T} \geq 4.12 \text{ T}$

OK! Cumple

Razón Demanda Capacidad $R \leq 0.70$

$$R = \frac{4.12}{27.73} = 0.15 \quad \text{La sección solo utiliza el 15% de su capacidad.}$$

Verificando esbeltez (separadores):

$$L_x = 1.40\text{m} \quad \frac{L_x}{r_x} < 300 \quad \frac{140}{0.605} = 231 \leq 300 \quad \text{OK! Cumple}$$

$$L_y = 1.40\text{m} \quad \frac{L_y}{r_y} < 300 \quad \frac{140}{2.489} = 56.2 \leq 300 \quad \text{OK! Cumple}$$

5.3.2 Diseño Brida Inferior Caso Compresion

La combinación crítica es: **ENVOLVENTE**

Fuerza de diseño requerida: $P_u = -2.18\text{Ton}$ (Diseño en Compresión)

Se presenta en las barras #6 y #34, de longitud 1.40m.

Se presenta en las barras #12, #16, #28 y #32, de longitud 1.40m

$$L_x = L_y = 1.40\text{m}$$

$$K_{x,y} = 1.0 \text{ (Conexión Articulada)}$$

$$r_x = 1.54\text{cm}$$

$$r_y = 6.32\text{cm}$$

Según la Norma Técnica E.090 de Estructuras Metálicas (Método LRFD):

$$\phi_c * P_n \geq P_u \quad \text{Dónde:} \quad \phi_c = 0.85 \text{ y } P_n = A_g * F_{cr}$$

Calculando para el eje x:

$$\lambda_{cx} = \frac{K * l}{r * \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.02$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \rightarrow F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) * F_y = 23.26 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$$

Finalmente:

$$\phi_c * P_n = 0.85 * A_g * F_{cr} = 37.33\text{Klb} = 16.93 \text{ T}$$

$$(\phi_c * P_n = 16.93 \text{ T}) \geq (P_u = 2.18 \text{ T}) \quad \text{OK! Cumple}$$

$$R = \frac{2.18}{16.19} = 0.13 \quad \text{La sección solo utiliza el 13% de su capacidad}$$

Uniformizar toda la brida Inferior con 2L2"x2"x1/4" e=2"

5.4 DISEÑO DE LA BRIDA SUPERIOR

La combinación crítica es: **ENVOLVENTE**

Fuerza de diseño requerida: $P_u = -4.55 \text{ Ton}$ (Diseño en Compresión)

Se presenta en las barras #12, #16, #28 y #32, de longitud 1.47m

$$L_x = L_y = 1.47\text{m}$$

$$K_{x,y} = 1.0 \text{ (Conexión Articulada)}$$

$$r_x = 1.54\text{cm}$$

$$r_y = 6.32\text{cm}$$

Según la Norma Técnica E.090 de Estructuras Metálicas (Método LRFD):

$$\phi_c * P_n \geq P_u \quad \text{Dónde:} \quad \phi_c = 0.85 \text{ y } P_n = A_g * F_{cr}$$

Calculando para el eje x:

$$\lambda_{cx} = \frac{K * l}{r * \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.07$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \rightarrow F_{cr} = (0.658 \lambda_c^2) * F_y = 22.24 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$$

Finalmente:

$$\phi_c * P_n = 0.85 * A_g * F_{cr} = 35.69 \text{ Klb} = 16.19 \text{ T}$$

$$(\phi_c * P_n = 16.19 \text{ T}) \geq (P_u = 4.55 \text{ T}) \quad \text{OK! Cumple}$$

$$R = \frac{4.55}{16.19} = 0.28 \quad \text{La sección solo utiliza el 28\% de su capacidad.}$$

Uniformizar toda la brida Superior con 2L2"x2"x1/4" e=2"

5.5 DISEÑO DE DIAGONALES

La combinación crítica es: ENVOLVENTE

Fuerza de diseño requerida: $P_u = +4.64 \text{ Ton}$ (Diseño en Tracción).

Se presenta en las barras #5 y #35 de longitud 1.50m.

Según la Norma Técnica E.090 de Estructuras Metálicas (Método LRFD):

$$\phi_t * P_n \geq P_u$$

Se consideran 2 casos y se elige el menor valor:

(a) Para fluencia en el área total:

$$\phi = 0.90$$

$$P_n = F_y * A_g$$

$$\rightarrow \phi_t * P_n = 0.90 * 2530 * 12.18 = 27.73 \text{ T}$$

(b) Para rotura en el área neta:

$$\phi = 0.75$$

$$P_n = F_u * A_e \quad \text{Donde: } A_e = A_g$$

$$\rightarrow \phi_t * P_n = 0.75 * 4080 * 12.18 = 37.27 \text{ T}$$

Se elige el menor valor: $27.73 \text{ T} \geq 4.64 \text{ T}$ **OK! Cumple**

Razón Demanda Capacidad $R \leq 0.70$

$$R = \frac{4.64}{27.73} = 0.17 \quad \text{La sección solo utiliza el 18% de su capacidad.}$$

Verificando esbeltez (separadores):

$$L_x = 1.50\text{m} \quad \frac{L_x}{r_x} \leq 300 \quad \frac{140}{0.605} = 247 \leq 300 \quad \text{OK! Cumple}$$

$$L_y = 1.50\text{m} \quad \frac{L_y}{r_y} \leq 300 \quad \frac{140}{2.489} = 60.30 \leq 300 \quad \text{OK! Cumple}$$

Uniformizar todas las Diagonales con 2L2"x2"x1/4" e=2"

5.6 DISEÑO DE MONTANTES

La combinación crítica es: **ENVOLVENTE**

Fuerza de diseño requerida: $P_u = -4.50 \text{ Ton}$ (Diseño en Compresión)

Se presenta en la barras #5 y #37 de longitud 0.55m.

$$L_x = L_y = 0.55\text{m}$$

$$K_{x,y} = 1.0 \text{ (Conexión Articulada)}$$

$$r_x = 1.54\text{cm}$$

$$r_y = 6.32\text{cm}$$

Según la Norma Técnica E.090 de Estructuras Metálicas (Método LRFD):

$$\phi_c * P_n \geq P_u \quad \text{Dónde:} \quad \phi_c = 0.85 \text{ y } P_n = A_g * F_{cr}$$

Calculando para el eje x:

$$\lambda_{cx} = \frac{K * l}{r * \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 0.40$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \rightarrow F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) * F_y = 33.65 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$$

Finalmente:

$$\phi_c * P_n = 0.85 * A_g * F_{cr} = 54.01\text{Klb} = 24.50 \text{ T}$$

$$(\phi_c * P_n = 24.50\text{T}) \geq (P_u = 4.86 \text{ T}) \quad \text{OK! Cumple}$$

$$R = \frac{4.50}{24.50} = 0.18 \quad \text{La sección solo utiliza el 18\% de su capacidad.}$$

Uniformizar toda la brida Superior con 2L2"x2"x1/4" e=2"

5.7 INCIDENCIA DE CARGA DE NIEVE

Para poder ver la influencia de la carga de nieve se procederá a analizar el mismo modelo sin utilizar la carga de nieve, y se comparara con los resultados anteriores mostrados en la Tabla N°4, todo esto para la combinación Envolvente.

Tabla 7 Incidencia de Carga de Nieve

	#BARRAS	INCLUYE NIEVE (T)	NO INCLUYE NIEVE (T)	%DIFERENCIA
BRIDA INFERIOR	14 y 26	4.12	4.06	1.5%
	6 y 34	-2.18	-2.18	0.0%
BRIDA SUPERIOR	12,16,28 y 32	-4.55	-4.22	7.8%
DIAGONALES	7 y 35	4.64	4.18	11.0%
MONTANTES	5 y 37	-4.50	-4.05	11.1%

5.8 DISEÑO DE CORREAS DE TECHO

Se considera como correa de techo un perfil laminado en frio CA_4"x2"x3mm.

Ver Anexo 3 Catalogo de Secciones, Secciones Laminadas en Frio del Manual de Diseño de Estructuras de Acero del ICHA (Instituto Chileno del Acero).

Se considera la combinación de cargas $COMB14 = 1.2D + 1.6S3$, para la brida superior:

$$\text{ANGULO } (\alpha) = 16.70^\circ = 0.29\text{rad}$$

$$\text{Distancia inclinada entre correas} = 1.47\text{cm}$$

$$\text{Separación de armaduras} = 5.00\text{m}$$

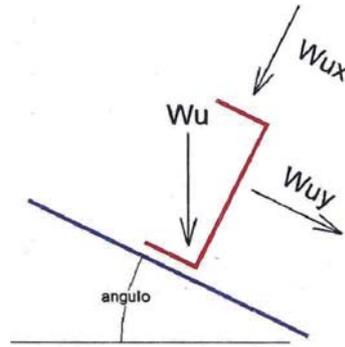


Figura 33 Esquemas de Esfuerzos en la correa de techo

Tabla 8 - Fuerzas en correa de techo

	Wu	Distancia Inclinada	(α)	Wux	Wuy
				Wu*cos(α)*Dist	Wu*sin(α)*Dist
1.2*(D)	48.0 kg/m ²	1.47m	0.29 rad	67.59 kg/m	20.27 kg/m
1.6*(S3)	15.4 kg/m ²	1.47m	0.29 rad	10.81 kg/m	3.24 kg/m
				89.21 kg/m	26.75 kg/m

Considerando tensores a un tercio de la correa, donde la cobertura actúa como arriostre de la parte superior del perfil.

$$M_{ux} = \frac{W_{ux} * l^2}{8} = \frac{89.21 * 5.00^2}{8} = 278.80 \text{ kg - m}$$

$$M_{uy} = \frac{W_{uy} * l^2}{90} = \frac{26.75 * 5.00^2}{90} = 7.43 \text{ kg - m}$$

$$\emptyset_b = 0.90$$

$$\emptyset_b * M_{nx} = \emptyset * fy * z_x = 0.90 * 2530 * 22.6/100 = 514.60 \text{ kg - m}$$

$$\emptyset_b * M_{ny} = \emptyset * fy * z_y = 0.90 * 2530 * 9.55/100 = 217.45 \text{ kg - m}$$

$$\frac{M_{ux}}{\emptyset_b * M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset_b * M_{ny}} \leq 1.0$$

$$\frac{278.80}{514.60} + \frac{7.43}{217.45} = 0.58 \leq 1.0 \text{ Ok cumple}$$

5.9 DISEÑO DE TENSORES DE TECHO

#Correas a un lado de la armadura: : 5

Separacion entre armaduras: : 5.0m

Wuy (fuerza paralela al techo, en correa) : 26.75 kg/m

Carga sobre tensor inclinado superior : $5 * 5 * 26.75 = 668.75 \text{ Kg}$

Probando barra redonda lisa ASTM A36 de $\varnothing 5/8"$ como tensor de techo

Area necesaria de la seccion del tensor:

$$A_D = \frac{\text{Carga Tensor Inclinado}}{\varnothing * F_y} = \frac{668.75 \text{ Kg}}{0.9 * 2530 \text{ Kg/cm}^2} = 0.29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area } (\varnothing 5/8") = 2.0 \text{ cm}^2 > 0.29 \text{ cm}^2$$

Se acepta barra lisa $\varnothing 5/8"$ como tensor de techo.

5.10 DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS.

Para el diseño de las conexiones soldadas se tomara el nudo (y las barras confluyentes al mismo), que asuma los mayores esfuerzos.

Según el esquema de la figura 32, será el nudo 14 y las barras 24,28, 25,27.

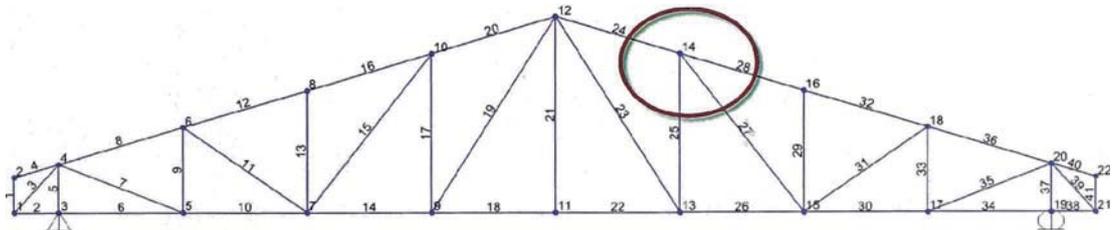


Figura 34 - Conexiones Soldadas

La figura 33 muestra las fuerzas para la combinación Envolvente:

$$ENVOLVENTE= COMB1+COMB2+COMB3+...+COMB52$$

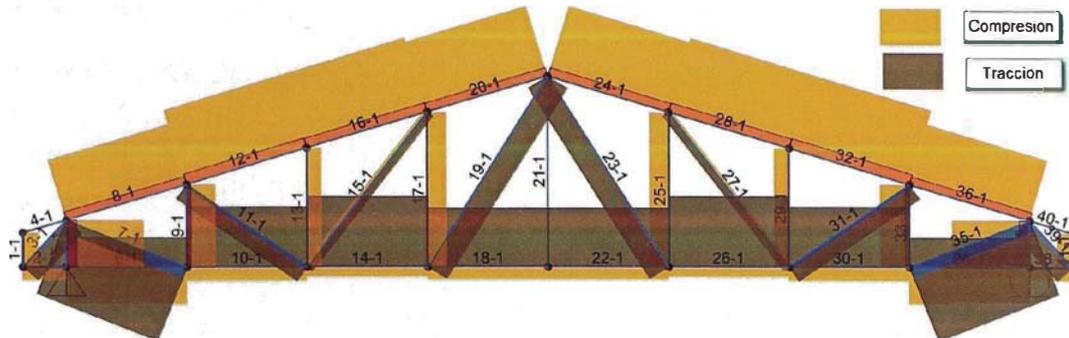


Figura 35 - Cargas para diseño de conexiones soldadas

Se usaran juntas traslapadas y soldadura de filete, con electrodos E60XX.

Todos los perfiles tiene espesor $t_f = t_w = 1/4" = 6\text{mm}$.

Considerar la carga ultima $P_u = -4.55\text{ T}$ (Compresión en Brida Superior)

5.10.1 Tamaño de la soldadura (w_s)

Tamaño mínimo: Según la Tabla N°9 para espesores menor igual de $1/4"$:

$$w_s = 1/8" = 3\text{mm}.$$

Tabla 9 - Tamaño mínimo de soldaduras de filete

Espesor de la pieza más gruesa unida T (pulgadas)	Tamaño mínimo soldadura de filete	
	pulg.	mm
$1/8 < T \leq 3/16$	1/8	3
$3/16 < T \leq 1/4$	1/8	3
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4	6
$3/4 < T \leq 1.1/2$	5/16	8
$1.1/2 < T \leq 2.1/4$	5/16	8
$1.1/4 < T \leq 6$	5/16	8
$6 < T$	5/16	8

Tamaño máximo: Cuando el espesor del borde es menor o igual a 1/4", el espesor máximo puede ser $w_s = 1/4"$ (6.4 mm).

Se elige tamaño de soldadura $w_s = 6\text{mm}$

5.10.2 Resistencia de diseño por un cm de soldadura de filete

Según la tabla N°10, para un tamaño de soldadura de 6mm corresponde una resistencia de 0.80 t/cm.

Tabla 10 - Resistencia de diseño por un cm de soldadura de filete

Resistencia de Diseño al corte de la soldadura			
Tamaño Nominal		E60XX	
Pulg.	mm	kip/pulg	t/cm
1/8	3	2.38	0.412
3/16	5	3.58	0.667
1/4	6	4.77	0.800
5/16	8	5.97	1.068
3/8	9	7.16	1.214
7/16	11	8.35	1.494
1/2	12	9.54	1.634
9/16	14	10.74	1.921
5/8	16	11.93	2.135
11/16	17	13.12	2.348
3/4	19	14.32	2.563

5.10.3 Resistencia a la fractura de corte del perfil en la base de la soldadura de filete.

Capacidad de la soldadura por pulgada: $\emptyset * f_w = \emptyset * w_s * (0.60 * F_u)$

$$\emptyset * f_w = 0.75 * 0.6 * (0.60 * 4.080) = 1.102 \text{ t/cm}$$

Se verifica que la capacidad total de la soldadura (0.80 t/cm) es menor que la resistencia a la fractura de corte del perfil en la base de la soldadura de filete (1.102 t/cm)

5.10.4 Longitud de los cordones de soldadura

$$P_u = -4.55 \text{ T}$$

$$\text{Longitud de los cordones de soldadura} = 4.55 / 0.80 = 5.68 \text{ cm (6cm)}$$

Se asume cordones de 6cm de longitud hacia ambos lados del perfil.

CAPITULO VI. VERIFICACION DEL DISEÑO DE LA ARMADURA CON UN PROGRAMA DE CÓMPUTO

Con fines de verificar el diseño se utilizara un programa de computo (SAP2000).

6.1 GEOMETRIA

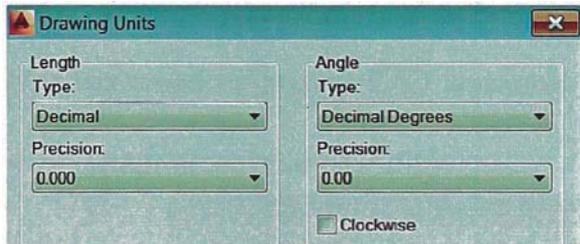
Existen varias maneras de definir la geometría de la estructura a analizar/diseñar en el programa:

- Utilizar las plantillas predefinidas que viene con la instalación de SAP2000.
- Dibujar la geometría utilizando los comandos propios de SAP2000.
- Importar la geometría desde un programa CAD, como AutoCAD.

Se elegirá la última opción, para lo cual existen algunos requisitos:

Se creara una lámina nueva de AutoCAD, la cual será grabada con el tipo de archivo DXF (Drawing Exchange Format).

- Configurar las unidades como *Metric* (metros).

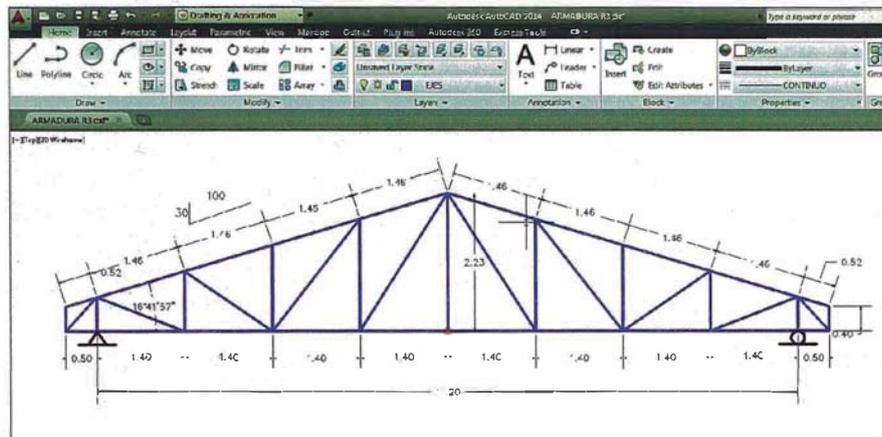


- Se crearan capas independientes para cada tipo de elemento que se quiera modelar y luego importar desde AutoCAD, diferenciados por clase:
 - Vigas, Columnas, Perfiles → Capa1
 - Muros de corte, losas, etc. → Capa2



- Para representar elementos lineales (vigas columnas, perfiles, etc.) se harán uso del elemento LINE (línea) de AutoCAD, no de polilíneas.
- Para representar elementos tipo área (losas, muros de corte, etc.), se usaran elementos de AutoCAD como 3DFACE (Cara 3D).

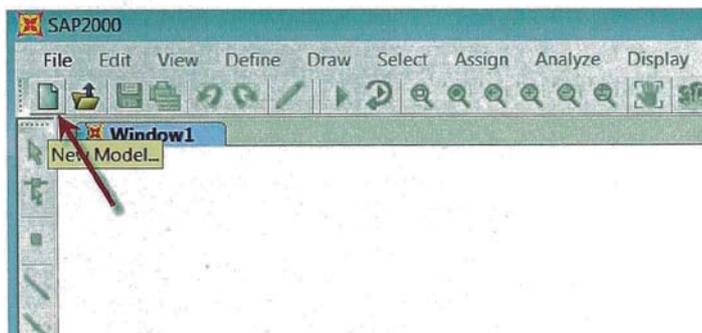
- Elementos como acotados, texto y demás, pueden in en cualquier otra capa, serán ignorados al momento de importar la geometría dentro de SAP2000.
- El plano de trabajo por defecto de AutoCAD es el plano XY, para modelos 2D. Pero el plano de trabajo de SAP2000 es el XZ.
- Detalles unidades de medidas, capas contenedoras de los elementos, sistema de referencia, serán configurados en SAP2000 al momento de la importación de la geometría.



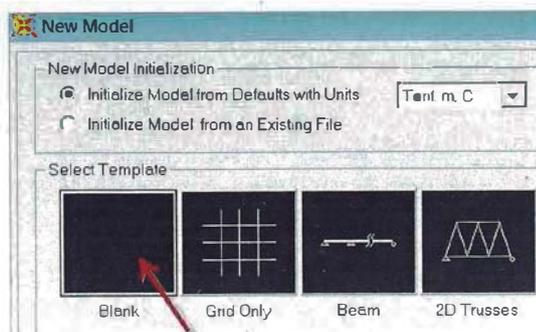
6.2 IMPORTACION DEL MODELO EN SAP2000

Una vez creado el archivo CAD, se procede a la importación del modelo.

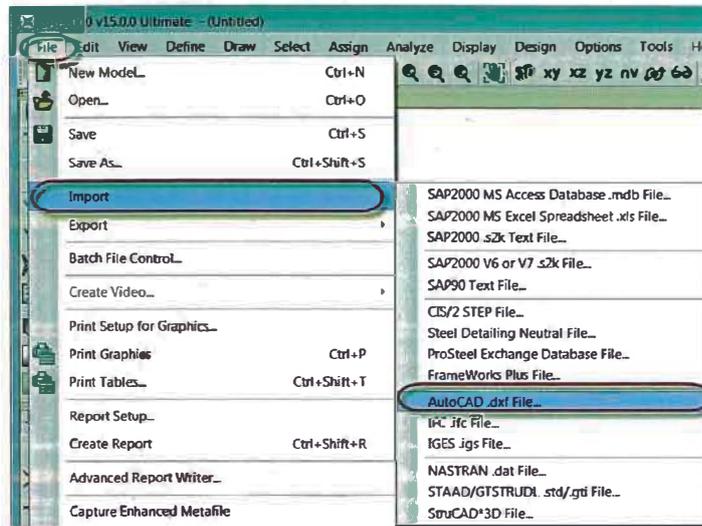
- Crear archivo de SAP2000.



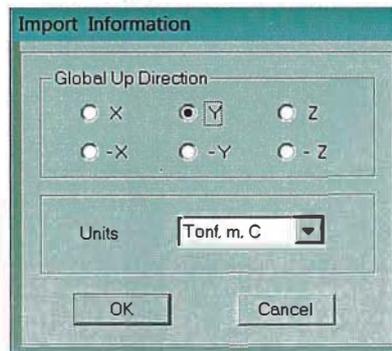
- Elegir una plantilla, escogeremos una en blanco.



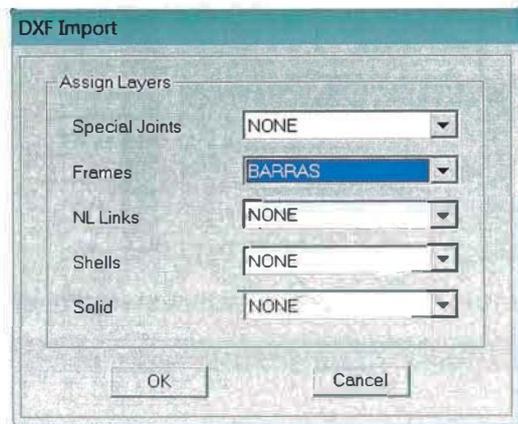
- El plano de trabajo por defecto de AutoCAD es el plano XY, para modelos 2D. Pero el plano de trabajo de SAP2000 es el XZ.
- Importando la geometría.



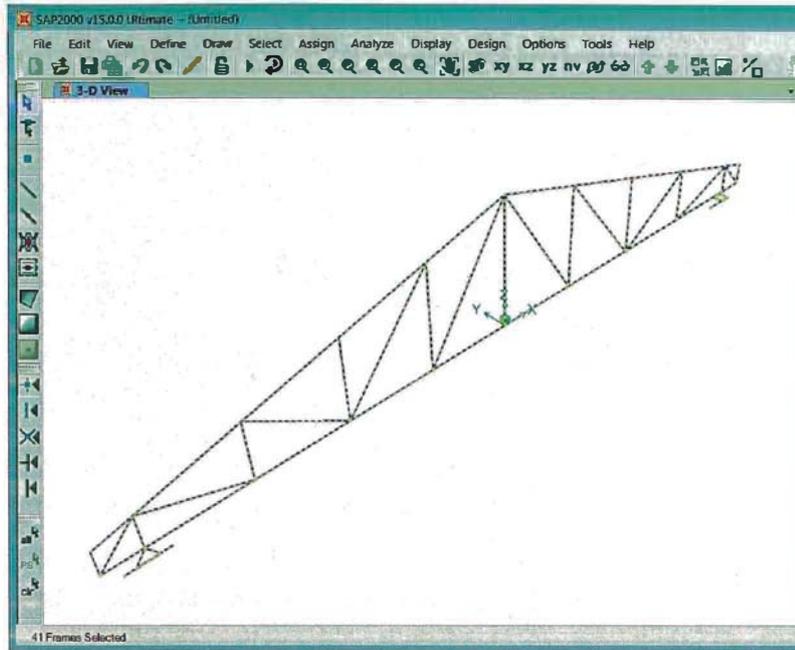
- Elegir el archivo y configurar la importación indicando cuál de los ejes de AutoCAD indica la dirección "UP", arriba.



- Indicar las capas que contienen a los objetos.

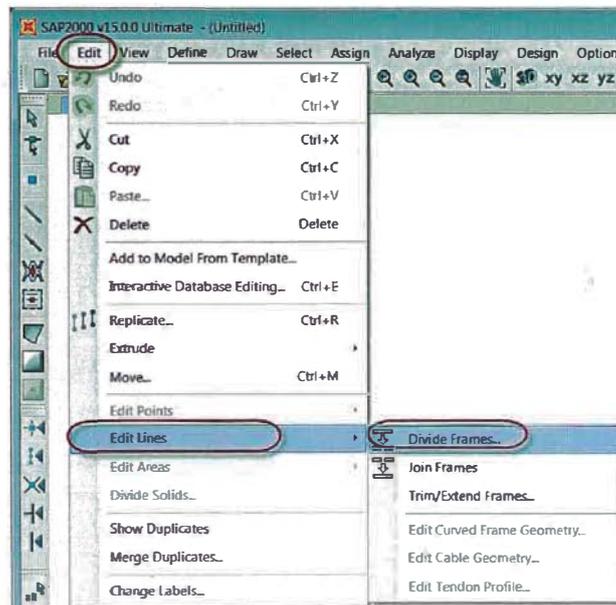


- Vista de la geometría importada.

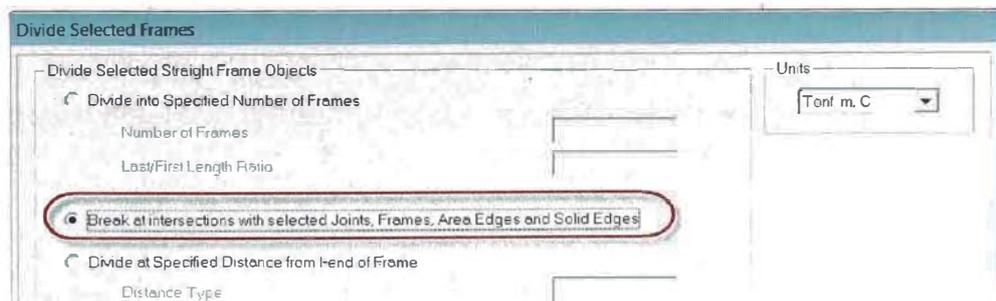


6.3 EDICION DE LA GEOMETRIA

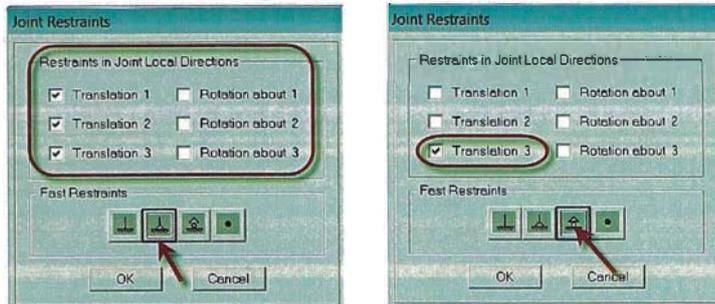
- Las barras deben de ser separadas según las conexiones, es decir cada nudo es una conexión. Seleccionar todo y dividir.



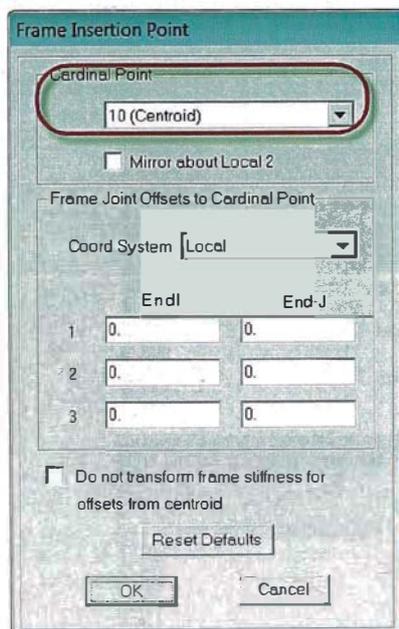
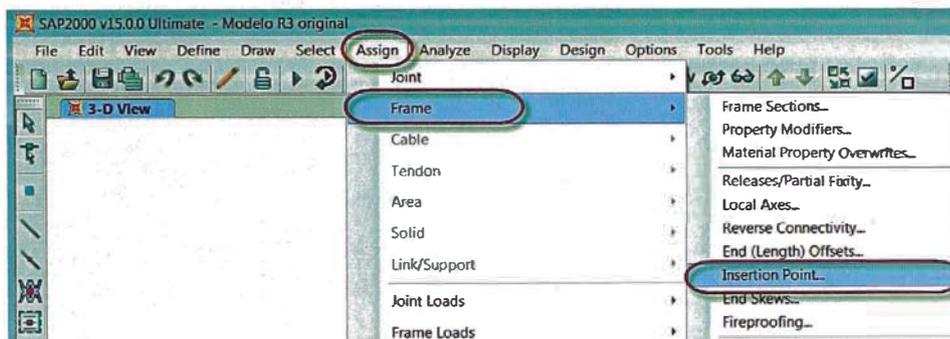
- Usar las intersecciones para dividir las barras.



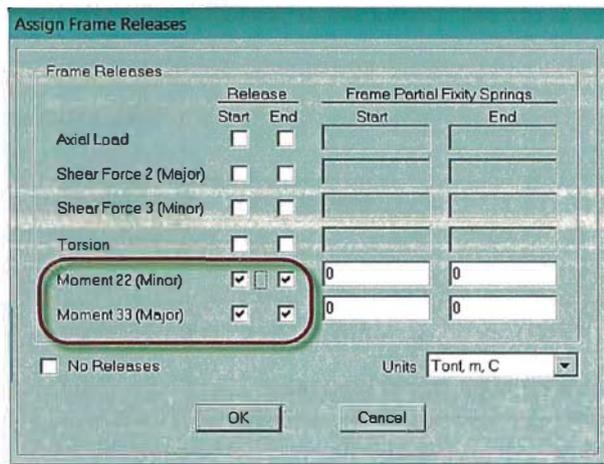
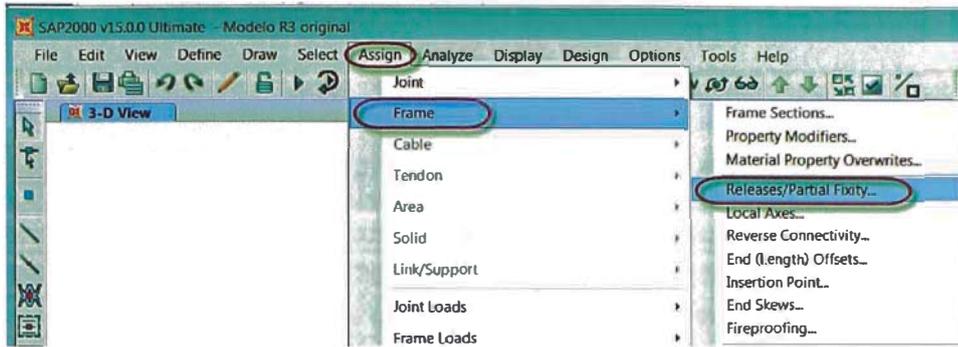
- Revisión de los apoyos, seleccionar uno a uno los apoyos de la armadura, e indicar el tipo de apoyo Articulado y Móvil.



- Asignar a todas las barras una propiedad donde ese indica que el punto de paso del "Frame", es el centroide de la sección considerada (Punto de inserción #10).

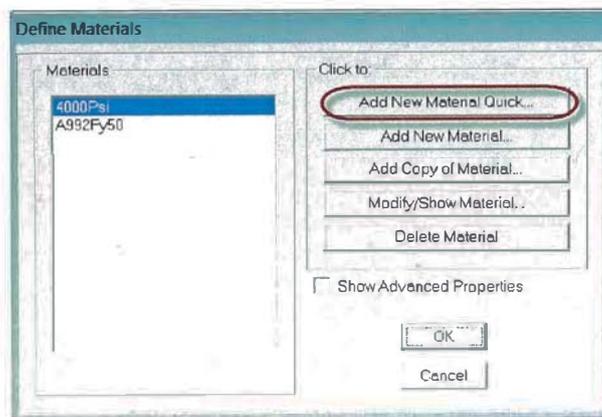
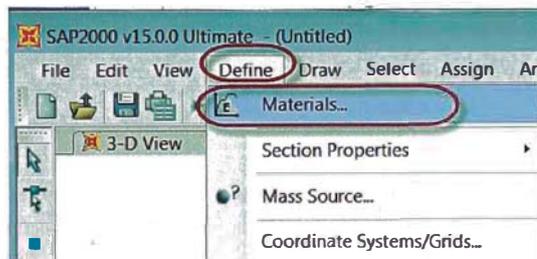


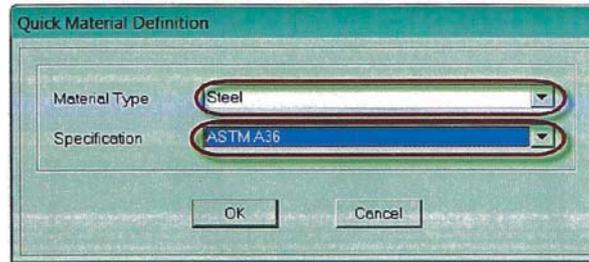
- Seleccionar todas las barras y liberar los momentos en los extremos de las barras.



6.4 DEFINICION DE MATERIALES

Se usara el acero A36 al ser el más disponible le en el mercado local.





6.5 DEFINICION DE SECCIONES

Se utilizara una sección armada compuesta por dos ángulos, que no puede ser modelada por ninguna de las secciones paramétricas que ofrece el programa (Ver figuras 34 y Figura 35).

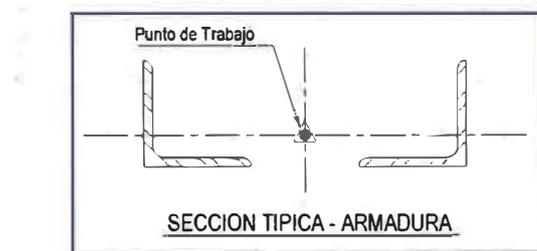


Figura 36 - Sección armada considerada para el análisis

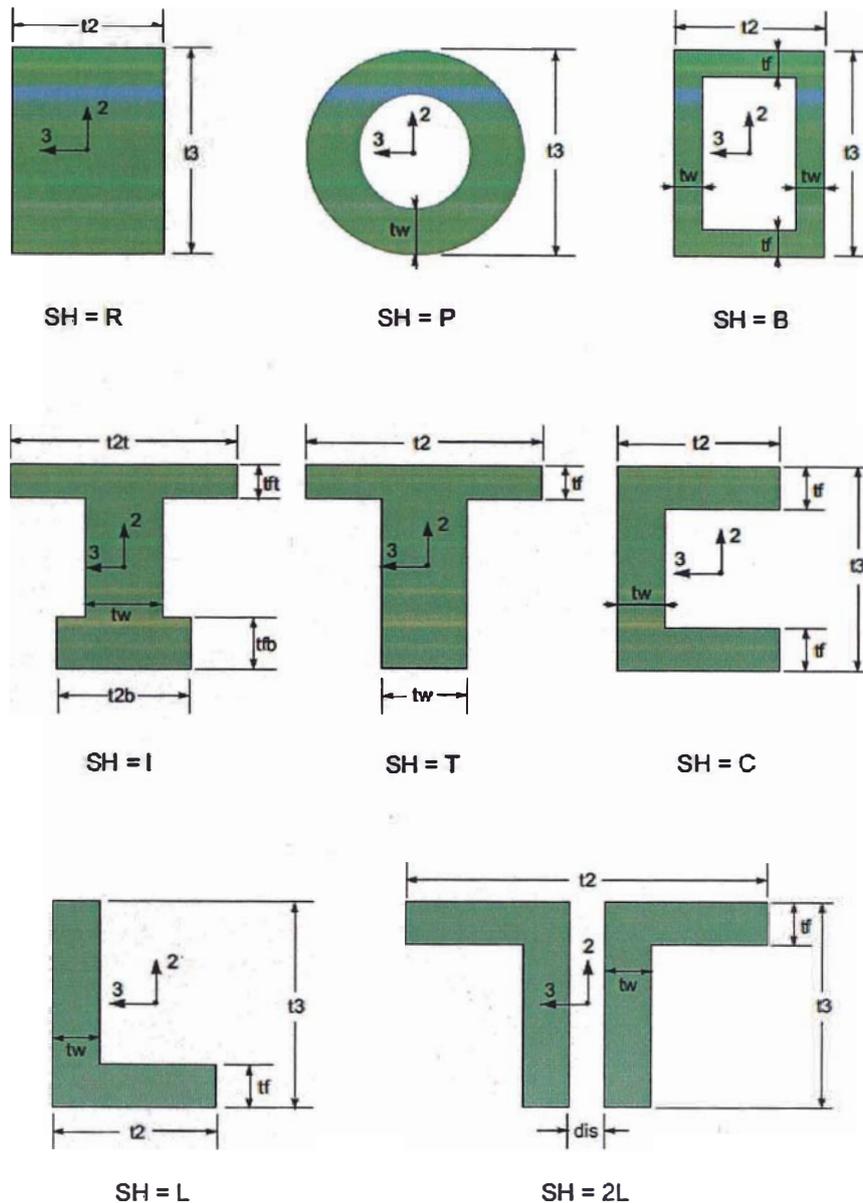
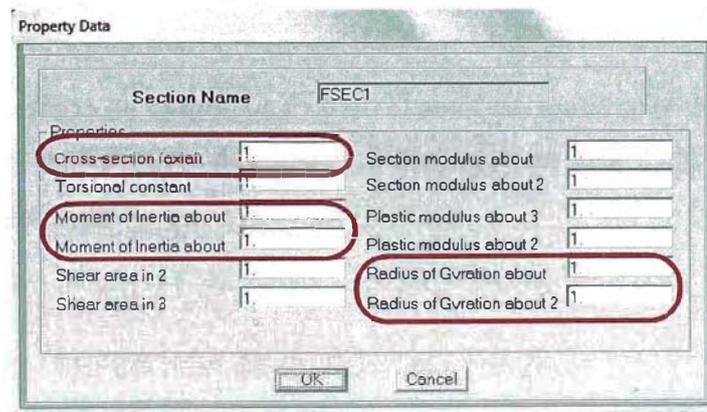
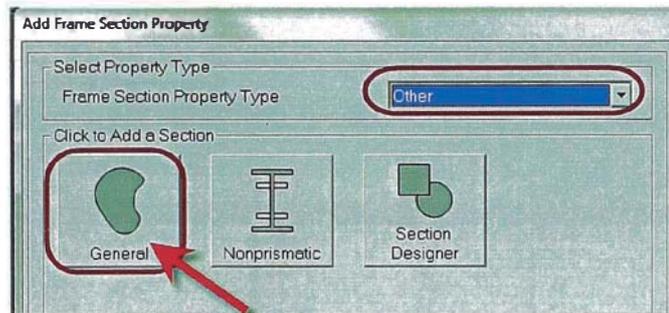
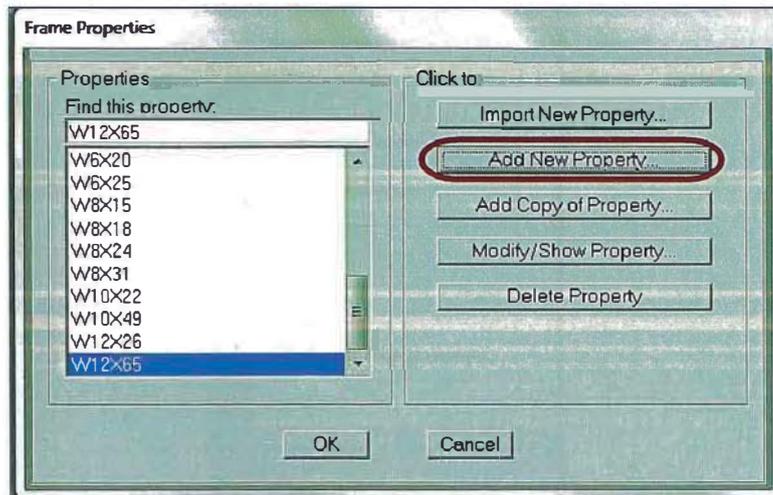
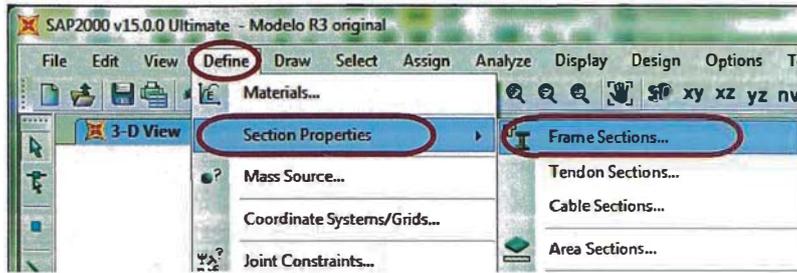


Figura 37 Secciones Paramétricas ofrecidas por el programa

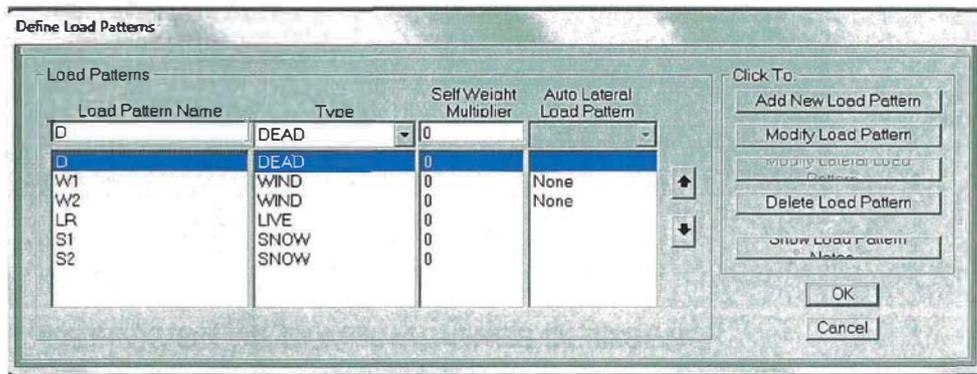
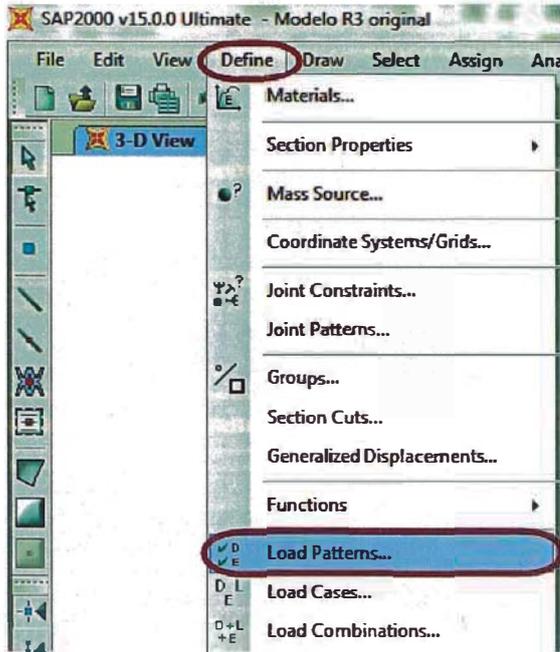
Para remediar esto se usará una sección genérica, donde las propiedades no provienen de la geometría, sino son ingresados manualmente al programa.

Se calculan manualmente las propiedades de la sección armada (ver ítem 5.1 Sección considerada para el diseño y 5.2 Propiedades de la sección armada), luego se agregan a la base de datos del programa.



6.6 DEFINICION DE TIPO DE CARGA

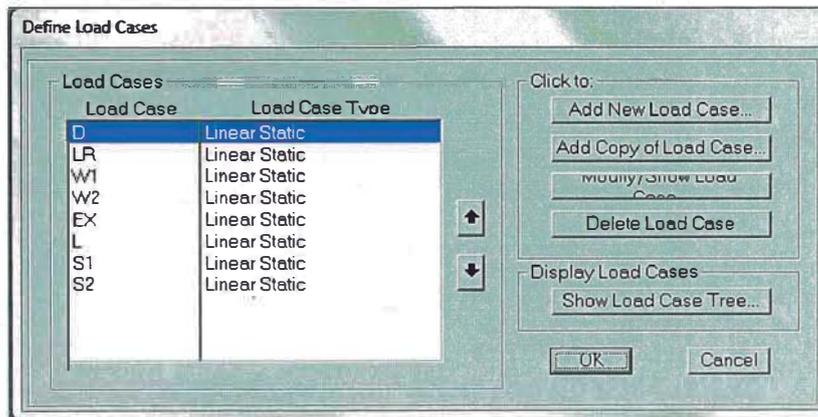
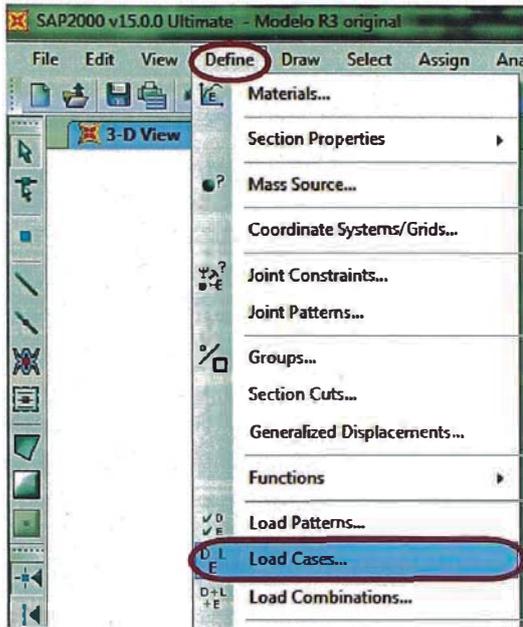
La carga asignada a la estructura producto del metrado de cargas, se consideran las siguientes cargas:



El metrado de cargas ya incluye el peso del material (estimado), es por eso que el factor multiplicador de peso propio es cero, es decir el programa no agrega el peso del material.

6.7 DEFINICION DE CASOS DE CARGA

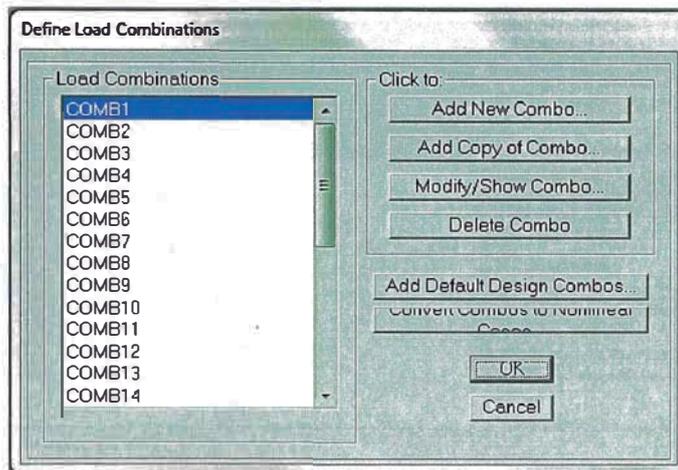
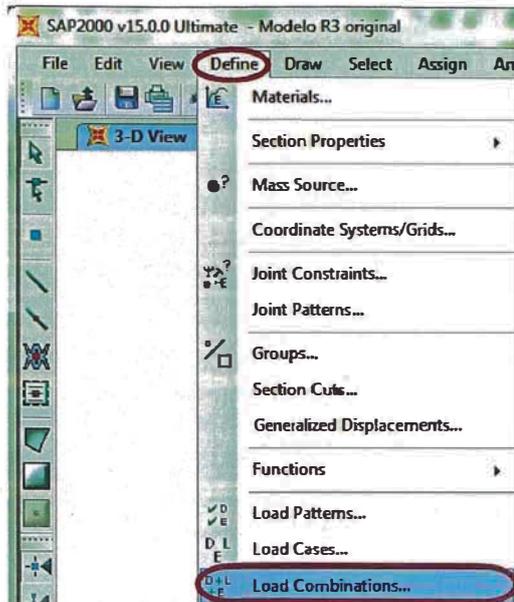
La carga que interviene en el análisis y diseño, para carga lineal estática la definición es automática a partir de los casos de carga.



6.8 DEFINICION DE COMBINACIONES DE DISEÑO

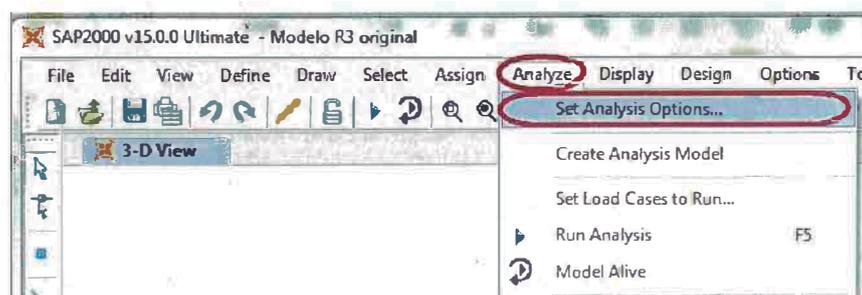
Serán las combinaciones presentes en la Norma E090 (Diseño en Acero), según el método LRFD.

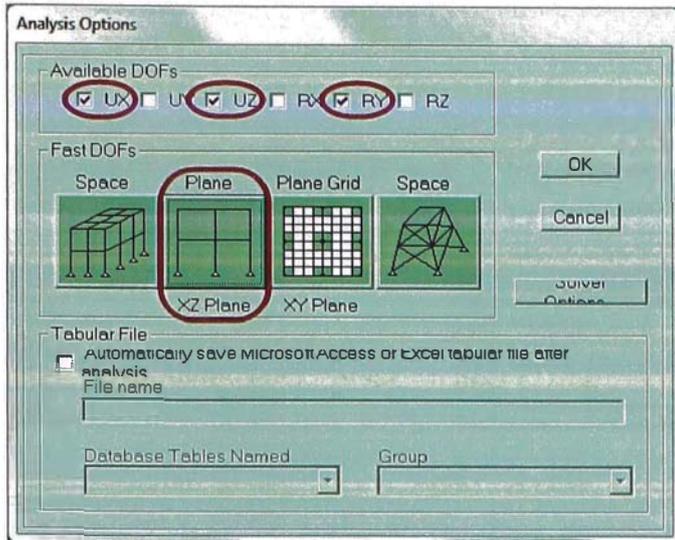
Ver ítem 4.3 Consideraciones de carga consideradas.



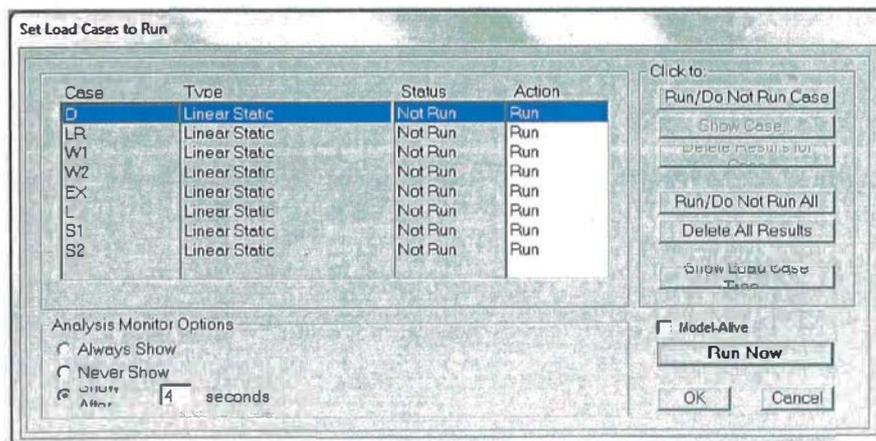
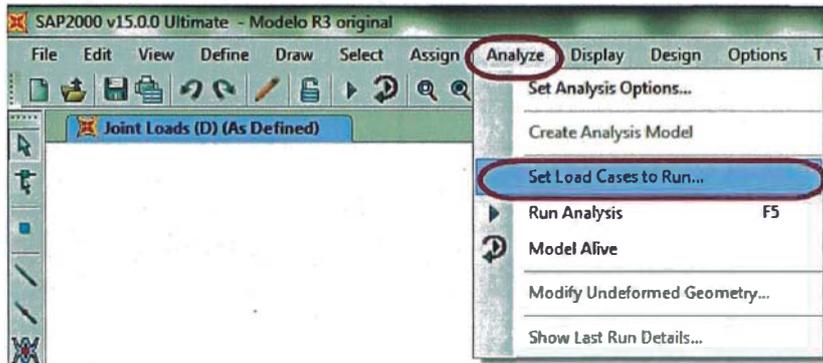
6.9 CONFIGURACION DE ANALISIS ESTRUCTURAL

Tanto la geometría como las fuerzas que actúan en la estructura están contenidas en un solo plano (plano XZ en este caso), es por eso que el análisis será configurado para que considere solo los tres grados de libertad (02 desplazamiento y una rotación) del plano XZ.

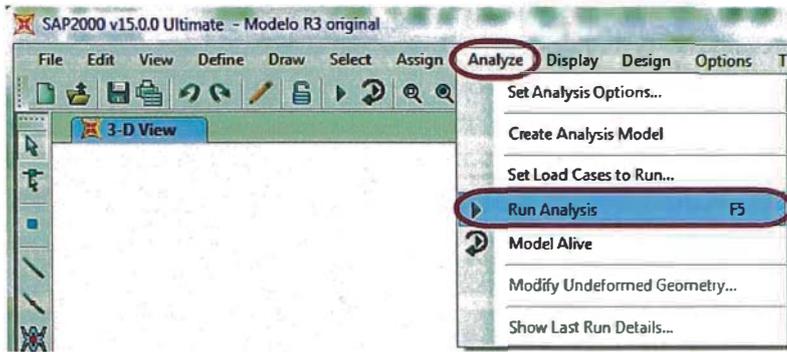




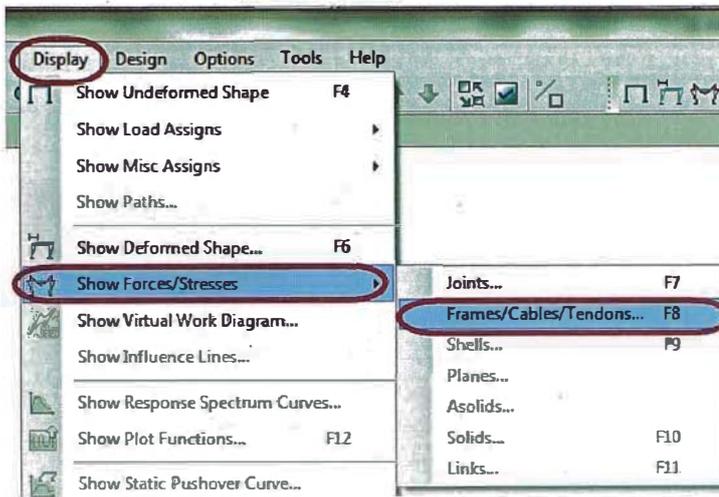
Elegir los casos de carga que intervienen en el análisis/diseño.

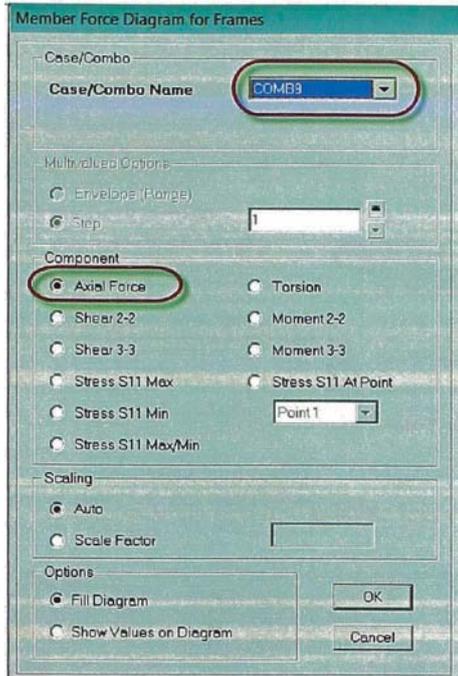


6.10 EJECUCION DE ANALISIS

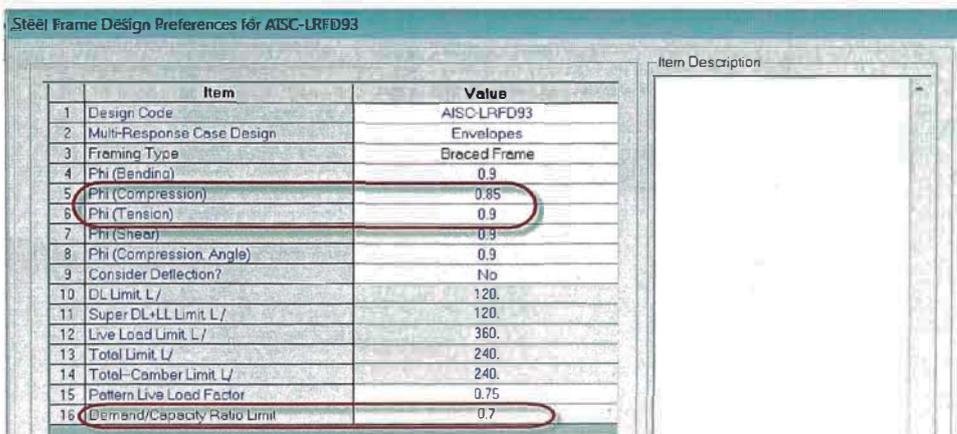
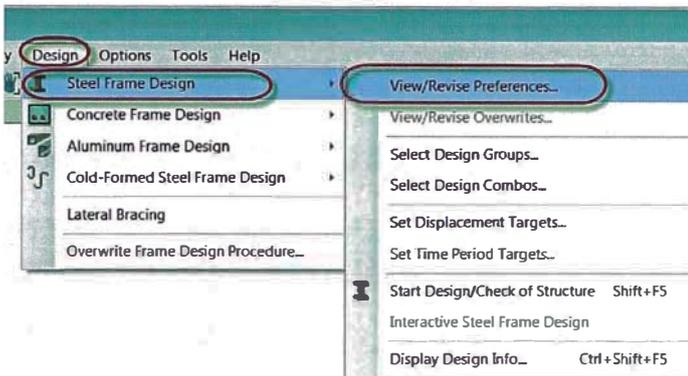


6.11 REVISION DE REACCIONES Y FUERZAS AXIALES

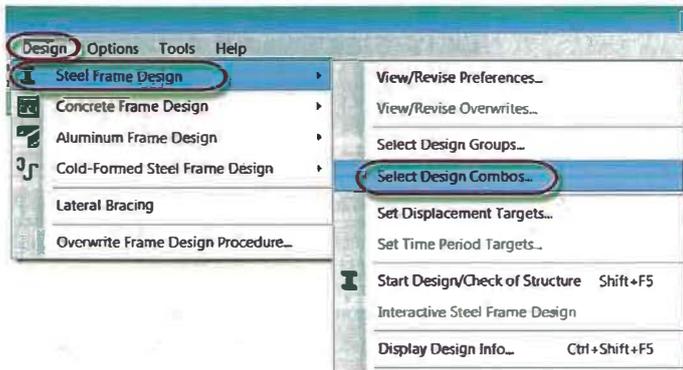




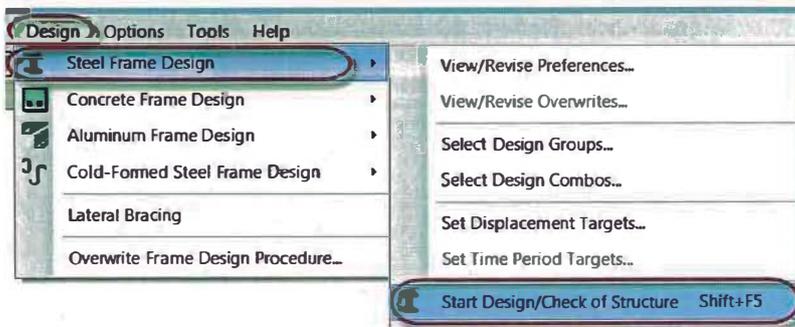
6.12 CONFIGURACION DE NORMA DE DISEÑO



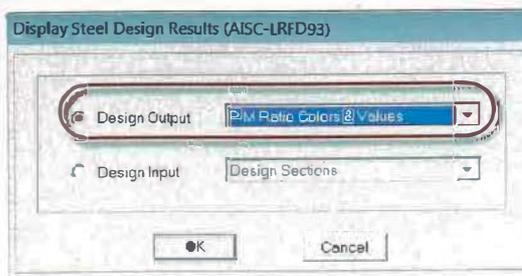
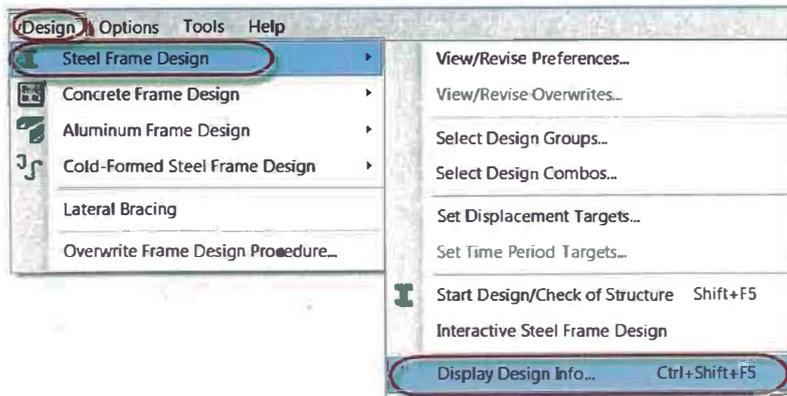
6.13 ELEGIR COMBINACIONES PARA EL DISEÑO



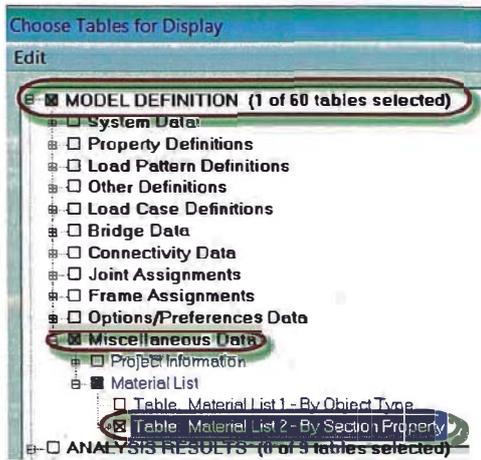
6.14 DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO



6.15 REVISION DE RATIOS DE DEMANDA CAPACIDAD



6.16 METRADO



Material List 2 - By Section Property

File View Format Filter Sort Select Options

Units: As Noted Material List 2 - By Section Property

	Section Text	ObjectType Text	NumPieces Unitless	TotalLength m	TotalWeight Tonl
▶	2x2x1/4 e=2 OF	Frame	41	55.15109	0.5235

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La combinación de cargas que gobierna el diseño, es la llamada **envolvente**, la cual abarca todas las demás combinaciones, tomando los máximos y mínimos de todas las combinaciones que incluye.
- La brida superior trabaja mayormente a compresión y la brida inferior a tracción. Presentándose inversión de esfuerzos, en los extremos.
- Los tramos de los extremos (en voladizo) de la armadura toman esfuerzos mínimos. No se presenta inversión de esfuerzos, lo que no ocurre en estructuras comunes, como la mostrada líneas abajo

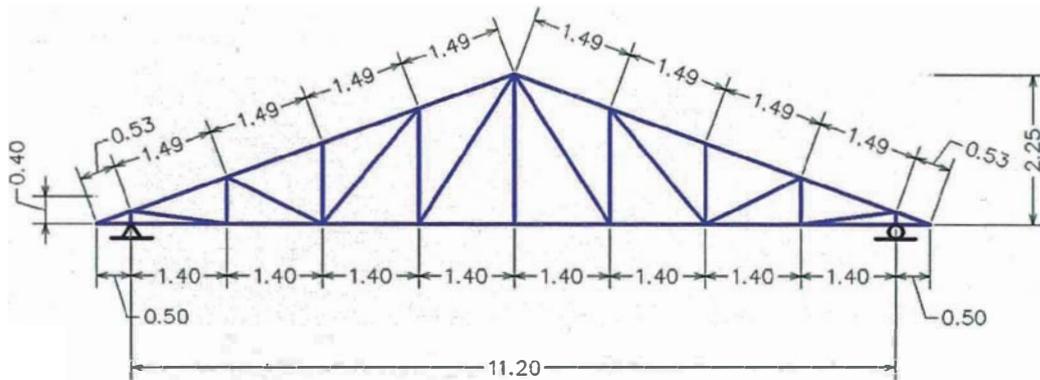


Figura 38 - Estructura que presentara inversión de esfuerzos

- El efecto producido por el Sismo es mínimo en comparación a las cargas de viento o nieve. Todo esto debido a que se trata de una estructura de poco peso, pero de una gran área superficial. De cualquier forma, de incluirse la carga de sismo, esta sería representada por una carga horizontal aplicada en la parte superior de las columnas de apoyo de la armadura en cada marco, y dichas columnas serían consideradas en cantiléver.
- Según la tabla N°7 del Ítem 5.7 INCIDENCIA DE CARGA DE NIEVE, el incluir la carga de nieve en el diseño influye sobre todo en la brida superior (incremento en 7% de la fuerza), en las diagonales (incremento en 11% de la fuerza), y montantes (incremento en 11.1% de la fuerza). Siendo menor en la brida inferior (incremento de 1.5% de la fuerza). Pero considerando el ratio demanda/capacidad de la brida superior (28%), diagonales (17%) y montantes (18%), producidos al incluir la carga de nieve,

este incremento en las fuerzas producto de la carga de nieve no es significativo.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evitar utilizar correas en las partes intermedias de los tramos de la brida superior, para no tener que revisar a flexo-compresión los tramos de la armadura. El modelo considerado en el análisis/diseño considera las cargas concentradas en los nudos a través de las correas de techo. Esto en combinación con la pequeña inercia de la sección armada utilizada, permite idealizar los nudos como articulaciones. Todo esto se anula cuando se coloca correas en tramos intermedios, generándose flexo-compresión.

Ver imagen líneas abajo.



Cabe resaltar que también existe cobertura TR4 transparente.

- Se puede incrementar notablemente la resistencia de la sección asignada a la brida superior (con la consiguiente disminución del peso de la misma), aumentando montantes. Así se reduciría la distancia libre sin arrioste de la brida superior, incrementando notablemente la resistencia al pandeo.
- Dado que se utiliza una sección armada compuesta por dos ángulos separados, para hacer que estos ángulos trabajen como una sola sección, se recomienda utilizara conectores a intervalos no mayores de 0.60m o a la mitad del tramo considerado. El menor valor.

BIBLIOGRAFÍA

- McCormac, Jack C. *Diseño de Estructuras de Acero*. Alfaomega Grupo Editor 2ª Edición. México D.F, 2002.
- Ministerio de Vivienda Saneamiento y Construcción. *Norma Técnica Peruana E020 – Cargas*. Lima Perú, 2006.
- Ministerio de Vivienda Saneamiento y Construcción. *Norma Técnica Peruana E090 – Estructuras Metálicas*. Lima Perú, 2006.
- Zapata Baglietto, Luis F. *Diseño Estructural en Acero*. 2ª Edición, Lima-Perú, 2004.

ANEXOS

ANEXO 1

FABRICACION ESTRUCTURA METALICA

FABRICACION DE ESTRUCTURA METALICA

1.0 ALCANCE

1.1 General

En este documento se detallan las especificaciones técnicas y normas constructivas que regirá en el proceso de fabricación de las estructuras metálicas de las edificaciones, correspondientes a todas las Unidades Mineras.

En caso de discrepancias entre planos y especificaciones, las especificaciones son mandatorias. En caso de discrepancias entre las dimensiones medidas a escala dibujadas en los planos y las cotas indicadas en ellos, las cotas prevalecen. En el caso de discrepancias entre los planos de acero estructural y los planos de otras especialidades, los planos estructurales gobiernan.

La preparación superficial y esquema de pinturas deberá cumplir las disposiciones de la Especificación Técnica de Pinturas de Estructuras Metálicas del Proyecto.

1.2 Trabajos Incluidos

Suministro de los perfiles acero necesarios para la fabricación de cada elemento de las estructuras metálicas.

Fabricación de los perfiles metálicos definidos en los planos para cada elemento de las estructuras metálicas y todos los elementos adicionales requeridos para sus conexiones, de acuerdo con las definiciones de los Planos.

El Control de Calidad de todo el proceso de fabricación de las estructuras de acero se realizará de acuerdo a lo indicado en esta Especificación y a los estándares del AISC.

Los trabajos definidos en esta Especificación se aplicarán a los elementos estructurales del para edificaciones de todas las Unidades Mineras que se detallan a continuación:

- Elementos estructurales para edificios y cubiertas.
- Estructuras soportantes de equipos.

1.3 Trabajos Excluidos

- Estructuras y elementos fabricados en aceros diferentes de acero al carbono.
- Estructuras adquiridas como parte del suministro de los equipos.
- Tanques, Estructuras de fajas transportadoras.

2.0 TERMINOLOGÍA USADA

2.1 Definiciones

Cuando se refiera al Propietario, se entenderá por la Unidad Minera, propietaria del yacimiento, quien ha encargado la ejecución de la construcción de las edificaciones. En los documentos integrantes, la referencia al Propietario incluirá además al Ingeniero y a cualquier otra persona que el propietario designe.

Cuando se refiera al Ingeniero, se entenderá un representante debidamente autorizado del Propietario.

Cuando se refiera al Contratista, se entenderá la persona natural o jurídica que ejecuta la fabricación de las estructuras de acero encargadas por el Propietario al amparo de un Contrato. El término Contratista incluye a sus empleados, trabajadores dependientes y terceros que estén bajo su dependencia u órdenes directas o indirectas, incluyendo entre otros a subcontratistas.

El término Planos incluye los planos de diseño, planos de disposición general y cualquier otro documento que entregue el Ingeniero.

2.2 Abreviaturas

Las abreviaturas listadas a continuación tienen el siguiente significado:

NTP Norma Técnica Peruana

AISC American Institute of Steel Construction

ASTM American Society for Testing and Materials

AWS American Welding Society

LRFD Load and Resistance Design (Diseño por Factores de Carga y Resistencia)

3.0 CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

3.1 Normas

Las presentes Especificaciones Técnicas y Consideraciones Generales contemplan la aplicación de las siguientes normas.

- Normas Técnicas Peruanas - NTP
- American Society for Testing Materials – ASTM
- American Welding Society – AWS
- American Institute of Steel Construction – AISC
- Load and Resistance Design - LRFD

4.0 MATERIALES

4.1 Requisitos generales

Todos los materiales que se empleen en la fabricación de las estructuras para edificaciones serán nuevos sin uso, de procedencia clara, conocida y deberán haber sido fabricados para satisfacer las especificaciones indicadas en este documento.

4.2 Estado de conservación

Al momento de su recepción, los materiales no deberán presentar evidencias de uso anterior ni daños por desgaste, deformaciones o corrosión, en caso contrario serán rechazados y repuestos por materiales nuevos con cargo y costo del Contratista.

4.3 Embalaje, rotulación e identificación

Los materiales que se reciban en envases o embalajes deberán presentarlos íntegros y, si es el caso, convenientemente sellados y rotulados para su correcta identificación.

4.4 Almacenamiento y control

Después de ser recibidos en el taller de la Maestranza, los materiales serán convenientemente almacenados, considerando en especial lo siguiente:

- Las planchas de acero serán apiladas en forma ordenada, separadas por

calidad, espesor y dimensiones, de una forma que evite daños por corrosión o deformaciones. Serán almacenadas bajo techo.

- Las soldaduras, fundentes y materiales de aporte serán almacenados dentro de sus envases originales, en una bodega temperada y de ambiente seco.
- Las pinturas, revestimientos y otros materiales que contengan resinas o plásticos, serán almacenados en un ambiente fresco y protegidos de la radiación solar, en conformidad con las especificaciones del Proveedor de estos materiales.
- Los pernos serán almacenados separados por calidad y dimensiones, además serán protegidos contra la corrosión.

4.5 Requerimientos de calidad

Los materiales que se empleen en la fabricación deberán cumplir con los requisitos de calidad que se indican a continuación, a menos que se indique lo contrario en Planos.

Acero estructural

Los perfiles laminados y planchas serán de acero al carbono, calidad estructural, conforme a la Norma ASTM A36.

Los perfiles formados en frío se fabricarán a partir de flejes de acero al carbono, calidad estructural, conforme a la Norma ASTM A570.

Las propiedades mecánicas mínimas de estos aceros se indican a continuación:

Propiedad	A36	A570
- Esfuerzo de Fluencia (Kg/cm ²)	2530	2530
- Resistencia en tensión (Kg/cm ²)	4080	3700
- Alargamiento en 200mm (%)	17	15-17

Las propiedades dimensionales de los perfiles serán las indicadas en las Tablas de Perfiles de la Norma ASTM A6: "Standard Specification for General Requirements for Rolled Steel Plates, Shapes, Sheet Piling, and Bars for Structural Use". Cualquier variación de estas propiedades deberá limitarse a las tolerancias establecidas en la misma Norma.

Pernos de alta resistencia

Los pernos de alta resistencia cumplirán con la Norma ASTM A325.

Pernos corrientes y templadores

Los pernos de alta resistencia cumplirán con la Norma ASTM A307.

Los templadores serán de acero calidad ASTM A36.

Soldaduras y fungibles

Los electrodos, revestimientos, fundentes, y en general los materiales fungibles para soldar deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Norma AWS.

La soldadura será de arco metálico protegido. El material de los electrodos será del tipo E60 ó E70 con una resistencia mínima a la tensión (F_u) de 4,200 kg/cm² y 4,900 kg/cm² respectivamente. El material de soldadura deberá cumplir con los requerimientos prescritos en las Normas AWS A5.1 de la American Welding Society.

Pinturas

Las pinturas deberán cumplir con los requisitos de la Especificación Técnica de Pinturas.

La Maestranza deberá certificar la calidad y composición de todos los materiales empleados.

El Ingeniero no aceptará el empleo de materiales cuya composición sea cuestionada o no esté claramente definida.

5.0 DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS Y DETALLES DE FABRICACIÓN

El contratista adoptará todas las disposiciones aplicables y utilizará todos los detalles de fabricación que aseguren el cumplimiento de los requisitos de calidad de los elementos a fabricar.

Las prescripciones señaladas más adelante son las mínimas que deberán cumplirse. Cuando no se indique una disposición explícita, se entenderán aplicables los mejores estándares de una buena práctica de la fabricación.

La fabricación no podrá iniciarse hasta la recepción de los planos aprobados por el Ingeniero.

5.1 Estructuras

Disposiciones aplicables a la fabricación de estructuras:

- La fabricación cumplirá todas las disposiciones aplicables de las Normas NTP y los códigos AISC.
- Las conexiones de taller serán preferentemente soldadas y las de campo serán empernadas. Los conectores utilizados serán de plancha lisa.
- Los ángulos y planchas de conexión se soldarán en todo su contorno.
- Los perfiles, sus espesores, tamaños, pesos y detalles de construcción serán exactamente idénticos a los indicados en los planos.
- Todos los elementos y secciones tendrán dimensiones y formas que permitan un calce adecuado, un buen encuadre y su ubicación en la posición precisa que permita un montaje seguro y un ensamble apropiado en terreno.

6.0 FABRICACIÓN

La habilitación y fabricación de las estructuras de acero se efectuara en concordancia a lo indicado en la presente Especificación y los requisitos del AISC Specification for Structural Steel Buildings, última edición.

Los requisitos mínimos que se deberán considerar en las diferentes etapas de fabricación son los siguientes:

6.1 Manejo de materiales

Las planchas, perfiles y materiales base serán estrobados, izados y transportados en forma que evite deformaciones, desgarros y cualquier otro tipo de daño mecánico.

6.3 Trazado y orientación de los cortes

Los cortes se planificarán para obtener que los esfuerzos principales del elemento fabricado tengan preferentemente la misma orientación que el sentido de laminación.

6.4 Método de corte

El corte de los materiales podrá hacerse térmicamente (con oxi-acetileno) o por medios mecánicos (cizallado, aserrado, etc.). Los elementos una vez cortados deberán quedar libres de rebabas y los bordes deberán aparecer perfectamente rectos.

El corte con oxígeno deberá hacerse con máquina. Los bordes cortados con oxígeno que estarán sujetos a esfuerzo y/o que recibirán soldadura deberán quedar libres de imperfecciones.

No se permitirá imperfecciones mayores de 1/8" (3.2 mm). Las imperfecciones mayores de 1/8" (3.2 mm) debidas al proceso de corte deberán eliminarse por esmerilado. Todas las esquinas entrantes deberán ser redondeadas con un radio mínimo de 1/2" (12.7 mm) y deberán estar libres de entalladuras.

No se requiere preparación de los bordes de planchas y perfiles que hayan sido cizallados o cortados a gas excepto cuando se indique específicamente en los planos.

6.5 Conformado en Frío

El conformado en frío se efectuará mediante prensas, dobladoras, cilindradoras, rebordeadoras, curvadoras de perfiles o máquinas especiales que lleven gradualmente el material hasta la forma requerida, sin aumentar desmedidamente su acritud. No se permitirá el conformado mediante golpes de machos o martinets.

El doblado en frío de planchas formando ángulos rectos o agudos, se hará a un radio que considere el espesor y ductilidad del material a procesar.

6.6 Perforación de agujeros

Todas las perforaciones son efectuadas en el taller previamente al pintado. Las perforaciones se efectuarán por taladrado, pero también pueden ser punzonadas a un diámetro 1/8" (3.2 mm) menor que el diámetro final y luego terminadas por taladrado.

El diámetro final de los huecos será 1/16" (1.6 mm) mayor que el diámetro del perno que van a alojar y su aspecto será perfectamente circular, libre de rebabas y grietas. Los elementos con perforaciones que no cumplan con estas características serán rechazados.

6.8 Soldaduras

El procedimiento y secuencia de soldadura se ajustará a lo indicado en el Manual de Soldadura de la American Welding Society – AWS.

La soldadura se efectuará por el proceso de arco metálico protegido. Los electrodos serán del tipo E60 y/o E70. El tipo de electrodo usado es el indicado en los planos del proyecto, y en todos los casos deberá ser metalúrgicamente compatible con el acero que se va a soldar.

Las superficies que servirán de apoyo a la soldadura deberán estar libres de rebabas y otras imperfecciones.

Para el caso de soldaduras de filete, la separación entre las partes a soldarse será la mínima posible y en ningún caso excederá de 3/16" (4.8 mm).

6.9 Enderezado.

Las piezas soldadas serán inspeccionadas, toda distorsión fuera de tolerancia será corregida. Los enderezados serán de preferencia efectuados por medios mecánicos, en frío.

El enderezado por medio de calentamientos controlados y localizados sólo será permitido, con autorización previa del Ingeniero, en el caso de piezas de grandes dimensiones, donde la fuerza requerida para hacerlo exceda la capacidad del equipo disponible. En cualquier caso, el enderezado por calentamiento se efectuará sin la aplicación adicional de fuerza.

La temperatura de calentamiento no deberá exceder de 650 grados Celsius en ningún caso, excepto para aceros con tratamientos térmicos de temple y revenido, en que el límite será de 600 grados Celsius.

6.10 Prearmado y ajuste

Cuando sea requerido e indicado en los Planos los elementos fabricados serán prearmados y ajustados en sus conexiones con los demás elementos de un conjunto. Sin sentido restrictivo, en los siguientes casos el prearmado será requerido:

- Para elementos relativamente rígidos que tengan dos o más caras de conexión ubicadas en planos no paralelos.
- Para elementos que, por su gran tamaño, hayan debido fabricarse en dos o más secciones.
- Para conexiones apernadas con más de 10 pernos, excepto que hayan sido perforadas y verificadas con una plantilla controlada.
- Cuando sobre el elemento o elementos estructurales, se apoyen o vayan montados equipos mecánicos.

6.11 Pinturas

La aplicación de pinturas se efectuará cumpliendo las disposiciones de la Especificación de Pinturas y bajo la norma SSPC (Steel Structures Painting Council), Normas de Preparación de Superficie.

6.12 Marcas

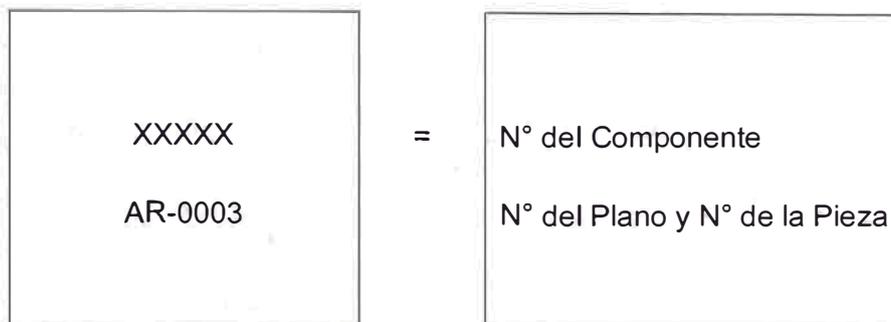
Al término de la fabricación en taller, todos los elementos serán marcados con la identificación que le haya sido asignada en el plano correspondiente.

La marcación de los elementos estructurales y de calderería tiene como objetivo su identificación durante el montaje. En consecuencia, debe escogerse un lugar visible para la inscripción.

En pilares y columnas, la marca debe hacerse cerca de la placa base; en diagonales, costaneras, vigas y enrejados debe efectuarse en alguno de los extremos. En caso de ser piezas muy pesadas, y por tanto difíciles de mover, la marcación se hará en dos caras opuestas.

Las marcas se estamparán con números y letras de 10mm (3/8") de altura. En el renglón superior se estampará el "Número de Componente" de fabricación de las

estructuras; en el siguiente, el "Número del Plano" correspondiente, seguido del Número o Marca representativa de la pieza, como se muestra en el ejemplo.



Este letrero se circunscribirá con un marco rectangular de pintura blanca, del mismo tipo de la utilizada en el proceso de pintado, de 8 mm de ancho.

7.0 TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

Las tolerancias dimensionales de los elementos ya fabricados se ajustarán a lo indicado en la Norma ASTM A6, excepto que aquellos miembros que trabajan en compresión no tendrán una desviación en su "derechura" mayor a 1/1000 de su longitud axial entre puntos de soporte lateral.

La variación de la longitud real respecto a su longitud detallada no podrá ser mayor de 1/32" (0.8 mm) para aquellos elementos con ambos extremos preparados para uniones.

La variación de la longitud real de cualquier otro elemento de la estructura respecto a su longitud detallada no será mayor que 1/16" (1.6 mm) para elementos de 30' (9,144 mm) de longitud y menores, ni mayor que 1/8" (3.2 mm) para elementos de más de 30' (9,144 mm) de longitud.

Las vigas y tijerales detallados sin una contraflecha específica se fabricarán de tal manera que después del montaje, cualquier contraflecha proveniente del laminado ó debida al proceso de fabricación apunte siempre hacia arriba.

Cualquier desviación permisible en el peralte de las vigas puede producir cambios abruptos de peralte en los empalmes. Cualquier diferencia de peralte en juntas empernadas, en tanto se encuentre dentro de las tolerancias permitidas, puede compensarse mediante el uso de planchas de relleno. En el caso de juntas soldadas, el perfil del cordón de soldadura puede ajustarse para compensar la

variación de peralte, en tanto la sección y perfil del cordón resultante cumpla los requerimientos de la AWS.

8.0 INSPECCIONES Y PRUEBAS

8.1 General

Todo el proceso de suministro y fabricación de los elementos estará sujeto a inspección, tanto de la Contratista como del Ingeniero.

8.2 Inspección interna del Contratista

El Contratista deberá contar con su propia organización para el control interno de calidad e inspección de los elementos fabricados, antes de su entrega al Ingeniero.

La inspección del Ingeniero se realizará sólo en aquellos elementos que hayan pasado previamente los controles del Contratista y que a su juicio se encuentren en condiciones de ser aceptados.

8.4 Alcances mínimos de la Inspección del Ingeniero

El Ingeniero podrá ejercer su control directamente o delegarlo en una firma responsable, este hecho no impedirá la realización de una inspección o control simultáneo de ambos, a decisión exclusiva del Ingeniero.

El alcance mínimo que tendrá el proceso de inspección de la calidad de fabricación por parte del Ingeniero, será el siguiente:

Verificación y control de los materiales

El Ingeniero verificará, que los materiales corresponden en cantidad y calidad a lo requerido. Verificará las condiciones de almacenamiento.

Calificación del personal

El Ingeniero revisará la calificación del personal que intervendrá en la fabricación. Todo el personal deberá estar familiarizado y entrenado para desarrollar sus funciones.

Inspección de los procesos de fabricación

Durante el desarrollo de la fabricación de los elementos estructurales, el Ingeniero efectuará los controles requeridos en cada etapa; verificará el cumplimiento de las especificaciones y controlará las variables de cada proceso.

Será responsabilidad del Contratista efectuar los controles preventivos necesarios para evitar el rechazo de elementos que no cumplan los requisitos de calidad o tolerancias dimensionales.

Si el Ingeniero encuentra, en forma reiterada, defectos que no fueron detectados previamente por el Contratista, podrá suspender su labor de Inspección hasta que constate que se han arbitrado los medios para lograr una mayor eficiencia en el control. La suspensión de la Inspección del Ingeniero no modificará los compromisos de entrega de parte del Contratista para los efectos de aplicación de las multas que procedieren.

Inspección dimensional y presentaciones

El Ingeniero efectuará los controles visuales y dimensionales al término de la fabricación de cada elemento, antes de su paso a la etapa de limpieza superficial y pintura.

Rechazos y Reparaciones

Todo material o elemento que no cumpla los requisitos de calidad, o esté fuera de las tolerancias dimensionales estipuladas, será rechazado por el Ingeniero; el Contratista deberá reponerlos o repararlos según definición exclusiva del Ingeniero.

El costo de los análisis y ensayos especiales que sean requeridos para verificar una reparación originada por un rechazo, será de cargo del Contratista.

ANEXO 2

MONTAJE ESTRUCTURA

MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL

1.0 INTRODUCCION

La presente especificación técnica establece la calidad de los materiales y la mano de obra y define cómo se controlará la calidad del montaje del acero estructural y de metales misceláneos, para edificios, plataformas y otras instalaciones metálicas.

2.0 ABREVIACIONES

Las abreviaciones que se listan a continuación significarán lo siguiente:

AISC American Institute of Steel Construction

ANSI American National Standard Institute

RCSC Research Council of Structural Connections

ASTM American Society for Testing and Materials

3.0 CODIGOS Y NORMAS

La última edición de los siguientes códigos, normas y especificaciones serán de aplicación, en la medida que se indica en las referencias a continuación, a menos que se especifique o muestre en los planos lo contrario.

AISC	Specification for Structural Steel Buildings
RCSC/AISC	Specification for Structural Joints Using ASTM A 325 or A490 Bolts
ASTMA6	Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
AWSD1.1	Structura / Welding Code- Steel
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones-Perú2006

4.0 MATERIALES

La soldadura será de arco metálico protegido. El material de los electrodos será del tipo E60 ó E70 con una resistencia mínima a la tensión (F_u) de 4,200 kg/cm² y 4,900 kg/cm² respectivamente. El material de soldadura deberá cumplir con los requerimientos prescritos en las Normas AWS A5.1 de la American Welding Society.

5.0 PLANCHA BASE

Las planchas de base deberán alinearse y nivelarse en las posiciones y niveles que se indiquen en los planos, y deberán colocarse completamente apoyadas sobre sus soportes.

6.0 CONEXIONES

- 6.1 Las conexiones deberán fabricarse de la forma que se indique en los planos y según se requiera en la presente especificación.
- 6.2 A menos que se indique de otra forma, todas las conexiones emperradas en el campo deberán instalarse con pernos de alta resistencia ASTM A325, en los tamaños indicados en los planos.
- 6.3 Se deberán evitar las conexiones con soldadura en el campo, salvo donde fuese indicado en los planos de diseño.

7.0 PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

Todos los pernos serán de cabeza y tuerca hexagonal, y sus propiedades se ajustarán a lo indicado en las Normas ASTM A325 para el caso de pernos de alta resistencia, y a lo indicado en la Norma ASTM A307 para el caso de pernos corrientes de baja resistencia.

Las dimensiones de los pernos y sus tuercas estarán de acuerdo a lo indicado en las Normas ANSI B18.2.1-1981 y ANSI B18.2.2-1972 respectivamente. Las características de la rosca se ajustarán a lo indicado en la Norma ANSI B1.1-1982 para roscas de la serie UNC (gruesa), clase 2A.

No se volverán a utilizar los pernos ASTM A 325 después de que hayan sido tensados y se haya cortado el extremo ranurado. Se retirarán del área de trabajo los pernos que se hayan quitado.

8.0 SOLDADURA

8.1 Generalidades

El procedimiento y secuencia de soldadura se ajustará a lo indicado en Manual de Soldadura de la American Welding Society – AWS.

La soldadura se efectuará por el proceso de arco metálico protegido. Los electrodos serán del tipo E60 y/o E70. El tipo de electrodo usado es el indicado en los planos del proyecto, y en todos los casos deberá ser metalúrgicamente compatible con el acero que se va a soldar.

Las superficies que servirán de apoyo a la soldadura deberán estar libres de rebabas y otras imperfecciones.

Para el caso de soldaduras de filete, la separación entre las partes a soldarse será la mínima posible y en ningún caso excederá de 3/16" (4.8 mm). Para aberturas de 1/16" (1.6 mm) ó mayores, el tamaño del cordón será incrementado en el mismo monto.

8.2 Procedimiento de Calificación de Soldadores

Sólo se emplearán soldadores calificados. El Contratista de las Estructuras Metálicas presentará al Ingeniero los Certificados de Calificación y de trabajo que demuestren la experiencia y calificación del operario como un soldador de primera categoría.

Los certificados y constancias deben haber sido emitidos por empresas e institutos de seriedad probada y reconocida en la prestación de este tipo de servicios.

La calificación de un soldador no lo habilita para realizar cualquier tipo de trabajo de soldadura, sino que está limitada a aquellos que corresponden al tipo de prueba efectuada y aprobada.

3.3 Inspección y Pruebas

El Ingeniero verificará la calidad de la soldadura, mediante las siguientes inspecciones:

a. Inspección Visual

La soldadura tendrá dimensiones y espesores regulares y constantes.

- Los filetes tendrán convexidad entre 1/16" y 1/8" sin fisuras, quemaduras de metal o penetración incompleta.
 - Se comprobará la regularidad de la penetración.
- b. En caso de presentarse duda sobre la calidad de cualquier soldadura, se podrá ordenar la prueba de la misma con rayos X, corriendo su costo por parte del Contratista de las Estructuras Metálicas.

9.0 MONTAJE

9.1 Consideraciones Generales

El Contratista de las Estructuras Metálicas deberá efectuar el montaje de las mismas preservando el orden y la limpieza, contando con las instalaciones provisionales requeridas para este fin y con los equipos adecuados para efectuar las maniobras que aseguren la ejecución del montaje en concordancia con las buenas prácticas de la Ingeniería.

El Contratista deberá designar un Ingeniero Responsable del Montaje, además del personal, de todo nivel, debidamente calificado y con experiencia para la ejecución de este tipo de trabajos.

Previamente las estructuras y elementos fabricados deberán haber sido marcados para permitir su identificación y transportados adecuadamente, cuidando de no deformarlos ni dañarlos. Llegados a Obra, las estructuras y sus elementos de conexión deberán ser almacenados ordenadamente en un ambiente designado para tal fin, que permita un acceso rápido y les dé un grado de protección contra la lluvia, el sol y el polvo.

9.2 Recepción de los materiales

El Contratista debe revisar, antes del montaje, cada uno de los embarques de materiales que llegan a la obra. Si se detecta que algunos de los materiales que arriban a obra se encuentran dañados, lo informará de inmediato a la Supervisión, el que debe decidir si es posible rehabilitarlos en el sitio o deben ser devueltos para su reposición. Debe proveerse arriostramientos temporales cuando sea necesario para resistir las cargas impuestas por las operaciones de transporte y montaje.

9.3 Instalación de los pernos de anclaje

Las tolerancias en su ubicación respecto de lo indicado en los Planos no será mayor que:

- a. 1/8" entre centros de cualesquiera dos pernos dentro de un grupo de pernos de anclaje.
- b. 1/4" entre centros de grupos de pernos de anclaje adyacentes.
- c. 1/2" para el nivel del extremo superior de los pernos de anclaje.

9.4 Instalación de los pernos de la estructura

Los pernos estarán provistos de tuerca y arandela plana. En aquellas conexiones donde las superficies exteriores de los elementos conectados no son perpendiculares al eje del perno, deberán usarse arandelas biseladas.

La parte roscada del perno no debería estar incluida, preferiblemente, en el plano de corte de los elementos que conectan. Las llaves de tuercas utilizadas para la instalación de los pernos deben ser de las dimensiones precisas para no producir daños en la cabeza o la tuerca de los pernos.

9.5 Tolerancias de montaje

Los elementos verticales de la estructura o columnas, se consideran aplomados si la desviación de su eje de trabajo respecto a la línea de plomo no excede 1:500.

El nivel de elementos conectados a columnas es considerado aceptable si la distancia desde el punto de trabajo del elemento al nivel superior de empalme de la columna no se desvía más que 3/16" (4.5 mm) ni menos que 5/16" (8.0 mm) que la distancia especificada en los planos.

Cualquier elemento se considerará aplomado, nivelado y alineado si la variación angular de su eje de trabajo respecto al alineamiento indicado en los planos no excede 1:500.

9.6 Soldadura en Obra

El procedimiento de ejecución de las soldaduras de campo debe ser tal, que se minimicen las deformaciones y distorsiones del elemento que se está soldando.

El tamaño de las soldaduras debe ser regular, su apariencia limpia y debe estar

libre de grietas, porosidades ni exhibir inadecuada penetración o fusión incompleta. Una vez ejecutada la soldadura, deberán eliminarse las partículas sueltas, escoria u óxido procediéndose a la aplicación de una mano de pintura anticorrosiva.

Antes de proceder a soldar, se removerá con cepillo de alambre, toda capa de pintura en las superficies para soldar y adyacentes, se limpiara cuidadosamente toda el área inmediatamente antes de soldar.

9.7 Pintura de Resane

Una vez que el montaje ha sido concluido, se resanará o se repintará las zonas dañadas de la superficie de pintura. Previamente se eliminarán el polvo, la suciedad o cualquier materia extraña que se haya acumulado durante el período de montaje como resultado de los trabajos y la exposición a la intemperie. Se aplicarán dos (02) manos de pintura de acabado sobre el área dañada consistente en un esmalte alquídico, compatible y de la misma marca de la base.

9.8 Seguridad, Limpieza, Orden, Higiene y Medio Ambiente

Es obligación del Contratista de las Estructuras Metálicas efectuar los trabajos preservando la debida seguridad a las personas, equipos, bienes propios y de terceros, así como manteniendo adecuada limpieza y orden en la ejecución de los mismos, especialmente durante el desarrollo de los trabajos en el sitio de la Obra.

Durante la ejecución de los trabajos en Obra, todo el personal del Contratista de las Estructuras Metálicas deberá contar con los implementos de seguridad requeridos para este tipo de trabajos, sin limitación alguna, como por ejemplo cascos, botas con punteras de acero, caretas de soldar, anteojos para esmerilar, cinturones de seguridad, cabos, etc.

Igualmente todas sus herramientas, implementos y equipos deben ser seguros y perfectamente adecuados para estos trabajos, particularmente los andamios, escaleras, equipos de oxicorte, etc. Particular atención merecen los equipos y materiales que puedan derivar en situaciones de incendio o explosión, como por ejemplo: combustibles y lubricantes, oxígeno, acetileno y similares, siendo obligación prioritaria preservarlos y guardarlos correctamente.

Es obligación del Constratista de las Estructuras Metálicas efectuar diariamente la

limpieza del área de trabajo a su cargo y mantener los materiales, equipos, implementos, herramientas, etc. en perfecto orden. Periódicamente deberá eliminar los desechos, basuras, retazos y desperdicios que hubiere, para lo cual previamente los debe haber acomodado en un lugar pre-establecido.

La Supervisión tomará la debida nota de lo dispuesto en el presente numeral, dictando las medidas de control y correctivas que fueran necesarias.

10.0 CONTROL DE CALIDAD

10.1 El fabricante deberá mantener vigente un programa de control de calidad, para garantizar que todos los trabajos realizados en su taller son realizados en cumplimiento de las especificaciones y los códigos según se estipula en la presente especificación.

10.2 Cuando el Propietario lo requiera, realizará la inspección en el taller con la menor interferencia posible con los trabajos en ejecución. El Contratista deberá cooperar con el Ingeniero, permitiendo el acceso a todos los lugares del taller donde se estén realizando los trabajos relacionados.

11.0 CRITERIO DE ACEPTACION

11.1 La aceptación de Propietario de los trabajos terminados deberá estar de acuerdo con los requerimientos de la presente especificación. Durante la ejecución de los trabajos, el Propietario podrá rechazar cualquier material cuya calidad no satisfaga los requerimientos de esta especificación.

11.2 El rechazo de los elementos, sujeto a una segunda inspección, deberá estar limitado a que las deficiencias sean estructuralmente significativas. Cualquier defecto menor, que no afecte la utilidad de la estructura, no será razón para su rechazo, si los trabajos de subsanación son implementados oportunamente.

11.4 La propuesta del Contratista para cada trabajo de subsanación en particular, deberá someterse a la aprobación del Cliente, previo a su implementación.

ANEXO 3

SECCIONES



barras lisas y perfiles

Al haberse laminado en caliente, nuestras barras lisas y perfiles cuentan con una distribución uniforme de sus propiedades, lo cual garantiza seguridad en el trabajo en cualquier sección de la barra, sin afectar su resistencia y facilitando el doblado.

FÁCILES DE TRABAJAR: Las más fáciles de trabajar, porque tienen el contenido preciso de carbono. Son flexibles, pero resistentes en el trabajo final.

MAYOR SOLDABILIDAD: Las más soldables, permitiendo un buen cordón de soldadura con los distintos tipos de electrodos, porque tienen el contenido preciso de manganeso y azufre.

VARIEDAD DE MEDIDAS: Ofrecidas en la mayor variedad de formas, medidas y espesores en el mercado peruano.

Ángulos Estructurales



DIMENSIONES Sistema Inglés (pulgadas)		DIMENSIONES Sistema métrico (mm)	
1 1/2 x 1 1/2 x 3/32	2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	20 x 20 x 2.0	20 x 20 x 2.5
1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	2 1/2 x 2 1/2 x 1/4	20 x 20 x 3.0	25 x 25 x 2.0
1 1/2 x 1 1/2 x 3/16	2 1/2 x 2 1/2 x 5/16	25 x 25 x 2.5	25 x 25 x 3.0
1 1/2 x 1 1/2 x 1/4	2 1/2 x 2 1/2 x 3/8	25 x 25 x 3.0	25 x 25 x 4.5
1 3/4 x 1 3/4 x 1/8	3 x 3 x 1/4	30 x 30 x 2.0	30 x 30 x 2.5
1 3/4 x 1 3/4 x 3/16	3 x 3 x 5/16	30 x 30 x 3.0	30 x 30 x 4.5
1 3/4 x 1 3/4 x 1/4	3 x 3 x 3/8	30 x 30 x 4.5	30 x 30 x 6.0
2 x 2 x 1/8	3 x 3 x 1/2	30 x 30 x 2.0	30 x 30 x 2.5
2 x 2 x 3/16	4 x 4 x 1/4	30 x 30 x 3.0	30 x 30 x 3.0
2 x 2 x 1/4	4 x 4 x 5/16	30 x 30 x 3.0	30 x 30 x 4.5
2 x 2 x 5/16	4 x 4 x 3/8	30 x 30 x 4.5	30 x 30 x 6.0
2 x 2 x 3/8	4 x 4 x 1/2		

USOS:

Estructuras metálicas de todo tipo: plantas industriales, almacenes, techado de grandes luces, industria naval, carrocerías y torres de transmisión, construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventanas, rejas de protección, muebles, mesas, sillas, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm².

Resistencia a la Tracción = 4,080-5,620 kg/cm² (*)

Alargamiento en 200 mm

Espesores:

2.0mm, 2.5mm, 3.0mm,

3/32" y 1/8" = 12.5 % mínimo

4.5 mm = 14.5 % mínimo

3/16" = 15.0 % mínimo

6.0 mm = 17.0 % mínimo

1/4" = 17.5 % mínimo

5/16", 3/8" y 1/2" = 20.0 % mínimo

Soldabilidad = Buena.

(*) Para espesores de 2.0 y 2.5 mm, la resistencia a la tracción mínima es de 3500 kg/cm².

NORMAS TÉCNICAS:

Sistema Inglés: Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36 M

Tolerancias Dimensionales: ASTM A6 / A6 M

Sistema Métrico: Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36 M

Tolerancias Dimensionales: ISO 657/ V

PRESENTACIÓN*:

Se producen en longitudes de 6 metros.

Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u.

Ángulos de Alta Resistencia



DIMENSIONES Sistema Inglés (pulgadas)		DIMENSIONES Sistema métrico (mm)	
2 x 2 x 1/8	3 x 3 x 1/4	20 x 20 x 2.0	20 x 20 x 2.5
2 x 2 x 3/16	3 x 3 x 5/16	20 x 20 x 3.0	25 x 25 x 2.0
2 x 2 x 1/4	3 x 3 x 3/8	25 x 25 x 2.5	25 x 25 x 3.0
2 x 2 x 5/16	3 x 3 x 1/2	25 x 25 x 3.0	25 x 25 x 4.5
2 x 2 x 3/8	3 x 3 x 1/2	30 x 30 x 2.0	30 x 30 x 2.5
2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	4 x 4 x 1/4	30 x 30 x 3.0	30 x 30 x 4.5
2 1/2 x 2 1/2 x 1/4	4 x 4 x 5/16	30 x 30 x 4.5	30 x 30 x 6.0
2 1/2 x 2 1/2 x 5/16	4 x 4 x 3/8		
2 1/2 x 2 1/2 x 3/8	4 x 4 x 1/2		

DESCRIPCIÓN:

Producto de acero microaleado laminado en caliente, cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud en ángulo recto.

USOS:

En la fabricación de estructuras de acero de alta resistencia y de poco peso. Son muy resistentes y vuelven más ligeras las estructuras como: torres de transmisión, vigas, viguetas, pórticos de celosía, plantas industriales, almacenes, techado de grandes luces, industria naval, carrocería, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo = 3,520 kg/cm² (50,000 lbs/pulg²).

Resistencia a la Tracción = 4,580 kg/cm² (65,000 lbs/pulg²) mínimo.

Alargamiento en 200 mm:

1/8" = 12.5 % mínimo

3/16" = 13.0 % mínimo

1/4" = 15.5 % mínimo

5/16" = 18.0 % mínimo

3/8" y 1/2" = 20.0 % mínimo

Soldabilidad = Buena, sin precauciones.

NORMA TÉCNICA:

ASTM A572 Grado 50.

PRESENTACIÓN*:

Se producen en barras de 6 metros de longitud. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u.

Platinas



DIMENSIONES Sistema Inglés (pulgadas)			
1/8 x 1/2	3/16 x 1 1/2	1/4 x 4	1/2 x 3
1/8 x 5/8	3/16 x 2	3/8 x 1	1/2 x 4
1/8 x 3/4	3/16 x 2 1/2	3/8 x 1 1/4	5/8 x 2 1/2
1/8 x 1	1/4 x 1/2	3/8 x 1 1/2	5/8 x 3
1/8 x 1 1/4	1/4 x 5/8	3/8 x 2	5/8 x 4
1/8 x 1 1/2	1/4 x 3/4	3/8 x 2 1/2	3/4 x 4
1/8 x 2	1/4 x 1	3/8 x 3	1 x 3
3/16 x 1/2	1/4 x 1 1/4	3/8 x 4	1 x 4
3/16 x 5/8	1/4 x 1 1/2	1/2 x 1	
3/16 x 3/4	1/4 x 2	1/2 x 1 1/2	
3/16 x 1	1/4 x 2 1/2	1/2 x 2	
3/16 x 1 1/4	1/4 x 3	1/2 x 2 1/2	

USOS:

Estructuras metálicas de todo tipo: construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventanas, rejas de protección y decorativas, barandas, carpintería metálica artística, muebles, mesas, sillas, adornos, herramientas (martillos, tenazas, cinceles, etc.).

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm²

Resistencia a la Tracción = 4,080-5,620 kg/cm²

Alargamiento en 200 mm:

1/8" = 12.5 % mínimo

3/16" = 15.0 % mínimo

1/4" = 17.5 % mínimo

3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y 1" = 20.0 % mínimo

Doblado a 180° = Bueno

Soldabilidad = Buena.

NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36

Tolerancias Dimensionales: ISO 1035/4

PRESENTACIÓN*:

Se producen en barras de 6 metros de longitud. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u.

*Vienen con la marca, dimensiones y medidas impresas.

Barras Redondas Lisas



DIMENSIONES	
Sistema Inglés (pulgadas)	
3/8	1 1/4
1/2	1 3/8
5/8	1 1/2
3/4	1 3/4
7/8	2
1	2 1/4
1 1/8	2 1/2

NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química : ASTM A36, SAE 1045
 Tolerancias Dimensionales
 - Barras de diámetros \leq a 1" : ISO 1035/4
 - Barras de diámetros $>$ a 1" : ASTM A6 / A6M

PRESENTACIÓN:

Se producen en longitudes de 6 metros. Las barras de diámetros mayores a 1" se entregan además pulidas. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u. La calidad 1045 se identifica con los colores blanco o blanco y negro.

USOS:

Estructuras metálicas de todo tipo, construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventanas, rejas de protección y decorativas, barandas, carpintería metálica artística, muebles, mesas, sillas, adornos, herramientas (martillos, tenazas, cinceles, etc), pernos, tuercas (por recalado o mecanizado), ejes, pines, pasadores, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

ASTM A36: Límite de Fluencia mínimo	=	2,530 kg/cm ² (*)
Resistencia a la Tracción	=	4,080 - 5,620 kg/cm ² (*)
Alargamiento en 200 mm	=	20.0 % mínimo
SAE 1045 : Límite de Fluencia mínimo	=	4,000 - 5,500 kg/cm ² (*)
Resistencia a la Tracción	=	6,700 - 8,200 kg/cm ² (*)
Alargamiento en 200 mm	=	12.0 % mínimo

(*) Valores referenciales.

Barras Cuadradas



DIMENSIONES	
Sistema Inglés (pulgadas)	Sistema Métrico (mm)
1/4	9
3/4	12
7/8	15
1	

NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química y Propiedades Mecánicas:
 ASTM A36 / 36M.
 Tolerancias Dimensionales: ISO 1035/4.

PRESENTACIÓN*:

Se producen en barras de 6 metros de longitud. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u.

USOS:

Estructuras metálicas de todo tipo, construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventanas, rejas de protección y decorativas, barandas, carpintería metálica artística, muebles, mesas, sillas, adornos, herramientas (martillos, tenazas, cinceles, etc).

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo	=	2,530 kg/cm ² . (*)
Resistencia a la Tracción	=	4,080 - 5,620 kg/cm ² (*)
Alargamiento en 200 mm:		
Espesores:		
1/4"	=	17.0 % mínimo
9 mm, 12 mm, 15 mm, 3/4", 7/8" y 1"	=	20.0 % mínimo
Doblado a 180°	=	Bueno
Soldabilidad	=	Buena

(*) Para cuadrados de 1/4" y 9 mm, la Resistencia a la Tracción mínima es de 3,000 kg/cm² y el Límite de Fluencia mínimo es de 1500 kg/cm².

Barras Cuadradas Ornamentales



DIMENSIONES	
Sistema Métrico (mm)	
9	
12	
15	

Producto de acero laminado en caliente de sección cuadrada de lados cóncavos, que lo convierte en un elemento decorativo de gran belleza.

NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M
 Tolerancias Dimensionales: ISO 1035/4

PRESENTACIÓN:

Se producen en barras de 6 metros de longitud. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u.

USOS:

Estructuras metálicas de todo tipo a las cuales se les quiera dar un toque artístico o diferencial; construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventana, rejas de protección y decorativas, barandas, carpintería metálica artística, muebles, mesas, sillas y adornos. Pueden usarse rectas o torcionadas.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo	=	2,530 kg/cm ² (*)
Resistencia a la Tracción mínimo	=	4,080 - 5,620 kg/cm ² (*)
Alargamiento en 200 mm	=	20.0 % mínimo
Doblado a 180°	=	Bueno
Soldabilidad	=	Buena

(*) Para cuadrados de 9mm, la Resistencia a la Tracción mínima es de 3,000 kg/cm², y el Límite de Fluencia mínimo es de 1,500 kg/cm².

Tees



DIMENSIONES	
Sistema Métrico (mm)	Sistema Inglés (pulgadas)
20 x 20 x 3.0	1 1/4 x 1 1/4 x 1/8
25 x 25 x 3.0	1 1/2 x 1 1/2 x 1/8
	1 1/2 x 1 1/2 x 3/16
	2 x 2 x 1/4

NORMAS TÉCNICAS:

Sistema Inglés : - Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36 M
 - Tolerancias Dimensionales: ASTM A6 / A6 M
 Sistema Métrico: - Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36 M
 - Tolerancias Dimensionales: DIN 1024

PRESENTACIÓN*:

Se producen en barras de 6 metros de longitud. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u.

USOS:

Estructuras de construcción civil, torres de transmisión, tijerales, construcción de puertas, rejas de seguridad, marcos de ventana, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo	=	2,530 kg/cm ²
Resistencia a la Tracción	=	4,080 - 5,620 kg/cm ²
Alargamiento en 200 mm:		
3,0 mm y 1/8"	=	12.5 % mínimo
3/16"	=	15.0 % mínimo
1/4"	=	17.5 % mínimo
Soldabilidad	=	Buena.

* Vienen con la marca, dimensiones y medidas impresas.

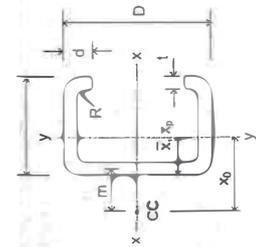


TABLA 2.1.6

PERFILES CONFORMADOS EN FRÍO Y PLEGADOS SECCIONES CA

Conformados en frío hasta 6 mm

GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO

DESIGNACIÓN CA D x B x Peso mm x mm x kg/m	DIMENSIONES		ÁREA		EJE X - X		EJE Y - Y		I _{xx} /10 ⁶ Z _x /10 ³ S _x /10 ³ r _x		I _{yy} /10 ⁶ Z _y /10 ³ S _y /10 ³ r _y x _p x̄		i _a i _t		X ₁ X ₂ x10 ⁶		m		J10 ⁴ C _w /10 ⁶ j x ₀ T ₀ H = β		PANDEO LOCAL* Q _a f, MPa S _{xef} /S _x F _y , MPa													
	d	t	R	A	I _x /10 ⁶	Z _x /10 ³	S _x /10 ³	r _x	I _y /10 ⁶	Z _y /10 ³	S _y /10 ³	r _y	x _p	x̄	i _a	i _t	X ₁	X ₂	m	J10 ⁴	C _w /10 ⁶	j	x ₀	T ₀	H = β	Q _a	f, MPa	S _{xef} /S _x	F _y , MPa					
CA 100 x 50 x 8,0	20	5,0	7,50	1014	1,43	28,7	37,6	15,7	9,82	17,5	10,0	18,3	23,3	2,50	28189	2110	24,3	0,8451	849,2	61,0	40,1	57,7	0,517	-	-	-	-	-	-	-				
CA 100 x 50 x 6,6	20	4,0	6,00	841	1,23	29,8	38,3	13,5	8,74	18,1	10,0	18,4	23,7	2,00	21750	5493	24,9	0,4486	747,4	60,8	41,4	59,2	0,512	-	-	-	-	-	-	-	-			
CA 100 x 50 x 5,1	20	3,0	4,50	653	0,990	23,6	38,9	10,7	7,25	18,7	10,0	18,5	24,0	1,50	15767	18509	25,6	0,1959	615,6	60,7	42,6	60,7	0,507	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CA 100 x 50 x 4,3	20	2,5	3,75	554	0,853	20,2	39,3	9,19	6,34	19,0	10,0	18,6	24,2	1,25	12927	39625	25,9	0,1153	537,3	60,8	43,2	61,4	0,504	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CA 100 x 50 x 3,5	20	2,0	3,00	450	0,705	16,5	39,6	0,167	5,31	19,2	-	18,6	24,3	1,00	10179	99871	26,2	0,0600	449,9	60,9	43,8	62,1	0,502	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CA 100 x 50 x 6,3	15	4,0	6,00	801	1,19	28,5	38,5	11,8	7,24	17,3	7,54	17,0	22,4	2,00	21452	4908	22,9	0,4272	563,1	62,1	37,8	56,7	0,555	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CA 100 x 50 x 4,9	15	3,0	4,50	623	0,958	22,6	39,2	9,55	6,07	17,9	7,50	17,1	22,8	1,50	15541	16448	23,5	0,1869	465,7	61,5	39,1	58,2	0,549	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 100 x 50 x 4,1	15	2,5	3,75	529	0,827	19,3	39,5	0,175	5,33	18,2	7,50	17,1	23,0	1,25	12738	35135	23,8	0,1101	407,2	61,3	39,7	58,9	0,546	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 100 x 50 x 3,4	15	2,0	3,00	430	0,684	15,9	39,9	0,147	4,49	18,5	-	17,2	23,2	1,00	10028	88382	24,2	0,0574	341,6	61,2	40,4	59,7	0,543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 80 x 40 x 4,2	20	3,0	4,50	533	0,493	15,0	30,4	0,121	5,03	15,1	10,0	15,8	19,9	1,50	20667	8140	21,6	0,1599	247,8	47,9	36,0	49,5	0,471	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA 80 x 40 x 3,6	20	2,5	3,75	454	0,429	12,9	30,7	0,107	4,44	15,4	10,0	15,9	20,0	1,25	18862	17605	22,0	0,0945	218,4	48,1	36,6	50,2	0,469	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 80 x 40 x 2,9	20	2,0	3,00	370	0,357	10,7	31,1	0,0905	3,75	15,6	10,0	15,9	20,1	1,00	13217	44813	22,3	0,0494	184,7	48,3	37,2	50,9	0,467	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 80 x 40 x 3,9	15	3,0	4,50	503	0,478	14,4	30,8	0,105	4,12	14,5	7,50	14,5	18,8	1,50	20126	7017	19,7	0,1509	175,4	48,8	32,7	47,2	0,521	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 80 x 40 x 3,4	15	2,5	3,75	429	0,416	12,4	31,2	0,0933	3,66	14,8	7,50	14,5	18,9	1,25	16419	15135	20,0	0,0893	155,0	48,7	33,3	47,9	0,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CA 80 x 40 x 2,7	15	2,0	3,00	350	0,347	10,2	31,5	0,0792	3,12	15,0	7,50	14,6	19,1	1,00	12869	38433	20,3	0,0467	131,5	48,7	33,9	48,6	0,514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

NOTAS:

- Valor sombreado de Z_x ó Z_y indica que, para perfil trabajando en flexión según eje x-x ó y-y respectivamente, la sección clasifica como esbelta si se usan aceros con F_y > 345 MPa.
- En el caso de flexión según eje y-y, el valor de Z_y omitido se refiere a que el alma en compresión por flexión clasifica como esbelta.
- Donde no se indica valor de Z_x, la sección clasifica como esbelta para aceros con F_y > 235 MPa.

* PANDEO LOCAL

- Q_a tabulado corresponde a perfil trabajando en compresión.
- Valor de Q_a está determinado para cálculo de tensiones.
- Valor de Q_a no indicado, significa valor unitario.
- Q_a = 1 en todos los perfiles de la tabla.

DISEÑO POR MFRC:

- Para valores de f distintos de los tabulados, ver tabla 2.4.4 ó interpolar linealmente con el siguiente margen de error:
 - si f < 20 MPa, Q_a = 1, sin error
 - si f ≥ 20 MPa, error en Q_a varía hasta en ± 3 %

- Flexión: valor de S_{xef}/S_x incluye disminución de área en alas y alma.
 Para aceros con F_y = 235 MPa ó 248 MPa, usar valor tabulado para F_y = 265 MPa.

DISEÑO POR TENSIONES ADMISIBLES:

- Flexión: valor de S_{xef}/S_x incluye disminución de área en alas y alma.
 Para aceros con F_y = 235 MPa ó 248 MPa, usar valor tabulado para F_y = 265 MPa.
- Flexión compuesta o compresión: usar f = F_y para determinar Q_a.

ANEXO 4

PLANOS