

21121  
13



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES "ACATLÁN"

PROCESO DE EDIFICACIÓN CON  
ESTRUCTURA METÁLICA



MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PRESENTA:

ERNESTO GUZMÁN VEGA



UNAM  
CAMPUS ACATLÁN

ASESOR: ING. MIGUEL ZURITA ESQUIVEL

Septiembre de 2003

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mis padres:  
Leonardo Guzmán Rosas †  
Rosa Vega Jiménez*

*A mi esposa:  
Patricia Torres Ronces*

*A mis hijos:  
Monse y Ernesto*

*A mis hermanos:  
Leonardo, Lucía, Leticia y José*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PROCESO DE EDIFICACIÓN CON  
ESTRUCTURA METÁLICA**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Índice

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo I.- Generalidades</b>	
I.1.- Anteproyecto	3
I.2.- Cuantificación y presupuesto	17
I.3.- Pedido de materiales	23
<b>Capítulo II.- Proyecto de una obra de estructura metálica</b>	
II.1.- Ingeniería básica y especificaciones	30
II.2.- Planos de localización de anclajes	41
II.3.- Planos de taller	46
II.4.- Planos de montaje, elevaciones y detalles	54
II.5.- Planos de tornillería	64
<b>Capítulo III.- Fabricación</b>	
III.1.- Estrategia y programas de fabricación	74
III.2.- Selección del material	77
III.3.- Habilitado del material	80
III.4.- Armado del elemento	83
III.5.- Soldadura	87
III.6.- Limpieza y pintura	102
III.7.- Embarque a obra	104
<b>Capítulo IV.- Montaje</b>	
IV.1.- Preliminares	107
IV.2.- Almacenamiento de materiales	110
IV.3.- Montaje de estructura metálica	113
IV.4.- Verticalidad, alineamiento y niveles en la estructura	117
IV.5.- Apricte de tornillería	119
IV.6.- Colocación de lámina losacero	122
<b>Capítulo V.- Terminación y liquidación de obra</b>	
V.1.- Entrega y recepción de la estructura metálica	125
V.2.- Satisfacción del cliente	126
V.3.- Liquidación de obra	127
<b>Conclusiones</b>	131
<b>Bibliografía</b>	135
<b>Anexos</b>	136

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

D

## **Introducción**

La construcción de obras de ingeniería con estructura metálica ha tenido, en los últimos años, un auge muy importante y se encuentra hoy en día en una nueva etapa de modernización de su desarrollo. Ante las tendencias económicas del tercer milenio se presentan nuevos retos que serán afrontados con tecnología de vanguardia y calidad en los procesos de construcción en nuestro país.

Actualmente el proyectista y el constructor tienen más opciones con la estructura metálica de espacios libres y mejor armonía entre el proyecto arquitectónico y el estructural, debido a que las secciones de acero son más pequeñas y más eficientes que las de concreto, además de la rapidez y limpieza en que se termina una obra de estructura metálica comparada con una de concreto.

La diversidad de ventajas que proporciona la estructura metálica en el área de la construcción es verdaderamente ilimitada, ya que se le puede utilizar en cualquier tipo de obra con eficacia, seguridad, economía, rapidez y calidad.

El proceso de fabricación de la estructura metálica es muy rápido en comparación con la edificación con estructuras de concreto. Durante la construcción de la cimentación por parte del contratista de obra civil, en taller se va fabricando la estructura para entrar a montar al momento que se tienen los anclajes de cimentación.

Las normas y tolerancias que se manejan para los materiales, la fabricación y el montaje son bastante extensas y se analizarán las más significativas y las más frecuentes.

El montaje de la estructura metálica debe ser realizado con gente especializada, ya que se trabaja a alturas importantes con elementos pesados y debe existir un procedimiento de montaje, el cual deberá ser estudiado por la gente que realizará los trabajos encabezada por un ingeniero o jefe de montaje y trabajar en conjunto con los contratistas que intervengan en la obra.

El personal especializado en estos trabajos por lo regular es gente calificada ya sea por un laboratorio de control de calidad o por la empresa para realizar los procesos de fabricación y montaje de estructuras metálicas, la cual entiende la logística de la edificación de una estructura de acero.

Los costos para la edificación con estructura metálica son similares a los que se tienen al construir con estructuras de concreto, pero es un trabajo más limpio, más eficiente y más rápido, lo cual permite al cliente recuperar su inversión inicial mucho antes que con una estructura de concreto.

La constante actualización de tecnología en los procesos de edificación con estructura metálica en una empresa es muy importante, ya que de esto depende estar siempre competitivo en costos, calidad y tiempos de entrega de las obras. Las herramientas básicas en una empresa es el software que se manejan en sus procesos de operación, en mi experiencia en las estructuras metálicas puedo mencionar los programas de cómputo con los cuales he desarrollado mi trabajo como son: el Staad III<sup>(1)</sup> para cálculo de estructuras metálicas, AutoCad<sup>(2)</sup> para dibujo de proyecto, el X-Steel<sup>(3)</sup> para dibujo de planos de taller, además de paquetería de Microsoft Office para reportes y control de diferentes actividades. En el proceso de la fabricación para las máquinas de control numérico de corte y barrenado de perfiles laminados y placas de acero cuentan con programas como el Feniche y el Steel Grathic.<sup>(4)</sup>

Dentro de mi trabajo como Jefe de Ingeniería durante 7 años en la Empresa Manufacturas Metálicas AJAX, S.A. de C.V. he ejecutado con el apoyo de un grupo de personas calificadas el trabajo de ingeniería, tanto de oficina como de campo de más de 100 obras con estructura metálica las cuales han dejado en mi la experiencia del proceso de proyecto y de obra la cual pretendo dar a conocer en este trabajo.

---

(1) Staad III Versión 21.1 para Windows.

(2) Autocad 2000

(3) X-Steel Versión 8.0

(4) Software Italiano para máquinas de control numérico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Capítulo I.- Generalidades**

### **I.1.- Anteproyecto**

La base del éxito de toda obra de ingeniería es el proyecto, ya que éste nos ayuda a programar los requerimientos de materiales y de mano de obra, los costos y el tiempo de ejecución. Las partes constitutivas del proyecto en su conjunto (estudio topográfico, proyecto arquitectónico, proyecto estructural, proyecto eléctrico, proyecto sanitario, etc.) deben estar ligadas entre sí de forma global y en detalle, para ello se debe trabajar de manera colectiva, intercambiando información y discutiendo los problemas que llegasen a surgir en el proceso de elaboración de dicho proyecto y cuando sea posible realizar juntas de trabajo tanto en oficina como en obra.

El anteproyecto para la construcción de una obra con estructura metálica consiste básicamente en interpretar adecuadamente la idea general y las necesidades del cliente, para posteriormente plasmarlas en bosquejos en papel con la información necesaria para formular un anteproyecto de presupuesto, que posteriormente sirva como base para el proyecto definitivo.

Para dar inicio a un anteproyecto de estructura metálica se debe contar con la siguiente información, cuando sea posible:

- a) Proyecto Topográfico; trazo y niveles del terreno
- b) Estudio de Mecánica de Suelos
- c) Proyecto Arquitectónico
- d) Localización de la obra
- e) Uso del inmueble para determinar las cargas que van actuar sobre la estructura
- f) Cuando sea alguna planta industrial y/o cuenta con equipo pesado, tener las características y ubicación de los mismos

Con esta información y cuando se disponga de un panorama de las necesidades de la obra, se inicia con el diseño de la estructura metálica.

Se expondrá brevemente, un ejemplo de una obra construida con estructura metálica de acuerdo a los siguientes datos:

Obra: Cubierta para Almacén.

Cliente: Cintas y Telas Elásticas, S.A. de C.V.

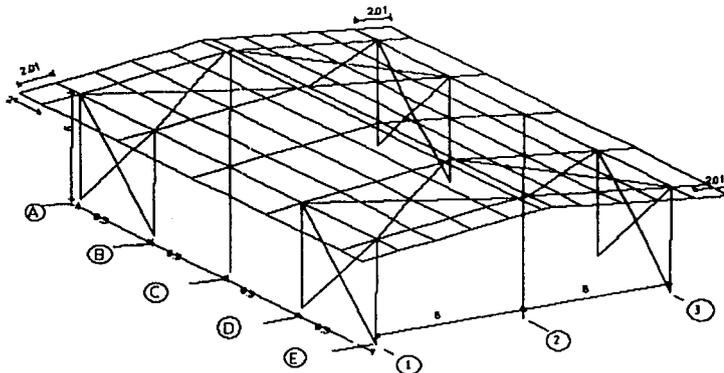
Ubicación: Poniente 128 # 456 col. Industrial Vallejo, México D.F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Estructura metálica principal:

Se trata de una estructura metálica para una nave que será utilizada como almacén de materia prima de la empresa antes citada, la cual cuenta con medidas regulares de 16 m de ancho y 26 m de largo con un volado perimetral de 2 m, y con área a cubrir de 600.00 m<sup>2</sup>, está estructurada con marcos rígidos en el sentido de los ejes letra, los cuales cubren el ancho de 16 m de la nave y la separación entre éstos es de 6.5 m, la altura libre es de 5 m del nivel de piso terminado a la parte baja de la rodilla del marco. La techumbre es a dos aguas con una pendiente del 10%. Cuenta con dos puertas para entrada de camión sobre el eje A entre 1-2 y en el eje 3 entre C-D, las cuales tienen un ancho de 5 m y una altura de 4.83 m. La estructura de la nave está rigidizada en el sentido perpendicular a los marcos por medio de contravientos a base de perfiles redondos sólidos de acero A-36 entre los ejes A-B y D-E ( Véase el croquis-01 ).

*Croquis-01.- Vista Tridimensional del anteproyecto<sup>(5)</sup>*



La estructura metálica estará formada por perfiles laminados de acero A-572 GR-50 para la estructura principal, conexiones y elementos secundarios en acero A-36, totalmente atornillada en campo con tornillos de alta resistencia A-325 de tensión controlada. El cálculo está regido de acuerdo a las especificaciones del AISC,<sup>(6)</sup> IMCA<sup>(7)</sup> así como del Reglamento de Construcciones para el D.F.-1993, asimismo se seguirán las especificaciones NOM-H-172-1992 y ANSI/AWS D1.1.94

Se considera que las uniones entre los elementos del marco son rígidos, y las columnas se encuentran empotradas en su base.

<sup>(5)</sup> Modelo generado desde el Staad III v. 21.1

<sup>(6)</sup> American Institute of Steel American, Inc. 9<sup>th</sup> edition.

<sup>(7)</sup> Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA:

### Estructura Principal:

El diseño de las columnas y traveses principales de los marcos se obtiene sobre la base del programa de diseño estructural asistido por computadora del programa STAAD III<sup>(1)</sup> bajo el reglamento del AISC (diseño de esfuerzos permisibles). Cargando de acuerdo a lo descrito anteriormente.

### Largueros de cubierta:

Para el análisis y diseño de los largueros de cubierta por ser simplemente apoyados se diseñan por esfuerzo con la fórmula Momento Máx. =  $WL/8$  para una carga uniformemente distribuida y se restringe la deformación a  $L/240 + 0.5$  cm por la fórmula  $\Delta_{máx} = (5/384) \times ((WL^4)/(E \times I))$  donde W se da en kg/m.

### Anclajes:

Para las columnas empotradas, en su anclaje se toma el máximo momento de cada empotre de columna (obtenido de la corrida del programa Staad III ) para el diseño del citado anclaje. Se diseñó el anclaje con perfil redondo de acero A-36 anclado al dado de cimentación, el cual está apoyado sobre zapatas aisladas. El desplante de la estructura metálica es totalmente atornillado.

### Conexiones:

Todas las conexiones principales de trabe a columna y de trabe a trabe (End Plate), se diseñaron con los elementos mecánicos obtenidos de la corrida, como son: el máximo momento actuante y la fuerza cortante, se diseñaron atornilladas según indica el AISC. Se consideró acero alta resistencia A-325 para los tornillos de tensión controlada y acero A-36 para las placas de conexión.

### Datos generales del anteproyecto:

Tipo de marco:.....	2 aguas
Pendiente:.....	10 %
Área:.....	600.00 m <sup>2</sup>
Claro del marco estructural:.....	16 más un volado de 2.00 m. En cada extremo.
Largo:.....	30.00 m.
Altura mínima:.....	5.00 m.
No de marcos:.....	3 principales ( ejes B, C, D, )
Separación entre marcos:.....	6.50 m.
No de crujías:.....	4
Crujías con contraviento:.....	2
Marcos piñón.....	2 de estructura en los ejes cabeceros A y E.

De acuerdo a los datos obtenidos y mencionados anteriormente se da inicio al cálculo de la estructura para obtener el estimado de los perfiles a utilizar, cargando estos valores al modelo geométrico en el programa para cálculo de estructuras metálicas.

<sup>(1)</sup> Staad III Versión 21.1 para Windows.



El programa de diseño de estructuras de acero que se utiliza es el **Staad III**, el cual contiene una extensa variedad de recursos para el diseño de miembros estructurales, como componentes individuales dentro de una estructura. Los recursos con los que cuenta para el diseño de miembros, proporcionan la capacidad de llevar a cabo un gran número de operaciones de diseño diferentes. Estas operaciones se pueden usar selectivamente, de acuerdo con los requerimientos del problema de diseño. Las operaciones para realizar un diseño son:

- a) Especificar los miembros y los casos de carga que serán considerados en el diseño.
- b) Especificar si se ejecutará el chequeo de códigos o la selección de miembros.
- c) Especificar los valores de los parámetros de diseño, cuando estos sean diferentes de los valores asignados por omisión.

Estas operaciones podrán repetirse tantas veces como sea necesario, dependiendo de los requerimientos propios de diseño.

Antes de iniciar la selección de los perfiles se hace un breve cálculo de las secciones que vamos a utilizar, para tener un prediseño, posteriormente se cargan en el programa, y se verifica con los resultados que nos da la corrida, además de verificar que las cargas en el modelo sean las reacciones del mismo.

Para el diseño en acero, **Staad III** compara los esfuerzos reales con aquellos esfuerzos permisibles por el código del Instituto Americano de la Construcción en Acero, **AISC** (American Institute of Steel Construction). Los esfuerzos permisibles más importantes serán descritos a continuación:

1. **Esfuerzo de Tensión.**- El esfuerzo de tensión permisible, como se calcula en **Staad III**, está todavía basado en el código **AISC** editado en 1969, produciendo un resultado ligeramente conservador.

Esfuerzo de tensión permisible en la sección neta  $F_t = 0.60F_y$ .

Donde:

$F_t$ : esfuerzo a tensión axial permisible, en  $\text{kg/cm}^2$ .

$F_y$ : esfuerzo de fluencia mínimo especificado en el acero utilizado, en  $\text{kg/cm}^2$ .

2. **Esfuerzo de Corte.**- Esfuerzo de corte permisible en la sección total

$F_v = 0.4F_y$

Para cizallamiento en el alma, la sección completa es tomada como el producto de la profundidad total y el espesor del alma. Para cizallamiento en los patines, la sección total se toma como 2/3 partes de las áreas totales de los patines.

Donde:

$F_v$ : esfuerzo de cortante permisible, en  $\text{kg/cm}^2$ .

$F_y$ : esfuerzo de fluencia mínimo especificado en el acero utilizado, en  $\text{kg/cm}^2$ .

3. **Esfuerzo de Compresión.**- El esfuerzo de compresión permisible sobre la sección total de miembros sujetos a cargas de compresión axiales, es calculado en base a la fórmula E-1 del código **AISC**, cuando la mayor razón de esbeltez efectiva  $Kl/r$  es menor que  $C_c = \sqrt{(2\pi^2 E / F_y)}$ . Si  $Kl/r$  excede a  $C_c$ , el esfuerzo de compresión permisible es decrementado por la fórmula E-2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$F_a = [1 - ((Kl/r)^2 / 2Cc^2)] F_y / [(5/3) + (3(Kl/r)^2 / 8Cc) - ((Kl/r)^4 / 8Cc^3)] \quad E-1$$

$$F_a = (12 \pi^2 E) / (23(Kl/r)^2) \quad E-2$$

Donde:

F<sub>a</sub>: esfuerzo de compresión axial permisible, en kg/cm<sup>2</sup>.

E: Módulo de elasticidad del acero (2,039,000 kg/cm<sup>2</sup>).

Kl/r: Relación de esbeltez de columnas.

Cc: Relación de esbeltez de columnas que separa el pandeo elástico del inelástico.

F<sub>y</sub>: esfuerzo de fluencia mínimo especificado en el acero utilizado, en kg/cm<sup>2</sup>.

4. **Esfuerzo de Flexión.**- El esfuerzo de flexión permisible, por tensión y compresión, para un miembro simétrico cargado en el plano de su eje menor, simétrico con respecto a dicho eje.

$$F_b = 0.66 F_y$$

Donde:

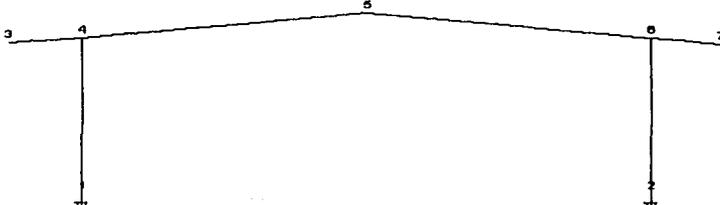
F<sub>b</sub>: esfuerzo de flexión permisible, en kg/cm<sup>2</sup>.

F<sub>y</sub>: esfuerzo de fluencia mínimo especificado en el acero utilizado, en kg/cm<sup>2</sup>.

Una vez que tenemos los datos procedemos a hacer el cálculo de la estructura:

- 1.- Se hace un modelo geométrico determinando la localización de los nodos de la estructura a diseñar:

*Croquis 02.- Modelo geométrico para nodos*



- 2.- En el mismo modelo geométrico se determina la localización de elementos de la estructura a diseñar:

*Croquis 03.- Modelo geométrico para elementos*



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La corrida de la techumbre es la siguiente:

```
*****
*
*          S T A A D - III
*          Revision 21.1W
*          Proprietary Program of
*          RESEARCH ENGINEERS, Inc.
*          Date=   SEP 16, 2002
*          Time=   14:58:28
*
*          USER ID: Manufacturas Metálicas AJAX, S.A.*
*****
```

1. STAAD PLANE "PROYECTO: TECHUMBRE CYTESA"
2. \*(MARCO RIGIDO) SEP MARCOS @ 6.5 M
3. \*CLARO 16 M
4. \*CARGA EN CUBIERTA "CV 40, CM 40, CVR 20 KG/M<sup>2</sup>. Q=2;C.S=0.32"
5. \*MAS UNA CARGA CONCENTRADA DE 100KG EN LA ZONA MAS DESFAVORABLE DEL
6. UNIT METER MTON
7. JOINT COORDINATE
8. 1 2.0 0.0; 2 18.0 0.0; 3 0.0 4.8; 4 2.0 5.0; 5 10.0 5.8
9. 6 18.0 5.0; 7 20.0 4.8
10. MEMBER INCIDENCES
11. 1 1 4; 2 2 6; 3 3 4; 4 4 5; 5 5 6; 6 6 7
12. MEMBER PROPERTY AMERICAN
13. 1 2 TA ST W16X26
14. 3 TO 6 TA ST W16X26
15. CONSTANTS
16. E 20390000.0 ALL
17. DEN STEEL ALL
18. POISSON 0.30 ALL
19. SUPPORTS
20. 1 2 FIXED
21. LOADING 1 (CARGA MUERTA)
22. MEMBER LOAD
23. 1 TO 6 UNI GY -0.169
24. SELFWEIGHT Y -1.0
25. LOADING 2 (CARGA VIVA)
26. MEMBER LOAD
27. 1 TO 6 UNI GY -0.260
28. 4 5 CON GY -0.100
29. LOADING 3 (CARGA VIVA REDUCIDA)
30. MEMBER LOAD
31. 1 TO 6 UNI GY -0.130
32. LOADING 4 (CARGA VIENTO OESTE-ESTE)
33. MEMBER LOAD
34. 1 2 UNI GX -0.260
35. LOADING 5 (CARGA DE SISMO OESTE-ESTE)
36. JOINT LOAD
37. 4 6 FX 0.350
38. LOAD COMBINATION 6 (CM+CV)1.0
39. 1 1.0 2 1.0
40. LOAD COMBINATION 7 (CM+CVR+VIENTO)0.75
41. 1 0.75 3 0.75 4 0.75
42. LOAD COMBINATION 8 (CM+CVR+SISMO)0.75
43. 1 0.75 3 0.75 5 0.75
44. PERFORM ANALYSIS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

P R O B L E M   S T A T I S T I C S

-----

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS =     7/    6/    2  
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH =     4/    2  
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES =     5, TOTAL DEGREES OF FREEDOM =     15  
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX =     135 DOUBLE PREC. WORDS  
 REQRD/AVAIL. DISK SPACE =     12.01/ 2047.7 MB, EXMEM =     55.4 MB

++ Processing Element Stiffness Matrix.                     14:58:28  
 ++ Processing Global Stiffness Matrix.                     14:58:28  
 ++ Processing Triangular Factorization.                    14:58:28  
 ++ Calculating Joint Displacements.                        14:58:28  
 ++ Calculating Member Forces.                              14:58:28

45. LOAD LIST 6 TO 8  
 46. PRINT ANALYSIS RESULTS

JOINT DISPLACEMENT (CM    RADIANS)    STRUCTURE TYPE = PLANE

-----

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
1	6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	6	-0.4290	0.4765	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0025
	7	-0.5650	0.1365	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0007
	8	-0.0086	0.3386	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0017
4	6	-0.3783	-0.0296	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0027
	7	-0.5497	-0.0161	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0009
	8	0.0269	-0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0019
5	6	0.0000	-4.0232	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	7	-0.3505	-2.1192	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0003
	8	0.2263	-2.1192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
6	6	0.3783	-0.0296	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027
	7	-0.1511	-0.0154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020
	8	0.4255	-0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010
7	6	0.4290	0.4765	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025
	7	-0.1135	0.3601	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019
	8	0.4429	0.1580	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE    STRUCTURE TYPE = PLANE

-----

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	6	2.46	7.14	0.00	0.00	0.00	-4.74
	7	2.26	3.88	0.00	0.00	0.00	-4.40
	8	1.03	3.76	0.00	0.00	0.00	-1.60
2	6	-2.46	7.14	0.00	0.00	0.00	4.74
	7	-0.31	3.75	0.00	0.00	0.00	0.58
	8	-1.55	3.87	0.00	0.00	0.00	3.37

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

MEMBER END FORCES      STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- MTON METE

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	6	1	7.14	-2.46	0.00	0.00	0.00	-4.74
		4	-4.80	2.46	0.00	0.00	0.00	-7.54
	7	1	3.88	-2.26	0.00	0.00	0.00	-4.40
		4	-2.61	1.29	0.00	0.00	0.00	-4.48
	8	1	3.76	-1.03	0.00	0.00	0.00	-1.60
		4	-2.49	1.03	0.00	0.00	0.00	-3.53
2	6	2	7.14	2.46	0.00	0.00	0.00	4.74
		6	-4.80	-2.46	0.00	0.00	0.00	7.54
	7	2	3.75	0.31	0.00	0.00	0.00	0.58
		6	-2.48	-1.29	0.00	0.00	0.00	3.42
	8	2	3.87	1.55	0.00	0.00	0.00	3.37
		6	-2.60	-1.55	0.00	0.00	0.00	4.38
3	6	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	0.09	0.94	0.00	0.00	0.00	-0.94
	7	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	0.05	0.51	0.00	0.00	0.00	-0.51
	8	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	0.05	0.51	0.00	0.00	0.00	-0.51
4	6	4	2.83	3.60	0.00	0.00	0.00	8.48
		5	-2.44	0.24	0.00	0.00	0.00	5.00
	7	4	1.49	1.96	0.00	0.00	0.00	4.99
		5	-1.29	0.06	0.00	0.00	0.00	2.66
	8	4	1.48	1.85	0.00	0.00	0.00	4.04
		5	-1.28	0.18	0.00	0.00	0.00	2.66
5	6	5	2.44	0.24	0.00	0.00	0.00	-5.00
		6	-2.83	3.60	0.00	0.00	0.00	-8.48
	7	5	1.27	0.19	0.00	0.00	0.00	-2.66
		6	-1.48	1.83	0.00	0.00	0.00	-3.93
	8	5	1.29	0.08	0.00	0.00	0.00	-2.66
		6	-1.49	1.95	0.00	0.00	0.00	-4.89
6	6	6	-0.09	0.94	0.00	0.00	0.00	0.94
		7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	6	-0.05	0.51	0.00	0.00	0.00	0.51
		7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	6	-0.05	0.51	0.00	0.00	0.00	0.51
		7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*\*\*\*\* END OF LATEST ANALYSIS RESULT \*\*\*\*\*

47. PRINT SECTION MAX DISPL NSECT 10 LIST 1 TO 6

MAX MEMBER SECTION DISPLACEMENTS

UNIT= INCH FOR FPS AND CM FOR METRIC/SI SYSTEM

MEMBER	MAX DISP	LOCATION	LOAD	L/DISPL
1	0.22788	350.00	6	2194
2	0.22788	350.00	6	2194
3	0.00586	120.60	6	34306
4	0.61004	562.79	6	1317
5	0.60951	241.20	6	1319
6	0.00586	80.40	6	34306

\*\*\*\*\* END OF SECT DISPL RESULTS \*\*\*\*\*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- 48. PARAMETERS
- 49. CODE AISC
- 50. KZ 1.0 MEMBER 1 2
- 51. KY 1.0 MEMBER 1 2
- 52. LY 2.0 MEMBER 1 TO 6
- 53. FYLD 25300.0 ALL
- 54. UNL 2.0 MEMB 1 TO 6
- 55. BEAM 1.0 MEMBER 3 TO 6
- 56. DMAX 0.6096 ALL
- 57. PLOT SECTION FILE
- 58. PLOT DISPLACEMENT FILE
- 59. PLOT BENDING FILE
- 60. CHECK CODE ALL

STAAD-III CODE CHECKING - (AISC)  
 \*\*\*\*\*

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
1	ST W16 X26	PASS	AISC- H1-3	0.890	6
		4.80 C	0.00	-7.54	5.00
2	ST W16 X26	PASS	AISC- H1-3	0.890	6
		4.80 C	0.00	7.54	5.00
3	ST W16 X26	PASS	AISC- H2-1	0.101	6
		0.09	0.00	-0.94	2.01
4	ST W16 X26	PASS	AISC- H1-3	0.956	6
		2.83 C	0.00	8.48	0.00
5	ST W16 X26	PASS	AISC- H1-3	0.956	6
		2.83 C	0.00	-8.48	8.04
6	ST W16 X26	PASS	AISC- H2-1	0.101	6
		0.09 T	0.00	0.94	0.00

61. STEEL TAKE OFF

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH(METE)	WEIGHT(MTON)
ST W16 X26	30.10	1.168
TOTAL =		1.17

\*\*\*\*\* END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE \*\*\*\*\*

62. FINISH

\*\*\*\*\* END OF STAAD-III \*\*\*\*\*

\*\*\*\* DATE= SEP 16,2002 TIME= 14:58:28 \*\*\*\*

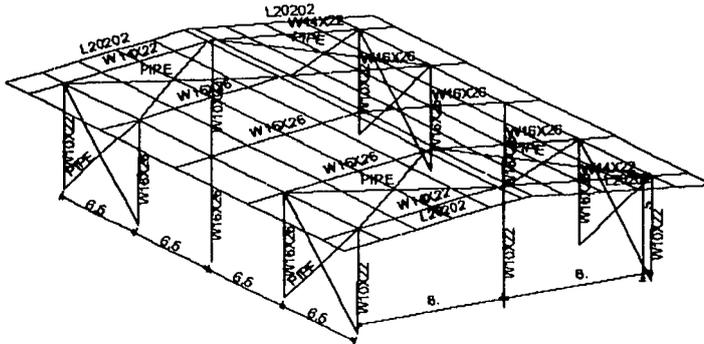
Tabla 01.- Explicación de la corrida por número de renglón

**Renglón Explicación:**

1	Staad plane se indica que el modelo es plano en dos sentidos x-y y titulo del cálculo.
2 a 5	Son comentarios iniciando estos con un asterisco.
6	Unidades utilizadas.
7 a 9	Coordenadas de los nodos, véase modelo geométrico para nodos.
10 y 11	Incidencias de los elementos véase modelo geométrico por elementos.
12 a 14	Propiedades y tipo de los elementos.
15 a 18	Constantes para materiales de acero.
19 y 20	Tipo de apoyos del modelo.
21 a 24	Especificación de la carga muerta, UNI GY indica una carga uniformemente distribuida a lo largo del elemento en el sentido Y. El comando Selfweight carga al modelo el peso propio de los materiales indicados.
25 a 28	Especificación de la carga viva, UNI GY indica una carga uniformemente distribuida a lo largo del elemento en el sentido. CON GY indica una carga concentrada al centro del claro.
29 a 31	Especificación de la carga viva reducida, UNI GY indica una carga uniformemente distribuida a lo largo del elemento.
32 a 34	Especificación de la carga por viento, UNI GX indica una carga uniformemente distribuida a lo largo del elemento.
35 a 37	Especificación de la carga por sismo, FX indica una carga en el nodo en la dirección X.
38 a 43	Combinaciones de carga.
44	Estadísticas del modelo dadas por el programa.
45 y 46	Se le indica al programa que nos de resultados de las cargas 6 a 8 y este hace el análisis y nos imprime los desplazamientos de la estructura, las reacciones para el cálculo de la cimentación y las fuerzas en los nodos de los miembros del modelo de acuerdo a las combinaciones indicadas.
47	Máximos desplazamientos de los elementos impresos por el programa, donde debemos verificar que estén dentro de lo permisible.
48 a 60	Indicamos parámetros de la estructura. El programa nos da resultados de la estructura analizada y su cuantificación.

La densidad de estructura metálica que se obtuvo para este proyecto fue de 23 kg/m<sup>2</sup>. La densidad por metro cuadrado que se da en acero es muy importante, ya que es el parámetro con el que se determina si una estructura está dentro de la economía del proyecto, en naves industriales un parámetro de medición oscila entre los 24 a 26 kg/m<sup>2</sup>. Depende mucho de los claros entre columnas que salva el marco principal, separación entre marcos principales, la altura a la rodilla del marco, la pendiente del marco, la irregularidad del terreno, pero sobre todo de las cargas que se apliquen y de equipos que soporte la estructura.

*Croquis-04.- Tridimensional de Anteproyecto con marcas de perfiles*



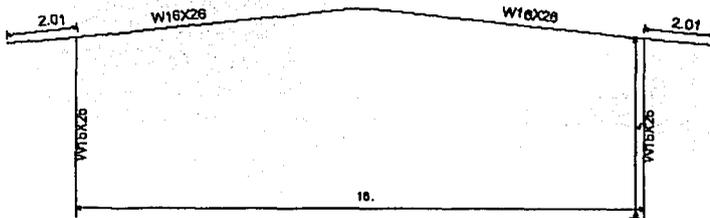
Cuando se inició el trabajo no contábamos con un proyecto arquitectónico ejecutivo, solo se contaba con bosquejos e ideas que se daban en juntas de trabajo. Sobre la ejecución de los proyectos se fueron incrementando y aclarando las necesidades del cliente.

Cada obra tiene su complejidad, las necesidades son variables, pero solo una cosa es cierta, siempre debemos darle al cliente la satisfacción de tener una obra funcional que cubra sus necesidades, dándole confianza con una estructura segura y de calidad a un costo de acuerdo a lo planeado, sin exceder los límites marcados con trabajos extraordinarios que muchas veces se dan, pero que se deben prevenir desde un anteproyecto, que una vez aprobado deberá atacarse con todas las bases que se obtuvieron para presentar un proyecto ejecutable.

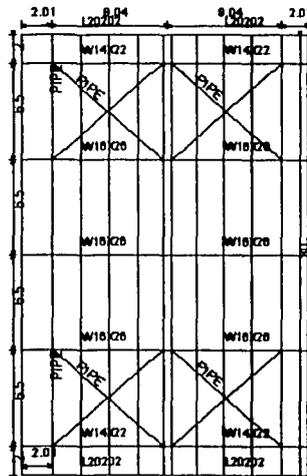
La relación entre el calculista con el proyectista o dibujante debe ser estrecha, ya que mucho depende de que los planos de ingeniería básica contengan todos los aspectos y consideraciones que se hicieron durante el anteproyecto estructural. Los planos estructurales ejecutivos deben ser lo suficientemente claros en las plantas, elevaciones y detalles para que los entienda toda la gente que está involucrada en la construcción de la obra, desde el ingeniero más experimentado hasta la gente auxiliar de obra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Croquis-05.- Elevación de marco central de anteproyecto*

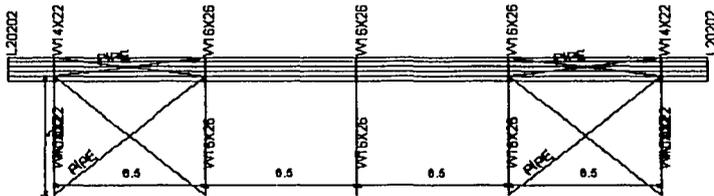


*Croquis-06.- Planta de cubierta de anteproyecto*

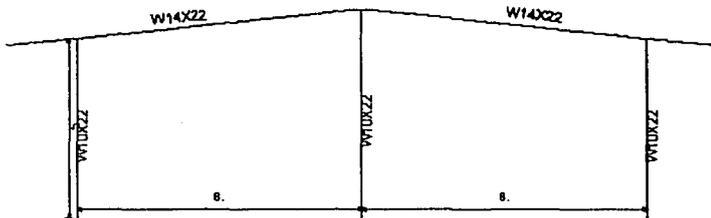


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Croquis-07.- Sección longitudinal de la nave*



*Croquis-08.- Marco piñón en extremos de nave*



Los planos estructurales en plantas y elevaciones deben de guardar siempre una escala de dibujo, en los detalles estructurales no es necesaria la escala, pero deben estar bien acotados los espesores de placas y separaciones de tornillos o elementos de uniones de que trate el detalle. Para los dibujos o bosquejos de anteproyecto no es necesaria la escala, solo indicar cotas de claros y alturas. Las cotas rigen al dibujo y siempre se deben verificar con los planos arquitectónicos. En la actualidad se pueden sobreponer los planos estructurales sobre los arquitectónicos para verificar la geometría y paños de construcción gracias a las herramientas electrónicas como en este caso lo es el programa de Autocad.



Ubicación.- Se pondrán los ejes donde se localice el elemento cuantificado. Cuando se trate de un elemento de una conexión típica se indicará el número de conexión o referencia especificada en planos de proyecto, así como la referencia o número de plano.

Cantidad.- Se contabilizarán los elementos que tengan las mismas características tanto en dimensiones como en calibre o pesos ubicados dentro del nivel especificado.

Marca.- Se pondrá una marca provisional tanto en el plano o croquis con que se esté trabajando y en la tabla de cuantificación para identificar la pieza. Cuando se trate de un elemento típico de conexión también se pondrá marca.

Perfil.- Se indicará la sección del perfil que señala la estructuración de la parte a cuantificar, ya sea perfil laminado (Secciones IPR, Canales CPS, Ángulos, Redondos sólidos, Tubos, Perfil HSS ó PTR, Monten), placa, tornillos de conexión, taquetes (cuando es necesario), etc. Siempre se señalará el grado de acero con el que se esté trabajando en el proyecto. La soldadura no se cuantifica en este momento, solo se maneja un porcentaje de acuerdo a la sección 9 del código de prácticas generales del IMCA.

Tipo.- Se especificarán las características del material indicando el peralte y calibre o peso por metro lineal.

Ancho.- En el caso de la cuantificación de placas que intervienen en el proyecto se indica la longitud de su ancho, en el caso de perfiles laminados solo se indica la unidad.

Longitud.- Se indica la longitud efectiva de la caña del perfil o la longitud más grande de los lados de una placa. Para fines de pedidos de materiales es preferible señalar el ancho y la longitud en milímetros.

Peso/ml.- Se pondrá el peso nominal por metro lineal o metro cuadrado del perfil laminado o de placa de acero de acuerdo al manual o norma que rija en la zona donde se construirá o se llevará a cabo el proyecto, en México del Manual de Construcción en Acero del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A.C. es de donde se obtienen los pesos de los perfiles laminados, además de las dimensiones también contiene las propiedades estructurales.

Peso/Unit.- Se obtiene de multiplicar el largo del perfil por el peso/ml o el área por el peso por m<sup>2</sup>.

Peso/Total.- Se obtiene de multiplicar el peso/unit por la cantidad cuantificada.

Posteriormente una vez cuantificados todos los elementos se hace una sumatoria de los pesos totales y se afecta de acuerdo a la norma y a las recomendaciones del Código de Prácticas Generales del IMCA en la sección 9 Contratos inciso 9.2 Cálculo del peso de la estructura un 3.5% de descalibre por la falta de uniformidad en el laminado de los perfiles y en las dimensiones de las placas. Esto es que el molino fabricante de los perfiles laminados y planchas de placa nunca debe fabricar por debajo de las especificaciones de laminación, siempre se deberá manejar una cantidad mayor, las dimensiones y propiedades de las secciones de los perfiles especificadas en manuales siempre serán tomadas como correctas es por eso que nunca debe quedar escasas. Es por lo anterior que cuando se calcula el peso de la estructura en base a pesos especificados en manuales, deberá incrementarse el 3.5% por concepto de descalibre, ya que cuando se genera el pedido de los materiales el proveedor nos integra este incremento.

No debe confundirse el descalibre con el desperdicio, ya que es muy común en la práctica, en el precio unitario se deberá contemplar el desperdicio, junto con los insumos como son soldadura y pintura.

- b) Se tendrá visualizado el proyecto para determinar los tipos de conexión, ya que de esto depende la determinación del costo unitario por kilogramo.
- c) Se debe proveer de una copia de los planos de los cuales se esté cuantificando para hacer las marcas y anotaciones que en el proceso de la cuantificación se hayan hecho, para que la revisión sea más rápida y confiable.
- d) Debe elaborarse un resumen por materiales para determinar los perfiles que son nacionales y de importación, y poder programar su compra, además de determinar el precio unitario. Cuando se importa el material resulta en muchas ocasiones más económico que el nacional ya que la infraestructura de los molinos internacionales permite tener costos muy por debajo de lo normal. Esto es posible cuando se programa la obra y hay tiempo de traer los materiales, ya que tardan entre 50 a 60 días en trasladarlos de los molinos de Luxemburgo o Rusia de donde es más económico el perfil laminado y la placa. El importarlos desde Estados Unidos implica prácticamente el mismo costo que un material de fabricación nacional.

Una vez que se tiene lo anterior se procede a elaborar el presupuesto del proyecto estudiado, determinado principalmente por lo siguiente:

- 1. Diversidad de los materiales.- En el resumen de materiales nos podemos dar cuenta de los volúmenes de cada tipo, ya que si tenemos una gran variedad de perfiles se encarece la obra, ya que se tiene más desperdicio, pues no se ocupan piezas completas de material y la logística de pedido y elaboración de planos de taller resulta más complicada.
- 2. Ubicación de la obra.- Es importante saber donde se va realizar la obra, ya que se deberá seleccionar la gente que va a participar en el montaje, viáticos, considerar el costo del transporte de las piezas a montar, grúas e insumos.
- 3. Complicaciones de la obra.- Se debe visualizar la complejidad de la obra, como es la irregularidad del terreno y a geometría de la construcción.
- 4. Conexiones.- Es muy importante este punto, ya que depende mucho dar un precio unitario por una obra con conexiones atornilladas que una con uniones soldadas especificadas en planos estructurales, la primera opción es un poco más cara en cuestión del costo de los tornillos, pero es mucho más económica en los costos de montaje, una soldadura en campo de una conexión cuesta hasta 8 veces más que hacerla en taller, además es mucho más rápido montar una estructura metálica con tornillos que con soldadura, además que soldar en campo requiere otros costos extras como es el de un laboratorio de control e inspección de soldaduras que encarece el costo de montaje.
- 5. Acabado de la estructura metálica.- Depende del tipo de acabado que tenga la estructura determinar en gran parte el costo, pues muchas de las veces el cliente pide limpieza especializada, por ejemplo con granalla o chorro de arena que necesita tener una limpieza casi de material en blanco, esto resulta más tardado y costoso que una limpieza mecánica a base de carda y removido de óxido con solvente. La limpieza y el acabado final en la estructura deberá cotizarse e integrarse en el costo unitario.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

6. **Formas de pago y financiamiento.**- Se debe contemplar las formas de pago, pues depende del flujo económico el costo unitario, pues mínimo se deberá contar con un anticipo para la compra de la materia prima (perfiles laminados y placa), si no se maneja anticipo se deberá prever gastos por financiamiento de la obra, si es que se esta en posibilidad de hacerlo.

En el presupuesto debe indicarse una referencia, esto es un número consecutivo de presupuestos o alguna sigla que determine o tenga un orden para archivar y tener el pleno control de éste.

Se escribe al inicio la fecha de emisión del presupuesto, la razón social de la empresa o persona a quien se le dirige, si es posible indicar la dirección del cliente.

Se especifica la atención a la persona a quien va dirigido el presupuesto y se le indicará el alcance del presupuesto, que para estructura metálica es por la fabricación, transporte y montaje de la obra, indicando su ubicación, además de puntualizar de donde se ha generado la información con la que está presupuestando, esto es si se generó de planos estructurales proporcionados por el cliente, indicando la referencia de los planos, fecha de la última revisión, o si hicimos el cálculo para determinar la estructura indicar los planos arquitectónicos o referencia para la elaboración de un anteproyecto estructural.

Se indica con que perfiles se está trabajando, esto es si con material laminado, de secciones de placas o armaduras, además de anotar que grado de acero es el material de estructura principal utilizado. El grado de las placas de conexión por lo regular es de acero A-36 y los tornillos de acero de alta resistencia A-325 (si es que se trata de una obra atornillada).

Si se realiza el cálculo estructural para determinar las características geométricas de la estructura metálica, indicando los datos generales del proyecto, además del método de diseño, las cargas utilizadas y consideraciones sobre acciones accidentales.

La parte más importante del presupuesto es la del peso estimado generado en kilogramos, además del costo unitario por el mismo y la indicación del importe total estimado, esta parte debe siempre resaltar en el presupuesto, esto es:

Peso estimado de la estructura:	000,000.00 kg
Precio unitario:	\$ 00.00 /kg
Importe estimado:	\$ 0'000,000.00

Los precios unitarios de la estructura metálica por lo regular se dan en global, esto es para perfiles laminados, placas, ángulos, etc. excepto cuando la estructura está combinada con elementos a base de tubos, este material siempre es más caro, y en el precio unitario solo se incrementa la diferencia del costo de el material.

**Tabla 02.- Análisis de Precio Unitario Típico para Estructura Metálica**

Fecha:

Concepto:

Sum., Fabricación y Montaje de estructura metálica a base perfil estructural acero A-572

Obra:

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				UNIDAD:	Kg.
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MAEST05	Placa y Perfil estructural acero A-572-50	Kg	4.90	1.0400	5.096
MAEST01	Gas LP	Kg	2.50	0.0058	0.015
MAEST02	Oxígeno.	m³	9.12	0.0030	0.027
MAEST03	Soldadura de taller	Kg	18.91	0.0028	0.053
MAEST03	Soldadura de campo	Kg	18.91	0.0010	0.019
MAEST04	Pintura primer alquídico	lt	24.55	0.0008	0.020
MOSR0300	Operador máquina CNC corte.	Jor	277.15	0.0006	0.166
MOSR0256	Ayudante general.	Jor	166.27	0.0006	0.100
MOSR0301	Operador máquina CNC taladro.	Jor	277.15	0.0006	0.166
MOSR0256	Ayudante general.	Jor	166.27	0.0006	0.100
MOSR0302	Operador máquina CNC robot.	Jor	277.15	0.0006	0.166
MOSR0256	Ayudante general.	Jor	166.27	0.0006	0.100
MOSR0303	Habilitador de acero estructural.	Jor	207.84	0.0006	0.125
MOSR0256	Ayudante general.	Jor	166.27	0.0006	0.100
MOSR0304	Armador de acero estructural.	Jor	235.48	0.0006	0.141
MOSR0173	Soldador	Jor	447.94	0.0006	0.269
MOSR0311	Ayudante	Jor	230.01	0.0006	0.138
MOSR0151	Pintor.	Jor	317.72	0.0006	0.191
MOSR0256	Ayudante general.	Jor	201.21	0.0006	0.121
MOSR0306	Cargador.	Jor	153.02	0.0006	0.092
MOSR0310	Oficial Montador	Jor	318.72	0.0007	0.236
MOSR0311	Ayudante	Jor	230.01	0.0007	0.171
MOSR0305	Operador de grúa.	Jor	318.72	0.0007	0.237
MOSR0306	Cargador.	Jor	153.02	0.0007	0.114
MOSR0256	Ayudante general.	Jor	90.52	0.0007	0.067
EQ1	Línea CNC.	Tur	6,315.74	0.0001	0.474
EQ2	Grúa.	Tur	2,825.00	0.0001	0.212
EQ3	Soldadora.	Hr	101.76	0.0002	0.019
EQ4	Cizallas.	Tur	1,222.00	0.0001	0.122
EQ5	Equipo de pintura.	Tur	166.94	0.0001	0.017
EQ6	Transporte a campo.	Tur	1,393.92	0.0001	0.139
EQ7	Herramienta de taller.	Tur	2,110.20	0.0001	0.209
EQ8	Herramienta de campo	Tur	2,172.67	0.0001	0.215
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>5.23</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>2.80</b>
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>1.41</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>\$9.44</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%</b>					<b>\$1.89</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$11.32</b>

Se indicará la forma de pago, qué porcentaje de anticipo, cuanto de fabricación con amortización del anticipo, y qué porcentaje por el montaje. Si no hay anticipo se deberán indicar los gastos por financiamiento.

Los precios deberán estar calculados según salarios actuales oficiales de mano de obra, si éstos variaran el precio se deberá modificar.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cualquier modificación a los precios vigentes de los materiales modificará la cotización, según precio oficial del acero, éste se podrá congelar una vez firmado y estipulado en el contrato.

Se debe indicar plazos de entrega o un programa de obra a partir de la fecha en que esté cubierta la totalidad del anticipo y es requisito que para el cumplimiento del mismo, los pagos de estimaciones parciales se hagan rigurosamente de acuerdo a lo convenido.

Se indicará que la estructura metálica llevará de taller una mano de pintura a base de primer estructural, el tipo y la especificación del primario.

El transporte de la estructura se considera dentro de las dimensiones permitidas por la S.C.T., en caso de que por requerimientos del diseño no sea posible adecuar la estructura y se necesiten transportar elementos con exceso de dimensiones, estos costos se negociarán por separado.

El cliente proporciona la energía eléctrica trifásica en la obra, ésta debe ser proporcionada sin costo alguno para nosotros, a menos de 50 metros del punto más lejano en que se requiera.

En caso de presentarse una suspensión de los trabajos por causas no imputables a la empresa, el cliente liquidará la parte ejecutada tanto en materiales como mano de obra, y en caso de ser necesario, posteriormente se recotizará la parte complementaria.

La obra puede ser suspendida por falta de pagos puntuales, sin responsabilidad alguna para la empresa. El retraso en los mismos causará intereses moratorios mensuales sobre el monto de dichos pagos.

Cualquier modificación al alcance original del presupuesto o adicional a lo contratado, requerirá de un nuevo presupuesto, mismo que tendrá su nueva forma de pago y tiempo de entrega.

Debe indicarse que el 15% del I.V.A. no está integrado en el total del presupuesto, dicho monto se deberá cargar al momento de facturar.

Se debe considerar como parte de la cotización que en caso de formalizarse la operación derivada del presupuesto, la empresa se reserva el derecho de dominio sobre los bienes cotizados hasta su pago total.

La fabricación de la estructura metálica deberá comprender las especificaciones de la NOM-II-172-1992 y ANSI/AWS D1.1-94.

Debe indicarse como se liquidará la obra, por lo regular se hace con el peso que arrojen los planos de fabricación debidamente revisados y autorizados por el cliente, se indicará de que manuales se obtienen los pesos de los materiales cuantificados. Para el cálculo del peso de la estructura metálica se indicará el procedimiento y las normas utilizadas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Debe considerarse los costos por la supervisión y pruebas de soldaduras a los elementos estructurales dentro del taller, se indicará el nombre del laboratorio que hará estos trabajos, y estos costos correrán por parte del cliente. Todas las inspecciones de control de calidad externas sobre trabajos de taller deberán hacerse en el mismo, antes de los embarques y teniendo la obligación de firmar actas en el momento de la inspección sujetándose a la NOM-H-172-1992 y ANSI/AWS D1.1-94.

No se incluye en los presupuestos por kilogramo de estructura metálica lo siguiente:

- a) Ningún trabajo de albañilería ni de obra civil
- b) Estructura para escaleras , barandales ni escalones (éstos se cotizarán por lote, pues es un trabajo más de detalle)
- c) Armaduras (éstas por lo regular se cotizan con otro precio unitario o por pieza)
- d) Permisos de construcción ni peritajes
- e) Anclas ni accesorios
- f) Ninguna pintura especial (fuera del primer anticorrosivo de taller indicado)
- g) Ningún tipo de material galvanizado, ni maquinado

Es opcional despedirse con una frase breve e indicar que estamos a sus órdenes para cualquier aclaración o duda del presupuesto y firmarlo poniendo nombre y cargo dentro de la empresa.

### **1.3.- Pedido de materiales**

Una vez aprobado el presupuesto, firmado el contrato por parte del cliente (o al menos recibir una carta de intención por parte del cliente de contratar la obra) y recibido el anticipo, se procede a fincar el pedido de los materiales, éste debe estar capturado en una base de datos (electrónica de preferencia), la cual es generada desde la cuantificación para el presupuesto, pero se debe afinar, pues cuando se cuantifica muchas de las veces se toman las longitudes de los perfiles a ejes, y se tienen que hacer descuentos de anchos de patines, de placas, conexiones, etc. se debe prácticamente detallar la caña del material laminado.

Se debe establecer un nombre de la obra, así como un número consecutivo u orden de trabajo para su identificación de otras obras. Es importante tener un expediente por obra para el fácil manejo de la información, separado por áreas, esto es:

#### *1. La parte económica:*

1.1. Presupuesto y cotizaciones

1.2. Contrato

1.3. Estimaciones y facturación

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2. La parte técnica:

- 2.1. Ingeniería
- 2.2. Correspondencia enviada
- 2.3. Correspondencia recibida
- 2.4. Materiales
- 2.5. Minutas de trabajo

Se emite un resumen por tipo de materiales para el pedido de los mismos, en el cuál se deberá identificar los perfiles o secciones de importación y nacionales. Por ejemplo para la obra vista en este capítulo tenemos lo siguiente:

*Tabla 03.- Reporte por tipo de material*

CLIENTE:	CINTAS Y TELAS ELÁSTICAS, S.A. DE C.V.			
OBRA:	NAVE			
O.T.:	1518			
<u>MATERIAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>kg/m2</u>	<u>CANT (kg).</u>	<u>CANT (lb).</u>
ÁNGULO	1½"x1½"x1/8"	1.83	240.30	529.30
ÁNGULO	2"x2"x1/8"	2.46	345.63	761.30
BARRA HUECA	Ø=40x28	5.40	10.64	23.44
IPR	W10x22	32.90	1,091.03	2,403.15
IPR	W14x22	32.90	1,310.74	2,887.08
IPR	W16x26	38.90	3,529.94	7,775.20
MONTEN	CF8MT14	5.67	3,943.91	8,687.03
PLACA	PL10	74.70	28.55	62.88
PLACA	PL13	99.60	111.18	244.88
PLACA	PL19	149.40	23.13	50.94
PLACA	PL22	174.30	385.20	848.46
PLACA	PL5	37.40	9.07	19.99
PLACA	PL6	49.80	336.13	740.38
RDO	13	0.99	123.07	271.08
RDO	22	3.05	315.00	693.84
RDO	25	3.97	568.35	1,251.87
TCA GR-5	Ø=½"	0.05	17.25	38.00
TCA GR-5	Ø=1"	0.28	23.24	51.19
TCA GR-5	Ø=7/8"	0.20	16.80	37.00
TORN.HEX.A307	Ø=½"x1½"	0.07	60.20	132.60
TORN.TC.A325	Ø=¾"x2"	0.29	5.80	12.78
TORN.TC.A325	Ø=1"x2½"	0.65	19.50	42.95
TORN.TC.A325	Ø=7/8"x2½"	0.46	11.50	25.33
TORN.TC.A325	Ø=7/8"x3¼"	0.52	15.60	34.36
	SUBTOTAL		12,541.76	27,625.03
	MAS 3.5% DESCALIBRE		438.96	966.88
	TOTAL		12,980.72	28,591.90

En esta tabla está contenida la totalidad de los materiales utilizados en esta obra, la placa, ángulo, redondo sólido y canal estructural, se pide por kilogramo, los perfiles laminados como IPR, Tubo, PTR, Montén, etc, se piden por longitud y peso, ya que cuando se finca el pedido en el molino que se seleccione, dependiendo el tiempo de entrega, éste se puede laminar a la medida en pies.

Placa.- Los espesores comerciales son:

Tabla 04.- Pesos de placa comercial

PLACA ACERO A-36/A-572					
Espesor		Peso	Espesor		peso
mm	pulgadas	kg/m <sup>2</sup>	mm	pulgadas	kg/m <sup>2</sup>
3	1/8"	24.95	19	3/4"	149.40
5	3/16"	37.40	22	7/8"	174.30
6	1/4"	49.80	25	1"	199.20
8	5/16"	62.20	32	1 1/2"	249.00
10	3/8"	74.70	38	1 1/2"	298.80
13	1/2"	99.60	44	1 3/4"	348.60
16	5/8"	124.50	51	2"	398.40

La placa se pide por kilogramo, pero basándonos en las medidas de las planchas de medidas comerciales en pies, se hace la conversión de las planchas a metros cuadrados y se multiplica por su peso por kg/m<sup>2</sup> y se obtienen los kilogramos del pedido. Los proveedores de este material no venden por cortes, solo la plancha completa, es por eso que se tener una logística de la geometría de placa que utilizaremos en cada una de las obras, combinarla con los desperdicios y con otras obras para tener una optimización del pedido. Las medidas comerciales de planchas de placa para todos los espesores son las siguientes:

Plancha de 5'x20' (1524mm x 6096mm).

Plancha de 6'x20' (1830mm x 6096mm).

Plancha de 8'x20' (2438mm x 6096mm).

Además es común que para espesores de 1/8" y menores se utilicen las medidas de 3'x10'

El ángulo, el redondo sólido y el canal estructural se piden por kilogramo en tramos de 6.10 m y 12.20 m. De la misma forma que la placa el proveedor no vende por metro, sino por tramo, dividimos los kilogramos entre el peso unitario por metro del material para obtener los metros totales y determinamos con esto los tramos a pedir. Los pesos por metro lineal los obtenemos de manuales, en México para estructura metálica rige el Manual de Construcción en Acero del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA).

Cuando los materiales laminados son nacionales deberán pedirse a 12.20 m, pues son medidas estándar en México. El único material que se puede pedir a longitud en México es el montén de cualquier peralte y calibre, éste lo laminan principalmente en Monterrey y tardan de 15 a 20 días en surtir el pedido, también depende de la cantidad encargada. En medida estándar estos materiales vienen dependiendo el peralte, por ejemplo el montén de 6" viene a 6.0 m., el de 8" a 8.0 m., el de 10" a 10.0 m, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los materiales que se importan desde molinos de Estados Unidos, Luxemburgo, Rusia o Corea se solicitan a la medida, esto es se pide a la longitud requerida en pies, para esto se hace un reporte de los materiales por longitud y estos se anidan para no tener una gran variedad de medidas. Esto es principalmente para perfiles laminados como son secciones de IPR. Para los perfiles tipo monten se envía la orden de compra por longitud a Monterrey, donde hay empresas que laminan en frío este material a la medida.

El reporte de materiales por longitud lo obtenemos de la misma base de datos en la que hicimos nuestra cuantificación y se presenta de acuerdo a lo siguiente:

*Tabla 05.- Resumen de materiales por longitud*

O.T. 1518  
 CLIENTE: CINTAS Y TELAS ELÁSTICAS, S.A. DE C.V.  
 OBRA: NAVÉ

<u>Cant.</u>	<u>Tipo</u>	<u>m</u>	<u>ft</u>	<u>kg/Total</u>	<u>lb/Total</u>
3	CF8MT14	3.265	10.71	55.54	122.33
4	CF8MT14	4.956	16.26	112.40	247.58
34	CF8MT14	6.490	21.29	1,251.14	2,755.82
13	CF8MT14	6.897	22.63	508.38	1,119.78
3	CF8MT14	6.972	22.87	118.59	261.22
3	CF8MT14	8.071	26.48	137.29	302.40
10	CF8MT14	8.184	26.85	464.03	1,022.10
3	CF8MT14	8.262	27.11	140.54	309.55
24	CF8MT14	8.495	27.87	1,156.00	2,546.25
				3,943.91	8,687.03
4	W10x22	5.145	16.88	677.08	1,491.37
2	W10x22	6.291	20.64	413.95	911.78
				1,091.03	2,403.15
4	W14x22	9.960	32.68	1,310.74	2,887.08
				1,310.74	2,887.08
6	W16x26	5.103	16.74	1,191.04	2,623.44
6	W16x26	10.021	32.88	2,338.90	5,151.77
				3,529.94	7,775.20
				TOTAL SIN DESCALIBRE	9,875.62 kg
				CON 3.5% DE DESCALIBRE	10,221.26 kg
				TOTAL SIN DESCALIBRE	21,752.46 lb.
				CON 3.5% DE DESCALIBRE	22,513.80 lb.

Tenemos que realizar una orden de compra especificando los materiales a pedir, previa cotización del precio unitario por kilogramo. El contenido de la orden de compra debe tener lo siguiente:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a) Número de orden de compra                        | j) Cantidades                        |
| b) Nombre del proveedor con todos sus datos         | k) Ancho                             |
| c) Obra para la cual se está destinando este pedido | l) Longitud                          |
| d) Orden de trabajo de la obra                      | m) Grado del acero                   |
| e) Condiciones de pago                              | n) Unidad                            |
| f) Fecha de entrega de los materiales               | o) Cantidad en kg                    |
| g) Lugar al que se debe transportar el material     | p) Precio unitario                   |
| h) No. de partida                                   | q) Costo por flete                   |
| i) Tipo de material                                 | r) Monto parcial de la partida       |
|   | s) Monto total de la orden de compra |
|   | t) Descuentos si existen             |
|   | u) Porcentaje de I.V.A.              |

Es muy importante pedir en cada orden de compra los certificados de calidad de los materiales, ya que estos deben presentarse en los controles de calidad de los materiales y de las inspecciones que se realizan durante la fabricación de los elementos que componen una edificación de estructura metálica, dichos certificados son la garantía que le estamos vendiendo al cliente lo que le presupuestamos.

Los tornillos se piden por pieza, para una estructura metálica se requieren tornillos de alta resistencia ya sea de acero ASTM A-325 o A-490, pueden ser hexagonales o de tensión controlada, los primeros requieren en obra de supervisión y muchas de las veces un laboratorio de control de calidad para verificar la tensión mínima en los tornillos y "torque", en los de tensión controlada no lo requieren ya que cuentan con un dispositivo el cual se "truena" cuando llega a la tensión requerida, estos tornillos son más o menos un 50% más caros que los hexagonales, pero en costos de montaje baja considerablemente en tiempos y mano de obra.

Los tornillos de acero A-307 son generalmente usados en conexiones de perfiles muy pequeños o en largueros de cubiertas de monten.

Cuando enviamos la orden de compra al proveedor éste debe a su vez enviar un documento donde se compromete a aceptar las condiciones descritas en la orden de compra, o en su defecto aclarar o notificar del incumplimiento de alguna de las cláusulas indicadas. También en el retraso de entrega de los materiales se deberá notificar, ya que esto repercute en el proceso de fabricación de los elementos estructurales de la obra.

Se ejemplifica la siguiente orden de compra conteniendo los datos antes descritos:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 06.- Orden de compra

MANUFACTURAS METÁLICAS AJAX SA DE CV  
 CALLE 7 No. 33 COLONIA RÚSTICA XALOSTOC

TEL 5569-6244 / 5569-0402	<b>ORDEN DE COMPRA</b>	<b>TEP 75 -1</b>
FECHA 19/09/2002	DBRA A-2	B-2 V1
PROVEEDOR ACEROS TEPOZOTLÁN	D.T. 1505	1506
DIRECCIÓN KM 37.5 CARRETERA MEX-QRO	CONDICIONES	
CUAUTITLÁN IZCALLI	CONTADO/ENTREGA	
CONTACTO MANOLO RUIZ /HECTOR AGUILAR	FECHA ENTREGA	
TEL 5872 7600	INMEDIATA	
FAX 5872 7640		

PARTIDA	MATERIAL DESCRIPCIÓN	kg/m	ANCHO mm	LARGO mm	PIEZAS	UNID	CANT.	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
	1506								
1	PLACA 10 mm (3/8") A-36	74.70	1,525	6,100	1	KGS	694.90	\$4,2000	\$2,918.57
	1505								
2	IPR 12" X 32.8 kg/m	32.80	1,000	12,200	1	KGS	400.16	\$4,6500	\$1,860.74

TOT/kg 1,095.06 **TOTALES** \$4,779.3

\$/kg prom \$4.36

MAS 16% DE IVA \$716.90

---

**TOTAL 1 \$5,496.2**

PARTIDA	MATERIAL DESCRIPCIÓN	kg/m	ANCHO mm	LARGO mm	PZA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
	V1								
3	CANAL 8" X 8.2 (12.20 kg/m)	12.20	1,000	12,200	1	kg	148.84	\$5,2150	\$778.20
	1506								
4	REDONDO 1" ( 25 mm)	3.97	1,000	6,000	11	kg	262.02	\$3,7500	\$982.58
	1506								
	ANGULO DE 4" X 4" X3/8"	14.58	1,000	12,200	8	kg	1,423.01	\$3,7500	\$5,336.28

1 HACER CHEQUE	TOT/kg 1,833.87	<b>TOTALES</b>	\$7,095.10
2 NO SE ACEPTA MATERIAL CON UN DESCALIBRE MAYOR AL 2.5%			
3 SE REQUIERE CERTIFICADO DE CALIDAD \$/kg prom \$3.84			DESCUENTO 4% \$8,811.25
4 PROVEEDOR SURTE			DESCUENTO 2% \$6,675.03
5 EN ANCHO A PERFILES =1000			SUBTOTAL \$6,675.00
6 PERFILES IPR A 572 GR 50, DEMAS PERFILES Y PLACAS A36			MAS 16% DE IVA \$1,001.25
7 ESTA ORDEN CANCELA TEP 75			TOTAL 2 \$7,676.30
8 PERFILES IPR A 572 GR 50, DEMAS PERFILES Y PLACAS A36			FLETE \$1,000.00
			<b>GRAN TOTAL \$14,772.49</b>

GERENTE DE COMPRAS \_\_\_\_\_ GERENTE GENERAL \_\_\_\_\_

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

Se debe mantener informada a toda la gente que esté involucrada en el proyecto y fabricación de la estructura metálica del proceso de pedido de materiales pues de esto depende la correcta selección del material cuando se requiera ya en el la transformación de los perfiles.

Los molinos de donde se importan los perfiles tienen la obligación de tener localizados los procesos de fabricación, almacenaje y transporte de los pedidos e informar a su cliente de estos, para ver los posibles contratiempos que se pudiesen tener. Además de informar los momentos de salida de los materiales para pago de impuestos y aranceles.

Por lo regular la empresa exportadora envía el material hasta la frontera o algún puerto marítimo y de este punto la empresa importadora deberá transportarlo a su empresa o al lugar donde se ocupará este material.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Capítulo II.- Proyecto de una obra de estructura metálica**

### **II.1.- Ingeniería básica y especificaciones**

La ingeniería básica de un proyecto de estructura metálica, debe contener planos completos del diseño estructural mostrando claramente el trabajo por ejecutarse e indicando tamaños, perfiles, normas de materiales, localización de todos los miembros, niveles de pisos, alineaciones y centros de columnas, contraflechas, así como las dimensiones suficientes para poder estimar correctamente las cantidades y tipo de acero estructural por suministrarse. Las especificaciones del acero estructural deben incluir cualquier requisito especial referente a la fabricación y montaje del mismo.

Las especificaciones y planos estructurales del proyecto deben ser debidamente autorizados por el cliente y estar de acuerdo con el proyecto arquitectónico, los cuales también deben ser documentos que se incluyan al momento de la firma del contrato de la obra.

Las especificaciones contractuales varían mucho en cuanto a su contenido y alcance. Resulta en beneficio del propietario que las especificaciones permitan cierta libertad de acción del fabricante. Sin embargo, las especificaciones deben cubrir los aspectos básicos que afectan la seguridad de las estructuras y contener los requisitos necesarios para proteger los intereses del propietario. A continuación se enlistan los aspectos que básicamente deben cubrir las especificaciones.

- a) Código y especificaciones para la fabricación del acero estructural
- b) Especificación de los materiales
- c) Aseguramiento de calidad de los materiales
- d) Configuración de las juntas soldadas
- e) Calificación de los procedimientos de soldadura
- f) Especificaciones de la tornillería
- g) Requisitos especiales para el trabajo de otros oficios
- h) Placas de extensión
- i) Preparación de superficie y pintura de taller
- j) Inspección de taller
- k) Inspección de campo
- l) Ensayos no destructivos, incluyendo criterios de aceptación
- m) Requisitos especiales para la entrega en obra
- n) Limitaciones especiales en el montaje
- o) Arriostramientos provisionales en estructuras cuando sean necesarios
- p) Tolerancias especiales de fabricación y montaje en acero estructural aparente
- q) Disposiciones especiales para la determinación del peso para fines de pago

Las disposiciones de las especificaciones tienen por objeto proporcionar un factor de seguridad, que impida alcanzar el esfuerzo de fluencia bajo la acción de las cargas de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

trabajo en los elementos principales de la estructura. La dirección paralela al eje de laminado de los perfiles es la que más interesa en el diseño de las estructuras de acero. De ahí que el esfuerzo de fluencia, determinado por medio de ensayos de tensión, es la propiedad mecánica más importante para la selección de los aceros bajo las especificaciones establecidas. Debe reconocerse que otras propiedades mecánicas y físicas del acero laminado, tales como anisotropía, ductilidad, resiliencia, resistencia a la corrosión, etc., pueden ser también importantes para el buen comportamiento de una estructura de acero. Para tener la información necesaria relativa a todos los factores que deben considerarse en la selección y en las especificaciones de los materiales para aplicaciones especiales es necesario consultar la literatura especializada sobre las especificaciones técnicas que le interesan, para que pueda elegir el material más adecuado.

Como ejemplo de este caso puede mencionarse el diseño de conexiones soldadas altamente restringidas. El acero laminado es anisotrópico (cuerpo que ofrece distintas propiedades cuando se examina o se ensaya en direcciones diferentes), especialmente en cuanto a ductilidad se refiere. En consecuencia, las deformaciones producidas por las contracciones de la soldadura en la zona de alta restricción de conexiones soldadas, pueden rebasar la capacidad del material si no se pone especial atención en su selección, en los detalles constructivos, en la mano de obra e inspección. Otro caso especial se presenta cuando se diseña para evitar fracturas bajo ciertas condiciones de servicio. Los detalles de diseño bien realizados (por ejemplo que la geometría de los detalles no tengan aristas muy pronunciadas o cambios bruscos de secciones), que logran una geometría sin concentraciones severas de esfuerzos y una buena mano de obra, son generalmente los medios más eficientes para obtener construcciones resistentes a fracturas. Sin embargo, para condiciones de servicio especialmente severas, tales como estructuras a bajas temperaturas con cargas que producen impacto, pueden justificarse que se especifiquen aceros con mayor resiliencia.

Se permiten tres tipos básicos de construcción, con sus consideraciones de diseño correspondientes, bajo las condiciones que abajo se enumeran. Cada tipo determinará específicamente el tamaño de los miembros, el tipo y la capacidad de sus conexiones.

- 1.- Tipo 1, designado comúnmente como "marco rígido", supone que las juntas entre vigas y columnas son lo suficientemente rígidas como para mantener prácticamente sin cambio los ángulos originales entre los miembros que se intersectan.
- 2.- Tipo 2, designado comúnmente como "estructuración simple" (extremos simplemente apoyados, sin empotramientos). Supone que, en cuanto a cargas gravitacionales se refiere, los extremos de las vigas están unidos sólo para resistir fuerza cortante y están libres para girar.
- 3.- Tipo 3, designado comúnmente como "marco semirígido" (extremos parcialmente empotrados). Supone en las conexiones de las vigas una capacidad conocida y confiable de momento, intermedia entre la rigidez del tipo 1 y la flexibilidad del tipo 2.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El diseño de todas las conexiones estará acorde con las consideraciones relativas al tipo de construcción indicado en los planos de diseño.

Se debe verificar cada uno de los planos de ingeniería básica con los documentos del anteproyecto, ya que si existiesen modificaciones se deberá hacer un estudio de éstas para la logística de materiales, y volver a repetir la secuencia para su pedido.<sup>(8)</sup> El material pedido que sufre modificaciones deberá tratar de ocuparse en otra zona de la obra o de lo contrario el propietario deberá asumir los costos de los materiales, si estos cambios son imputables a éste.

Los dibujos deben mostrar con suficiente detalle, para ser fácilmente comprendidos, los arriostamientos, contravientos, conexiones, atiesadores en columnas y vigas, refuerzos en elementos, agujeros para otras instalaciones y otros detalles especiales.

En algunos casos los planos deben incluir información suficiente respecto a las cargas consideradas, las fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales que deben soportar los miembros y sus conexiones y que pueda ser necesaria para el diseño de los detalles de conexión en los dibujos de taller y para el montaje de la estructura. Esto es cuando el fabricante de la estructura metálica tiene la responsabilidad del diseño de conexiones.

Los planos arquitectónicos y de instalaciones eléctricas y mecánicas pueden usarse como suplemento de los planos estructurales para definir los detalles constructivos de la estructura, siempre que los requisitos derivados de ellos se muestren en los planos estructurales.

En caso de discrepancias entre los planos y las especificaciones para edificios, regirán las especificaciones. En caso de discrepancias entre los planos y las especificaciones para puentes, regirán los planos. En caso de discrepancias entre las dimensiones a escala en los planos y los números de las acotaciones, regirán los números. En caso de discrepancias entre los planos de la estructura de acero y otros planos, regirán los planos de la estructura de acero. En caso de tomar una especificación del plano equivocado, el posible error se reflejara en la fabricación o incluso hasta el montaje de la estructura metálica,

Los planos deberán ser fácilmente legibles y estar dibujados a una escala no menor de 1:100. La información más compleja deberá dibujarse a la escala necesaria para su claridad. En detalles de conexiones o generales en estructura metálica no es necesario guardar una escala, pero sí acotar espesores e indicar diámetros de barrenos o tornillos.

Los planos deben contener un pie de plano como los siguientes documentos en el que se deben integrar los datos contenidos en estos.

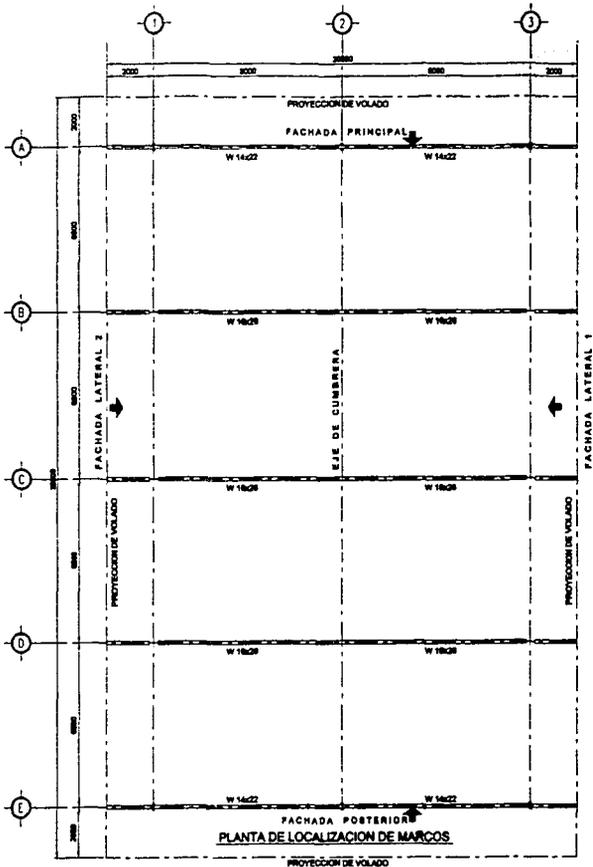
A continuación se integrará un proyecto de estructura metálica para una cubierta de un almacén en la Ciudad de México.<sup>(9)</sup>

<sup>(8)</sup> Ver capítulo 1, sección 1.3.- Pedido de Materiales.

<sup>(9)</sup> Ver capítulo 1, sección 1.1.- Anteproyecto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**



- NOTAS:**
- 1- LECTURA DE MARCOS
  - 2- MARCO DE CUBRERA
  - 3- LAS CUBRERAS AL BARRIO
  - 4- INDICAR LOS TIPOS Y TAMAÑOS DE PLANTAS DE MARCO
  - 5- DISEÑO DE MARCO DE CUBRERA
  - 6- MARCO DE CUBRERA Y MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 7- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 8- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 9- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 10- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 11- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 12- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 13- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 14- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 15- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 16- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 17- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 18- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 19- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA
  - 20- MARCO DE CUBRERA DE CUBRERA

NO.	FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO
1	01-01-2001	REVISADO POR DISEÑO	...	...
2	01-01-2001	REVISADO POR DISEÑO	...	...



**CINTAS Y TELAS ELASTICAS**

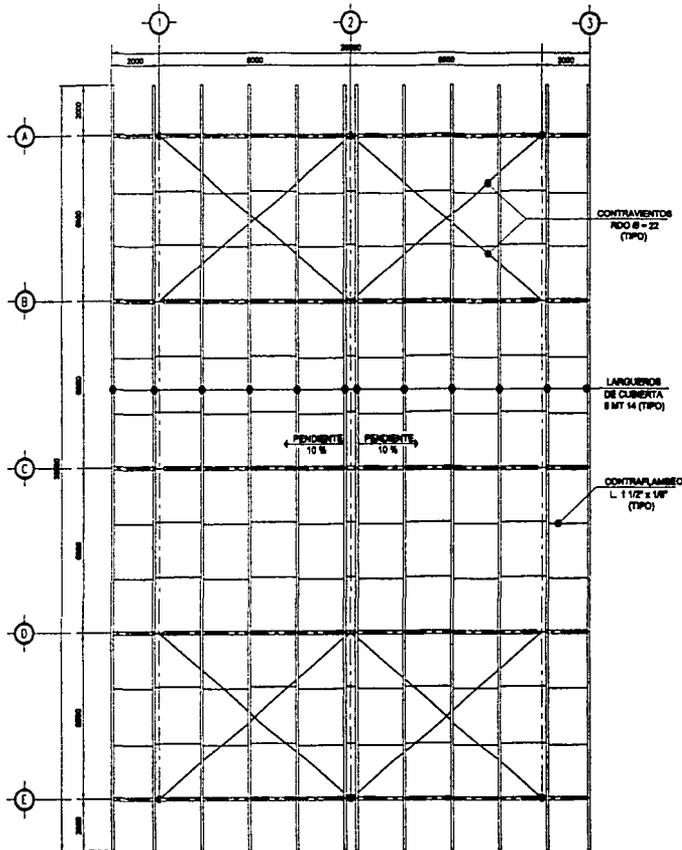
**ALMACEN**

VALLERIA, SUREDO S.F.  
PLANTA DE LOCALIZACION DE MARCOS

ESCALA: 1:120  
FECHA: 21-07-2002  
**E-01**

ELABORADO: ...  
REVISADO: ...

Plano E-01.- Planta de localización de marcos.



PLANTA DE CUBIERTA

Plano E-02.- Planta de cubierta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- NOTAS:
- 1.- ADOPTAR UNIFORMES
  - 2.- ANCHO DE PISO
  - 3.- LAS COLAS DEBEN SER EN PLANO
  - 4.- ANCHO DE LAS COLAS Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 5.- ANCHO DE PISO
  - 6.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES
  - 7.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 8.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 9.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 10.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 11.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 12.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 13.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 14.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 15.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 16.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 17.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 18.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 19.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO
  - 20.- ANCHO DE CIMENTACION Y FUNDACIONES EN PLANO

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	ALACRAN	MT	100
2	ALACRAN	MT	100
3	ALACRAN	MT	100
4	ALACRAN	MT	100
5	ALACRAN	MT	100
6	ALACRAN	MT	100
7	ALACRAN	MT	100
8	ALACRAN	MT	100
9	ALACRAN	MT	100
10	ALACRAN	MT	100



CINTAS Y TELAS BLANCAS

ALMACEN

VILLALBA, MENDOZA P.V.

PLANTA DE CUBIERTA

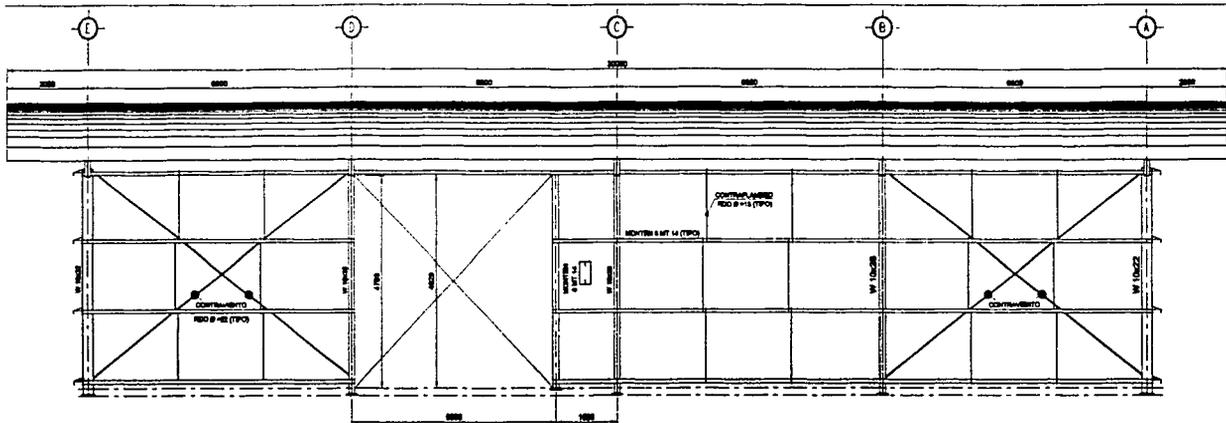
ESCALA: 1 : 125

FECHA: 23-02-2002

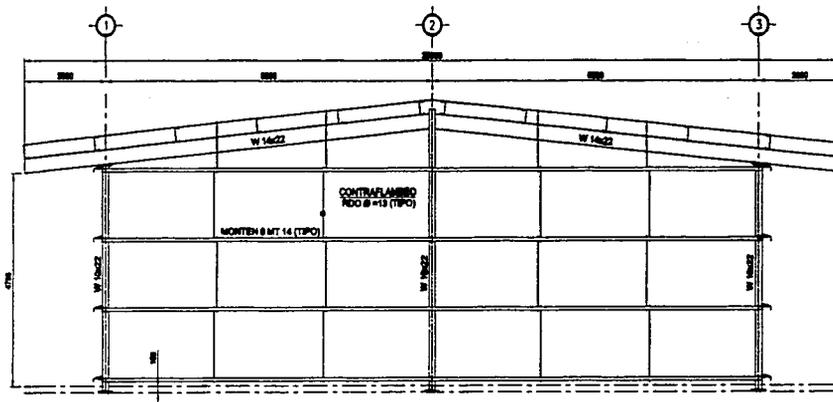
PROYECTO: E-02

ING. J.G.T.M.





FACHADA LATERAL 1



FACHADA POSTERIOR

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

NO.	DESC.	UNIDAD	PRECIO	VALOR
1	14-00-00	CONTRAALAMBRE	100	1400
2	14-00-00	MONTEN	100	1400
3	14-00-00	MONTEN	100	1400

MANUFACTURERED BY  
 CONSTRUCTION  
 10000  
 10000  
 10000

CINTAS Y TELAS ELASTICAS

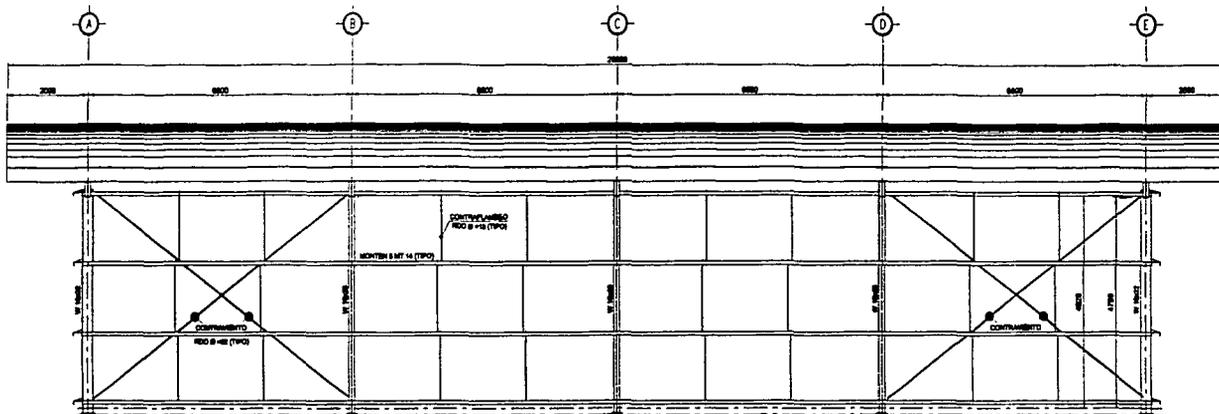
ALMACEN

VALLEJO, HERIBerto B.F.

ELEVACIONES

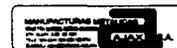
Escala: 1:75  
 Fecha: 08/08/2002  
 Proyecto: 01-01-0002  
**E-04**

No. 100 JGTM



FACHADA LATERAL 2

NO.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	1 1/4" x 1/4" LATED PARA CONTURAMIENTO	100	LB
2	1 1/4" x 1/4" LATED PARA APLICACION	100	LB



CINTAS Y TELAS ELASTICAS

ALMACEN

VALLERIA MENDO D.P.  
ELEVACIONES

Escala: 1:75  
 Fecha: 31-03-2002  
 Proyecto: E-05

Elaborado: ING. J.G.T.M.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Se calculó la estructura metálica para la cubierta del almacén de acuerdo a los parámetros que nos proporcionó el cliente, y en base a los resultados obtenidos se generaron los planos estructurales.

El proyecto en el plano E-01 nos muestra la planta de localización marcos, indicando las trabes principales con secciones de perfiles laminados, orientación de las columnas metálicas, así como la geometría general de la obra. En el plano E-02 tenemos el arreglo de la planta de cubierta el cual nos muestra la disposición de largueros, contravientos y contraflambeos de cubierta, además de los tipos de materiales de cada elemento.

En el plano E-03 tenemos la elevación del marco típico y de la fachada principal, en estos dibujos se aprecian las dimensiones de la estructura, así como la forma de los marcos rígidos, que son a dos aguas con una pendiente del 10% y con un volado en los extremos de 2.0 m. Además en el marco tipo tenemos la separación entre largueros, al centro de la cubierta se puede apreciar la cumbrera de la nave, la cual tiene largueros más cerrados para permitir el apoyo de la lámina de cubierta, la cual rematarán con una moldura de lámina para evitar filtraciones de agua. La fachada principal nos muestra la disposición de largueros de apoyo de la lámina, los contraflambeos y postes auxiliares para la ubicación de puertas de acceso de camiones a la bodega.

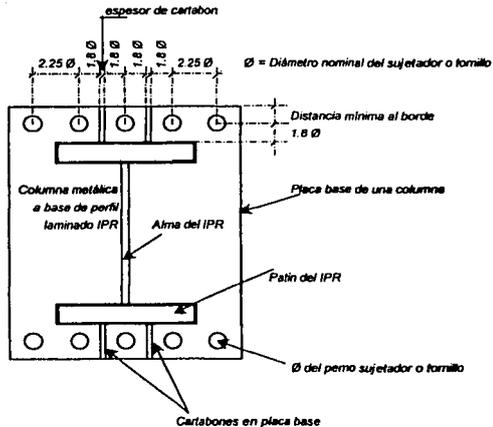
Complementarios a los planos estructurales son los planos E-04 y E-05 de las fachadas laterales y la posterior, en donde tenemos el arreglo de largueros de apoyo para muros de lámina, con contravientos, contraflambeos, postes auxiliares para puertas y se esquematan los volados en los ejes laterales.

En la acotación de planos estructurales en plantas, cortes y detalles se deben indicar las cotas parciales y totales, para mostrar con estas las longitudes de los materiales que se ocuparán en el proyecto.

Se debe verificar la posición de las anclas que no choquen con los armados del dado de cimentación y con la sección de la columna, además de ver que se cumplan las distancias mínimas al borde de las placas y al paño de elementos verticales de la columna. La distancia mínima al borde es la distancia desde el centro de un agujero estándar al borde de una parte conectada. Los gramiles son las distancias permisibles a centros de barrenos en un perfil laminado, las cuales están calculadas para no tener interferencias con los paños o bordes del mismo perfil, estos gramiles están indicados en el Manual de Construcción en Acero, del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA) dependiendo el tipo de sección nos muestra las distancias y diámetros máximos de tornillos a utilizar. El detalle 01 presenta las distancias mínimas que se deben cumplir en una placa base para no tener problemas en el momento del montaje y que se debe ver desde proyecto:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Detalle 01.- Distancias mínimas de bordes y paños para tornillos o pasadores**



Las distancias mínimas mostradas son las reglas que se deben prever al momento de transmitir la información en planos para evitar choques de los tornillos o anclajes que forman parte de la conexión, la distancia necesaria que debemos dejar entre los centros de barrenos y el paño de elementos verticales debe ser 1.8 veces el diámetro del tornillo o sujetador, entre tornillo y tornillo para poder ejecutar de manera satisfactoria los trabajos de montaje deben ser 2.25 veces el diámetro del pasador.

**Tabla 07.- Distancias mínimas al borde<sup>(10)</sup>**

Díametro nominal del remache o tornillo en mm	Bordes cizallados en mm	Bordes laminados de placas perfiles, barras o bordes cortados con gas en mm.
13	22	19
16	29	22
19	32	25
22	38	29
25	44	32
29	51	38
32	57	41
más de 32	1.75 Ø	1.25 Ø

Todas las distancias al borde en la tercera columna podrán reducirse en 3mm cuando el agujero se encuentre una zona donde el esfuerzo no exceda el 25% del máximo permisible en el elemento. Estos valores pueden ser de 32mm en los extremos de ángulos de conexión en vigas.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

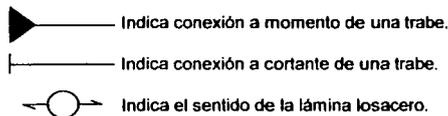
<sup>(10)</sup> Manual IMCA.- Sección I.16 Remaches y Tornillos, Tabla I.16.5.1, página 180.

El acero estructural convencional en planos de estructura metálica es NOM-B-254-1974 (ASTM A36), actualmente en perfiles laminados en caliente son de acero ASTM A572 Gr50 con un  $F_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$  y para placas de conexión se utiliza el acero ASTM A36.<sup>(11)</sup>

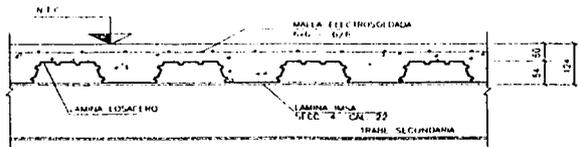
Para especificación de tornillos se cumplirá con los requisitos de la edición más reciente de las Especificaciones de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), de tornillos de alta resistencia para uniones de acero estructural, ASTM A325 o tornillos de acero estructural tratados térmicamente, con resistencia mínima a la tensión de  $10,500 \text{ kg/cm}^2$ , ASTM A490. El diseño del edificio determinará el tipo de tornillos a usar. Pueden ser tornillos hexagonales o de tensión controlada, esto depende de las técnicas de montaje o de las consideraciones del estructurista.

Los planos de entresijos deben contener la planta de estructuración por nivel, niveles de tope de concreto o de acero, indicando los perfiles a utilizar tanto de trabes principales, secundarias y terciarias, los tipos de conexiones a utilizar, orientación de la lámina losacero, huecos en entresijo (estos deberán verificarse con los planos arquitectónicos para dejar los vanos de los huecos) y localización de detalles, además los detalles típicos de la conexión de la lámina losacero con la estructura metálica mediante un perno de cortante en este caso un perno nelson, también se puede utilizar canal o ángulo estructural para este fin, la sección y la especificación de la lámina losacero y una tabla de contraflechas en largueros o trabes secundarias a utilizar en esta zona, las cuales se determinan en el cálculo estructural de acuerdo a la deformación producida por la carga muerta, la nomenclatura más usual para conexiones y sentido de la lámina losacero son las siguientes:

*Tabla 08.- Simbología de conexiones*



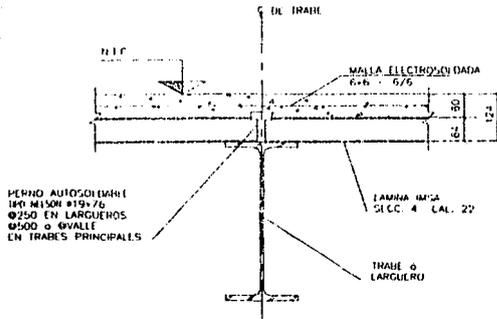
*Detalle 02.- Sección típica de sistema losacero*



<sup>(11)</sup> Manual IMCA.- Sección 1.4 Materiales, Inciso 1.4.1.1, página 132.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### Detalle 03.- Colocación típica de pernos en el sistema losacero



En los planos de conexiones nos indican por detalle específico la unión establecida desde el plano de plantas estructurales, las cuales nos muestran los perfiles a conectar, dimensiones y espesores de placas, localización, cantidad y tipo de tornillos a utilizar en la junta, tipos de soldaduras, cortes y detalles.

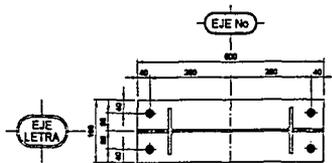
El proyecto de planos estructurales por primera vez se emiten para licencia de construcción y a su vez para revisión y/o aprobación con revisión A, indicando la fecha en que se emiten dentro de un cuadro de revisiones que se localiza en el pie de plano, cuando existe un cambio cuando aún no se aprueba la estructuración se envía la revisión B en el cuadro de modificaciones con fecha de cambio, y así sucesivamente con revisión letra hasta tener la emisión para construcción que por primera vez se envía como revisión 0 (cero) con la fecha; cuando existe algún cambio se indica en el cuadro de revisiones con el incremento en el número de la revisión con la fecha y describiendo muy brevemente el cambio, indicando también en el plano con una nube el cambio que se está haciendo y marcando en un triángulo la revisión correspondiente.

### 11.2.- Planos de localización de anclajes

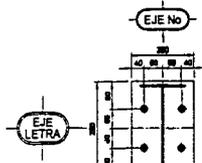
El plano de localización de anclajes para el desplante de una edificación con estructura metálica es la base principal para poder llevar a cabo el montaje sin contratiempos. Este plano debe contener datos precisos y no debe haber la menor duda, pues esto puede tener varias interpretaciones que llevaría a colar mal un dado de cimentación. El plano de localización de anclajes para estructura metálica debe contener ejes de estructura metálica, nivel de piso terminado, nivel de desplante de estructura, nivel de tope de concreto, tipo y cantidad de anclas por dado, plantilla a utilizar por dado, acotación de la posición de anclas con respecto a los ejes estructurales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

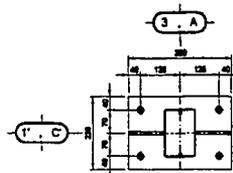




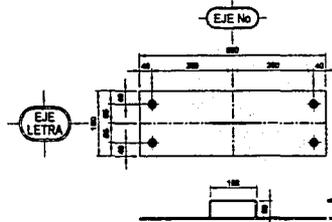
PLACA BASE PB-1  
4 ANCLAS BHT



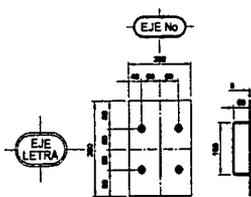
PLACA BASE PB-2  
4 ANCLAS BHT



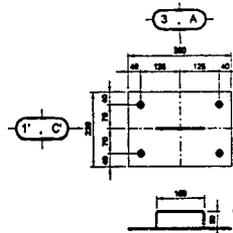
PLACA BASE PB-3  
4 ANCLAS BHT



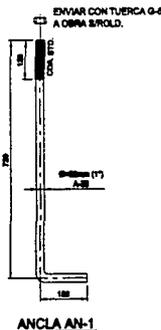
PLANTILLA PL-1



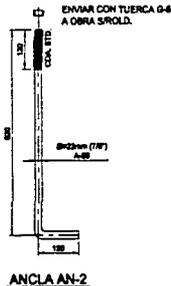
PLANTILLA PL-2



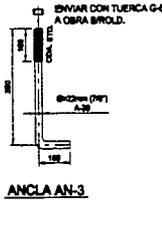
PLANTILLA PL-3



ANCLA AN-1



ANCLA AN-2



ANCLA AN-3

NOTA:  
LAS TUERCAS DEBERÁN CHECARSE  
CLASIFICACION, DEBERA VERIFICARSE  
LA ESPECIFICACION DE LA TUERCA CON  
LA ORDEN DE COMPRA.

- NOTAS:
1. ACCIONES DE INSTALACION
  2. ANCLAS BHT
  3. LAS COBAS SERAN A BULLD
  4. MONTAR LAS COBAS Y REACCIONES EN PLACAS
  5. INSTALACION
  6. ESPECIFICACION DE LOCALIZACION
  7. PLACA DE CONCRETO Y POPALES CERRADO DE ACERO
  8. ANCLAS BHT
  9. TODA LA INSTALACION SERA CON ELECTRODOS
  10. SERA LA INSTALACION SERA CON ELECTRODOS
  11. TODA LA INSTALACION DE CONCRETO DEBERA SERA DE CALIDAD
  12. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  13. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  14. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  15. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  16. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  17. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  18. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  19. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO
  20. SERA LA INSTALACION DE LA INSTALACION POPALES Y CONCRETO

No.	Descripción	Unidad	Cant.
1	ANCLA AN-1	UNIDAD	100
2	ANCLA AN-2	UNIDAD	100
3	ANCLA AN-3	UNIDAD	100
4	PLACA BASE PB-1	UNIDAD	100
5	PLACA BASE PB-2	UNIDAD	100
6	PLACA BASE PB-3	UNIDAD	100
7	PLANTILLA PL-1	UNIDAD	100
8	PLANTILLA PL-2	UNIDAD	100
9	PLANTILLA PL-3	UNIDAD	100

MANUFACTURER METALLOS  
S.A.

CINTAS Y TELAS ELASTICAS

ALMACEN

VALLEJO, MEXICO D.F.

PLACAS BASE, PLANTILLAS Y ANCLAS

No.	Descripción	Unidad	Cant.
1	AN-02	UNIDAD	100
2	AN-03	UNIDAD	100
3	AN-04	UNIDAD	100
4	AN-05	UNIDAD	100
5	AN-06	UNIDAD	100
6	AN-07	UNIDAD	100
7	AN-08	UNIDAD	100
8	AN-09	UNIDAD	100
9	AN-10	UNIDAD	100

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Este primer paso es el más importante y lo debe realizar una persona experta o el responsable de la ingeniería de taller de la obra. En este proceso se deben verificar los niveles arquitectónicos para el desplante de la estructura, así como paños de colindancia y de construcción, para esto se requiere un levantamiento topográfico o un plano de trazo.

La colocación de anclajes deberán ser instalados por el propietario de acuerdo con los planos aprobados. Las tolerancias respecto a las dimensiones mostradas en los dibujos de montaje no serán mayores de:

- a) 3 mm en distancias de centro a centro de dos pernos cualesquiera de un grupo de pernos de anclajes. Se define como grupo de pernos de anclaje al conjunto de pernos que reciben una sola pieza fabricada.
- b) 6 mm de centro a centro de dos grupos de pernos de anclaje adyacentes.
- c) Un error acumulativo máximo de 1:5,000 de la longitud de un eje de columnas, pero sin exceder de un total de 25 mm. Se define como eje de columnas la recta que más se aproxima a los centros de grupos de pernos de anclaje como quedan colados.
- d) 6 mm de desviación desde el centro de cualquier grupo de pernos de anclaje al eje de columnas que pasa por este grupo, definiéndose eje de columnas como en el párrafo anterior.
- e) En el caso de grupos de pernos de anclaje situados fuera del eje de columnas, las tolerancias establecidas en los incisos b, c y d anteriores se aplicarán a las dimensiones paralelas y perpendiculares mostradas en los dibujos de colocación de pernos de anclaje.

A menos que los planos muestren otra cosa, los pernos de anclaje estarán colocados perpendicularmente a la superficie teórica del apoyo.

Otras partes empotradas o de conexión entre el acero estructural y los elementos de otras instalaciones serán localizadas por el propietario de acuerdo con las necesidades de la obra o como se muestre en los dibujos de montaje.

En el montaje una estructura metálica totalmente atornillada en campo no debe haber variaciones en la cimentación o posición de anclas fuera de las tolerancias indicadas, pues de lo contrario se deberá proceder a la demolición del dado de cimentación, pues en cuestión de costos es más económico demoler un par de dados a tener que hacer ajustes de la estructura metálica durante el proceso de montaje.

Solo puede haber modificación de la localización de anclajes cuando por necesidades de la obra se requiera, y se debe emitir un oficio indicando los motivos de la modificación debidamente autorizados por el propietario o en su defecto en la bitácora de obra, girando una copia al fabricante de la estructura para hacer dicha corrección a los planos de taller.

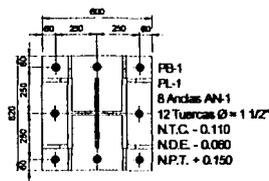
Se debe prever el acomodo de las varillas de refuerzo de los dados de cimentación, pues este puede interferir con la trayectoria del anclaje y provocar desviaciones, choques o desplomes del perno de anclaje. Esto se verifica en los planos estructurales de la cimentación. En el planos de localización de anclaje no se muestra ningún tipo de armado de la cimentación, ni nomenclaturas de zapatas o dados.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Existen dos tipos esenciales de apoyo para el desplante de columnas el empotrado y el articulado, y se da esto físicamente en la obra de acuerdo al acomodo de las anclas:

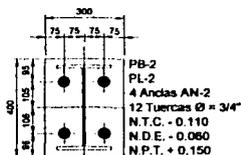
a) Empotrado: es un apoyo fijo en todas direcciones capaz de soportar cargas verticales, horizontales y momentos, y el acomodo de anclas son alrededor de la columna para dar el brazo de palanca requerido para los momentos actuantes, de acuerdo al detalle 04:

*Detalle 04.- Desplante tipo empotrado*



b) Articulado: es un apoyo fijo capaz de soportar solo cargas verticales, no soporta momentos de ningún tipo, y el acomodo de anclas son casi al centro de los ejes estructurales de acuerdo al detalle 05:

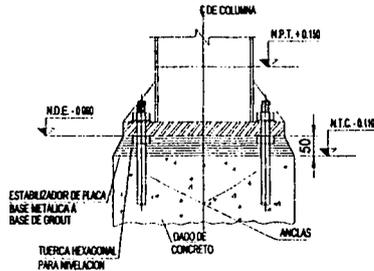
*Detalle 05.- Desplante tipo articulado*



El desplante de la columna metálica debe tener un estabilizador para la placa base para tener una superficie de contacto uniforme entre la estructura y el dado de cimentación, esto con el fin de no tener esfuerzos puntuales por los "bordes" de concreto en la parte superior del dado, además se debe considerar un espacio de 5 cm entre el desplante de la columna metálica y el tope superior del dado de concreto para la nivelación de la columna al momento del montaje (Véase detalle 06).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Detalle 06.- Desplante de columna metálica



### II.3.- Planos de taller

El propietario deberá suministrar completos y a tiempo los planos y especificaciones aprobados de la estructura de acero, de acuerdo con los documentos contractuales.

Antes de iniciar propiamente la fabricación de la estructura metálica, deberán prepararse los planos de taller. Estos deberán contener la información completa para la fabricación de los elementos de la estructura, incluyendo la localización, tipo y tamaño de todos los remaches, tornillos y soldaduras. Se hará la distinción entre sujetadores y soldaduras de taller y de campo. Se elaborarán de acuerdo con las más modernas prácticas y se tendrá en cuenta la rapidez y economía en la fabricación y en el montaje.

Cuando el fabricante de estructura de acero prepare los dibujos de taller deberá someter copias de los mismos al propietario para su revisión y aprobación, considerando que le serán devueltos en un plazo no mayor de 14 días naturales. El propietario devolverá estos planos autorizados o aprobados sujetos a las correcciones anotadas.

El fabricante quedará autorizado para proceder a la fabricación después de corregir los dibujos de acuerdo a las anotaciones y enviar las copias corregidas al propietario.

La aprobación por parte del propietario de los dibujos de taller preparados por el fabricante indica que éste ha interpretado correctamente los planos estructurales y las especificaciones. Con su aprobación el propietario acepta plena responsabilidad por el diseño de conexiones hecho por el fabricante, como parte de la elaboración de los planos de taller.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Esta aprobación no releva al fabricante de su responsabilidad por la exactitud de las dimensiones detalladas en los dibujos de taller, ni por el buen ajuste de las piezas al ensamble en el campo.

A no ser que se estipule otra cosa, al aprobar el propietario con modificaciones los planos de taller o de montaje, autoriza al fabricante de estructura metálica a proceder con la construcción con los cambios anotados.

Cuando el propietario suministre los planos de taller los deberá entregar oportunamente, de modo que permita al fabricante adquirir materiales y fabricar en forma ordenada, de acuerdo con el programa convenido. El propietario deberá preparar, hasta donde sea posible, los planos de taller de acuerdo con las normas y prácticas del fabricante. El propietario será responsable en este caso de que los planos que suministre sean completos y exactos.

No es común en la práctica que el propietario proporcione los planos de taller, porque esto provoca tener personal en el momento de la fabricación dentro del taller, el cual debe resolver las dudas y procedimientos de armado de los elementos. Es más recomendable que la ingeniería de taller se haga con personal del fabricante, ya que éste debe contar con la tecnología de punta para planos de taller, y cuenta con gente especializada en estos trabajos, a lo que el propietario difícilmente montaría un despacho de ingeniería para planos de taller exclusivamente para una obra.

Los planos de taller se deben elaborar una vez que está revisado y estudiado el proyecto estructural por el personal que va a intervenir en estos trabajos. Se deberá llevar una bitácora de trabajo por obra, anotando los cambios que pudiesen existir en el transcurso de la ejecución de los trabajos.

Para la elaboración de planos de taller se cuenta básicamente con dos formas de llevarlos a cabo:

- a) Tradicional o a mano.- Con gente especializada en estructura metálica, que conozca técnicas de fabricación y montaje, la cual deberá imaginarse la obra ya terminada, hacer las partes que componen la edificación de estructura metálica, una por una, haciendo el ensamble, teniendo absoluto control de las dimensiones de perfiles, placas de conexión, gramiles en los perfiles para colocación de tornillos. Esta técnica se basa en el dibujo a mano o en AutoCad de cada uno de los ensambles, es un rompecabezas que se debe ir conformando junto con un plano donde se localizan las piezas dibujadas o detalladas y en el cual se lleve el control de los trabajos de planos de taller. Esta técnica es ideal para obras pequeñas.
- b) Programa electrónico X-Steel<sup>(12)</sup>.- Es un sistema de modelado en 3 dimensiones, el cual tiene la gran ventaja sobre el tradicional que se requieren menos supervisión, es mucho más rápido, seguro y fácil de manejar. En el

<sup>(12)</sup> X-Steel versión 8.0.- Software para planos de taller.

modelo se puede revisar la estructura metálica de cualquier interferencia o choques de metal, como son perfiles, tornillos, etc., que muchas de las veces no se visualiza con la forma tradicional. Se pueden crear diferentes vistas para permitir ver fácilmente el área en la que se está trabajando. Se pueden generar reportes de materiales, tornillos, concentrados de placa y de perfiles por longitudes, planos de montaje y localización de la tornillería. Los concentrados de placa y perfiles permite en el habilitado de los materiales trabajar con el total de la obra, y no por plano, se economiza en costos y tiempo de habilitado. Este programa es ideal para grandes edificios, naves industriales y toda edificación estructurada con estructura metálica.

Un plano de taller debe contener la información necesaria para fabricar un ensamble de una estructura de acero, debe ser un solo plano por marca de embarque, esto es que el plano de taller solo debe contener la información para fabricar un elemento tipo del proyecto. Un plano de taller debe contener lo siguiente:

- a) Pie de plano con la siguiente información:
  - Título del plano (marca del ensamble referenciada a un plano de montaje)
  - Nombre de la obra
  - Nombre del cliente.
  - Número o referencia de la obra
  - Escala del plano
  - Acotación
  - Publicidad de la empresa (opcional)
  - Cuadro de revisiones
- b) Dibujo general de la pieza (llamada marca de embarque) localizando e indicando la marca de cada una de sus partes o ensambles, indicando vistas o cortes y soldaduras.
- c) Despiece de materiales: cortes, barrenado y longitud de caña o perfil principal, dibujo de cada una de las placas que intervienen en el ensamble indicando ancho y largo, cortes y barrenado (indicando diámetros) por marca de ensamble.
- d) Cortes y detalles donde se muestran distancias a centros de barrenos y paños de placas o perfiles, soldaduras y marcas de ensamble.
- e) Soldaduras y preparaciones del material de acuerdo al proyecto estructural.
- f) Cuadro o lista de materiales es la parte donde se anotan las partes o marcas del ensamble, indicando lo siguiente:
  - Nombre o marca del ensamble referenciado a un plano de montaje
  - Cantidad de piezas a utilizarse solo para el plano de taller en referencia
  - Tipo de perfil.- placa, IPR, canal, ángulo, etc.
  - Grado del acero (A-36 o A572)
  - Ancho solo para placas
  - Longitud de placas o perfiles

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

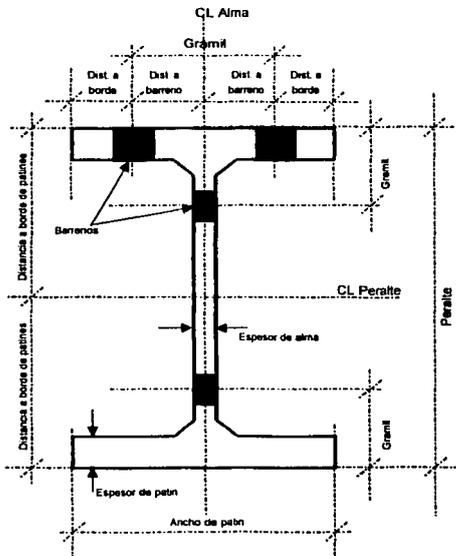
- Peso por metro lineal para perfiles o peso por metro cuadrado para placas
- Peso por pieza.- se obtiene de multiplicar el ancho por la longitud por el peso por metro lineal o metro cuadrado. El ancho para perfiles es la unidad
- Peso total.- se obtiene de multiplicar el peso por pieza por la cantidad

Al final del cuadro de materiales se indica la sumatoria de los pesos totales por marca, afectando con un 3.5% de descalibre de acuerdo a la sección 9.2 Cálculo del peso de la estructura del Código de Prácticas Generales IMCA.

- g) Fecha de emisión y número de revisión del plano de taller.
- h) Iniciales del nombre de la persona responsable de la elaboración del plano así como del responsable del proyecto que tiene la obligación de revisar los planos de taller emitidos para fabricación.

Las acotaciones en los planos de taller deben ser de centros de almas o peraltes de los perfiles laminados a paños del perfil y centros de barrenos, solo se indicarán las cotas más importantes, no es necesario repetir todas las cotas en las vistas que se hagan de la pieza.

*Detalle 7.- Sección transversal de un perfil laminado IPR*



Para la elaboración de un plano de taller de un elemento principal como es una columna, debemos prever lo siguiente:

- a) El dibujo principal deberá contener al menos dos vistas completas del ensamble con todas sus partes en cuestión (véase dibujo principal y corte G-G del plano de columna C-118).
- b) Niveles de desplante y niveles de tope de acero de entrepiso (véase plano de taller de columna C-118).
- c) Se deberá acotar entre niveles de tope de acero de entrepiso para verificar las alturas marcadas en los planos arquitectónicos.
- d) Las cotas parciales deberán estar acompañadas de preferencia en el mismo lado o costado de estas la suma total. El plano deberá tener la longitud total del ensamble, así como el peso unitario por pieza.
- e) Cotas de los grupos de barrenos, placas de continuidad, atiesadores, placas de conexión, etc. con referencia a las líneas de cada nivel (véase corte G-G de plano de columna C-118)
- f) Cortes o vistas específicos por nodo o grupo de barrenos a lo largo de la caña principal (perfil laminado), así como de la placa base (véase corte A-A, C-C y F-F de plano de columna C-118)
- g) Gramiles en columnas de acuerdo a especificación del IMCA, acotado del centro del alma a centro de barrenos (véase corte C-C y corte F-F de plano C-118).
- h) Distancias de centro de barrenos a centro de grupos de barrenos de placa de conexión (véase corte C-C y corte F-F de plano C-118).
- i) Los diámetros de barrenos deberán tener la holgura suficiente para la instalación de los tornillos de montaje, esta holgura deberá ser de 1/16" (1.6mm), pero en la práctica debe ser de 1/8" (3mm). Para barrenos de placas base para asentar sobre anclajes de cimentación deberá tener una holgura de 1/4" (6mm).

Tabla 09.- Tamaño máximo (a) de agujeros para sujetadores, en mm<sup>(13)</sup>

Diámetro nominal del sujetador, d	Diámetro de agujero estándar	Diámetro de agujero sobre-dimensionado	Dimensiones de agujero alargado corto (a)	Dimensiones de agujero alargado largo (a)
≤ 22	d + 1.6	d + 5	(d + 1.6) x (d + 6)	(d + 1.6) x 2.5d
25	27	32	27 X 33	27 X 64
≥ 29	d + 1.6	d + 8	(d + 1.6) x (d + 10)	(d + 1.6) x 2.5d

(a) Los tamaños son nominales  
 (b) No se permiten para uniones remachadas.

- j) Debe indicarse los cortes que se le harán a las placas de continuidad, de conexión o atiesadores (véase placas px-149 o px-151 del plano C-118).
- k) Además se debe trabajar en el plano toda la información necesaria, como son el pie de plano, soldaduras, lista de materiales, etc.

<sup>(13)</sup> Manual IMCA.- Sección 1.23 Fabricación, Tabla 1.23.4, página 190.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

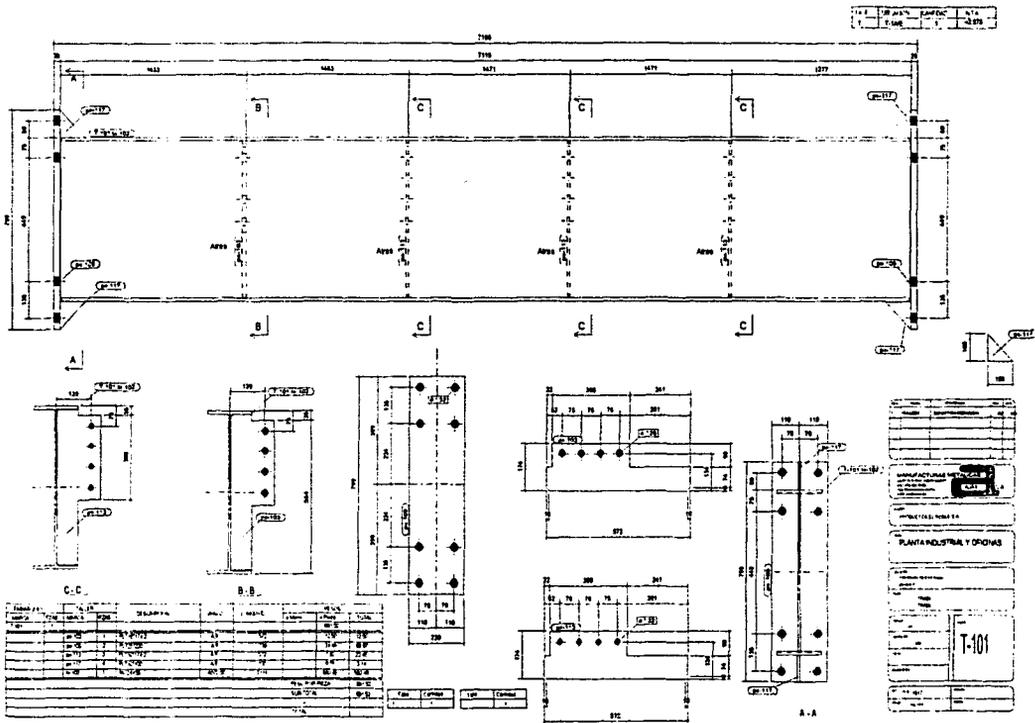


Un plano de taller de un elemento principal como es una trabe, debe contener lo siguiente:

- a) El dibujo principal deberá contener la vista completa del ensamble con todas sus partes en cuestión (véase dibujo principal del plano de trabe T-101).
- b) Se deberán acotar las distancias parciales que ubican las placas de conexión u otros elementos del ensamble, además de la longitud total de la caña y como cota principal la distancia total del ensamble, que debe ser la suma total de las cotas parciales. Deberá indicarse el peso unitario por pieza (véase parte superior del dibujo principal del plano T-101).
- c) Cotas de los grupos de barrenos, placas de continuidad, atiesadores, placas de conexión, etc. con referencia a los niveles de tope de acero, que en este caso es la parte superior del patín (véase corte A-A, B-B y C-C de plano de trabe T-101).
- d) Cortes o vistas específicos por diferente tipo de unión, ya sea una conexión a cortante (vista B-B o C-C) o a momento (corte A-A). Estas vistas además de mostrarnos la posición con respecto al nivel de tope de acero (patín superior de la trabe) nos muestran el lado donde se ubican las placas de cortante. Las placas de cortante px-103 y px-113 se muestran punteadas, pero además se indica con un texto que se ubican por la parte de atrás.
- e) Los gramiles la placa de conexión a momento en "end-plate" son de acuerdo a el perfil donde llegará a conectarse en este caso en una columna, que deberá tener las mismas perforaciones para recibir esta trabe (véase que siempre se hace referencia al nivel superior del patín de la trabe corte A-A plano T-101).
- f) Distancias de centro de alma de caña principal a centro de grupos de barrenos de placa de conexión, así como la distancia del centro del primer barreno al nivel superior de tope de acero, esto es con el fin de que cuando se detalle o se haga el plano de taller de la trabe secundaria que llega a conectarse a esta placa se tome de referencia la distancia entre los ejes de las trabes principales (ejes de alma de perfiles) y descontarse estas distancias (en este caso sería la distancia de 139 mm de los cortes B-B y C-C del plano T-101) para obtener la cota entre grupos de barrenos de la trabe secundaria.
- g) Los diámetros de barrenos deberán tener la holgura suficiente para la instalación de los tornillos de montaje, esta holgura deberá ser de 1/16" (1.6mm), pero en la práctica debe ser de 1/8" (3mm). Para barrenos de placas base para asentar sobre anclajes de cimentación deberá tener una holgura de 1/4" (6mm).
- h) Debe indicarse los cortes que se le harán a las placas de continuidad, de conexión o atiesadores (véase placas px-103 o px-113 del plano T-101).
- i) Además se debe trabajar en el plano toda la información necesaria, como son el pie de plano, soldaduras, lista de materiales, etc

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**



Plano de taller de trabe T-101 generada con programa X-Steel.

## **II.4.- Planos de montaje, elevaciones y detalles**

Los planos de montaje son las plantas, elevaciones y detalles en los cuales se localizan las marcas de ensambles fabricadas en taller, previamente determinadas por el personal encargado de la ingeniería de taller. Mostrando además todas las marcas de la estructura metálica a montar o ensamblar.

Los planos de montaje al igual que los de fabricación deberán ser aprobados por el cliente o por la parte arquitectónica, en los cuales deberá mostrarse la geometría básica de la estructura metálica a escala en planta y cortes, para verificar que esté de acuerdo a las necesidades del cliente, los cuales habrá que sobreponer en los planos arquitectónicos para verificar que la estructura metálica no rebase los paños de la construcción, así como las alturas especificadas en proyecto, además de revisar cualquier posible interferencia en huecos, puertas o ventanas. Una vez enviada la información al cliente para aprobación, considerando que le serán devueltos en un plazo no mayor de 14 días naturales, el propietario devolverá estos planos autorizados o con las correcciones conciliadas por ambas partes.

Los planos de montaje se generan desde el momento que se están detallando o haciendo los planos de taller de la obra, pues al momento de dibujar un ensamble deberá ubicarse en una planta o elevación, para posteriormente hacer los detalles de montaje.

Los planos de montaje deberán contener la suficiente información para que el personal que llevará a cabo los trabajos de ensamble de la obra cuente con todos los elementos para ejecutar un montaje seguro y de calidad, que los planos no sean motivo de confusiones y malas interpretaciones que nos lleven a tener una estructura mal montada, insegura y que posteriormente nos generen trabajos de reparación y costos no contemplados.

Los planos de montaje al igual que un plano de proyecto deberá contener las siguientes partes:

- a) Pie de plano con todos los datos antes mencionados
- b) Ejes de centros y niveles de estructura metálica
- c) Acotación de la ubicación de los elementos a montar, distancias parciales y totales en las plantas o elevaciones donde se este haciendo referencia a las marcas de ensamble (también conocidas como marcas de embarque)
- d) Marcas de embarque de todos los elementos dibujados en planta y en elevación
- e) Notas y especificaciones de montaje

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- f) Especificación de huecos en estructura metálica para paso de ductos, escaleras, puertas, etc.
- g) Ejes de colindancia y paños de estructura metálica
- h) Cortes parciales y por eje de estructura metálica
- i) Cotas y distancias mínimas en alturas libres, huecos y espacios libres

Los planos de montaje deberán tener un orden, iniciando con una planta de localización de columnas, después de localización de traveses principales y posteriormente de todos los elementos secundarios.

El plano de montaje número 1518-01M (se determinó esta nomenclatura de acuerdo a la orden de trabajo que es la 1518, el 01M indica que es el plano número 1 de montaje) es una planta de localización de columnas de acuerdo a las marcas de embarque que se eligieron al momento de hacer el plano de taller, en este plano se ubican las columnas a centros de ejes estructurales, no se indican paños, estos se delimitan en una planta de cubierta, donde se reflejan casi todos los elementos que intervienen.

Para determinar la marca de embarque de las piezas que van a formar parte de la estructura metálica, se toman las siguientes consideraciones:

1.- Se asigna la abreviación o la primera letra del elemento, con un número progresivo de acuerdo a las cantidades o tipos de elementos obtenidos de los planos de taller. Este orden progresivo se da de acuerdo a la ubicación de la pieza dentro del plano de montaje, esto es que debemos tomar un orden de abajo hacia arriba (por ejemplo un edificio), o por ejes (en una nave o una estructura con un área grande). Se ocupan las siguientes letras para determinar las nomenclaturas para marcas de ensamble:

- Letra C para columnas principales, para edificios muchas veces se ocupa como C1-, C2-, C3-, etc. para indicar el tramo de columna en un edificio o si se está trabajando en un complejo muy grande se puede manejar de esta forma para indicar específicamente una zona. Se puede nombrar también: CP (columna principal), CE (columna de entrepiso), etc.
- Letra T para traveses principales, de la misma forma que las columnas se puede manejar un número o letra adicional para indicar un tramo o una zona de la obra. Puede ser también TP (trabe principal), TE (trabe de entrepiso), TC (trabe de cubierta) TV (trabe de volado).
- Letras TS para traveses secundarios o también como LE largueros de entrepiso.
- Letras CV para indicar contravientos de estructura metálica.
- Letras CF para contraflameos de largueros de cubiertas de naves industriales. Puede ser también CFM (contraflameo de muro).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Letra R para riostras para dar sujeción lateral a los patines a tensión de traveses o columnas metálicas.
- Letra L para largueros de cubiertas de naves industriales. Puede ser también LM (largueros de muro).
- Letras ST para largueros dobles en cajón comúnmente llamados strut.
- Letra P para postes secundarios o intermedios.
- Letra A para ángulos de remate o apoyo.

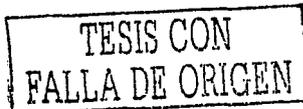
2.- Para partes específicas se asigna una abreviación un poco más específica, como por ejemplo una marca de embarque de una base para soporte de algún equipo sería BASE-01, o alguna estructura ensamblada desde taller, dependiendo de su utilidad sería asignarle la marca. Para marcas en armaduras de estructura metálica debe determinarse de acuerdo a la zona donde se montará. Para alfardas de escaleras, barandales, placas sueltas de conexión, etc. deberá ser de acuerdo a la zona y nivel en específico que se le pueda asignar su marca de embarque.

3.- También depende mucho de la experiencia o forma de trabajar del personal asignado al proyecto de ingeniería de taller para la utilización de marcas, pues muchas de las veces en lugar de marcas de ensamble se utilizan códigos o números.

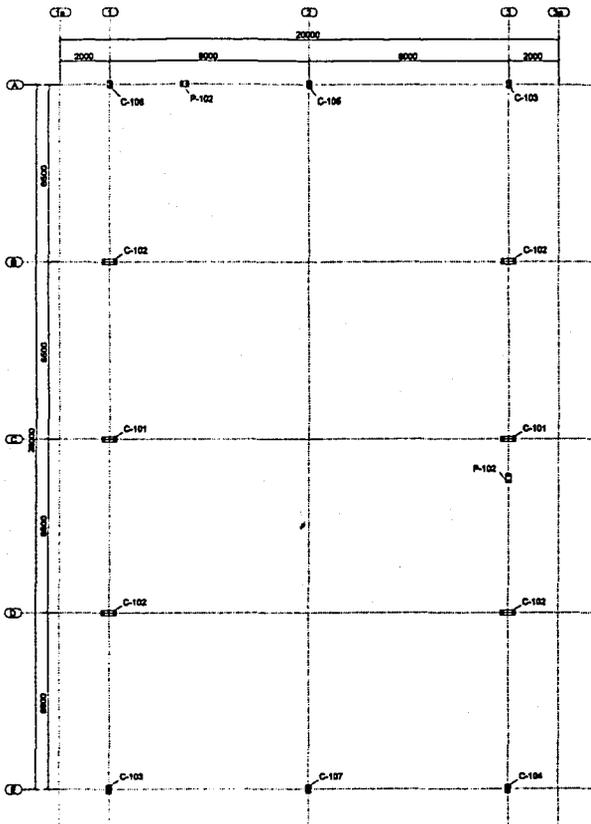
Los planos de montaje se deberán generar por partes para no hacer en una sola planta una acumulación de marcas que no se puedan distinguir, vimos que en el plano 1518-01M solo se ubicaron la localización de las columnas. En el plano 1518-02M solo se indica la localización de traveses principales de los marcos que estructuran la nave industrial, acompañado de los elementos que llegan a estos a nivel bajo o intermedio de las traveses, que son las riostras y contravientos, cada uno con su marca de embarque. Posteriormente se genera el plano de cubierta que es la localización de los elementos que están por encima de las traveses del marco metálico, estos son los largueros, struts, contraflameos y ángulos de remate.

En planos de montaje por lo regular se debe anexar una tabla de contraflameos y contravientos, por marca, cantidad y longitud, pues el marcado en taller de estos accesorios muchas de las veces es complicado por ser secciones o perfiles pequeños y no se puede marcar, con esta tabla el montador las ubica por la longitud del elemento.

Las elevaciones en el proyecto de planos de montaje es fundamental, pues en estas se muestran las alturas mínimas del proyecto, pendientes de la estructura, niveles de elementos de soporte de muros, ubicación de vanos para puertas, localización de largueros, contraflameos y contravientos de muros, en el plano 1518-04M se muestran los detalles antes citados, esta elevación es por eje y a la vez para fachada. Se relacionan también con estos los planos de las 3 fachadas que componen la nave industrial, indicando en cada uno las marcas de sus componentes.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



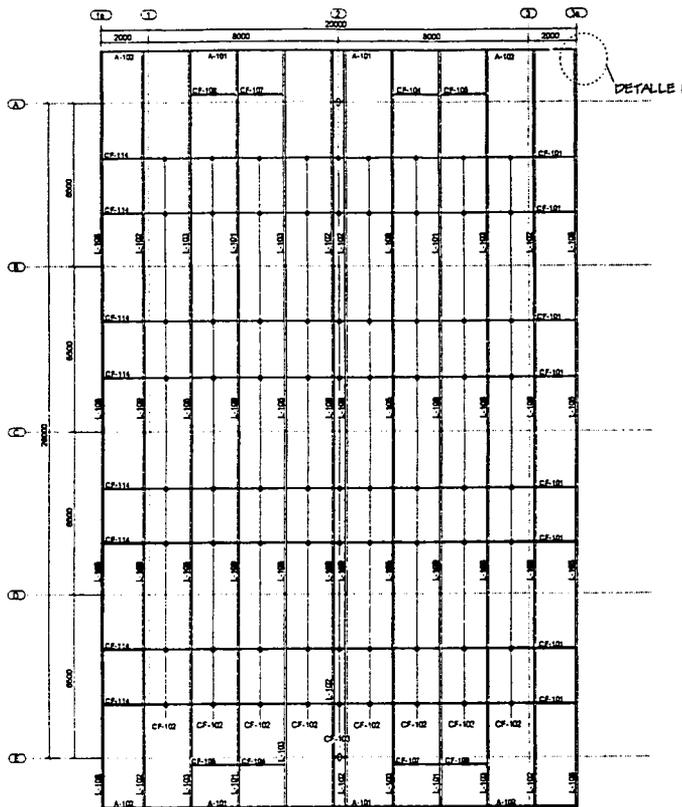
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE COLUMNAS.

NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO
MANUFACTURER: <b>CONCRETE</b> PRODUCT: <b>CONCRETE</b> BRAND: <b>CONCRETE</b>				
CEMENT Y RELOS BLANOS				
MAKE				
PLANTA DE LOC. DE COLUMNAS				
NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO
1518-01M		02.10.19		

Plano 1518-01M Plano de montaje de planta de localización de columnas.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



PLANTA DE CUBIERTA

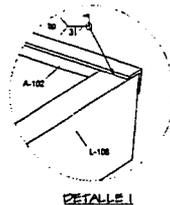


TABLA DE CONTRAFLAMBEOS

MARCA	CANTIDAD	LONGITUD
CF-101	8	1742
CF-102	64	1998
CF-103	8	825
CF-104	2	1998
CF-105	2	1998
CF-106	2	1998
CF-107	2	1998
CF-114	8	1742

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD

INGENIERIA DE PROYECTOS  
 INGENIERIA DE ESTRUCTURAS  
 INGENIERIA DE FUNDACIONES  
 INGENIERIA DE MATERIAS PLASTICAS  
 INGENIERIA DE METALURGIA  
 INGENIERIA DE SISTEMAS  
 INGENIERIA DE TRANSPORTES  
 INGENIERIA DE VEHICULOS  
 INGENIERIA DE VIALIDAD  
 INGENIERIA DE ZONIFICACION URBANA  
**CONEXION SA**

CANTAS Y TELAS ELASTICAS

NAVE

PLANTA DE CUBIERTA

PLANTA DE CUBIERTA

PROYECTO: **1518-03M**  
 FECHA:   
 ESCALA:   
 AUTORIZADO:   
 DISEÑADO:   
 ELABORADO:

N° D.T. 1028   
 NOMBRE:   
 DISEÑADO:   
 ELABORADO:









## 11.5.- Planos de tornillería

Los planos de tornillería son para localizar el tipo de tornillo para una conexión específica, estos planos se pueden representar con marcas o directamente con la especificación del tornillo.

Los diámetros más comerciales de los principales tornillos A325 y A490 de alta resistencia son: 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1", 1 1/8", 1-1/4" 1 3/8" y 1-1/2". Las principales diferencias geométricas entre los tornillos estructurales y los tornillos de máquina son el tamaño de la cabeza y la longitud de la rosca. Los tornillos estructurales tienen la cabeza y la tuerca del mismo tamaño, para permitir al montador usar un solo tamaño de llave para ambos lados. Los tornillos estructurales tienen la rosca más corta que los tornillos de máquina. El hacer más largo el cuerpo del tornillo permite excluir las roscas de todos los planos de corte, excepto en el caso de partes exteriores de poco espesor debajo de la tuerca. Dependiendo de los incrementos entre longitudes estándar, la rosca puede quedar dentro del agarre hasta 10 mm para tornillos de 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1-1/4" y 1-1/2" de diámetro, y hasta 13 mm, para tornillos de 1", 1 1/8" y 1 3/8" de diámetro. Es admisible que algunos hilos de la terminación de la rosca queden dentro del plano de corte. Tanto o más importante que esto es el asegurarse de disponer de suficiente longitud de rosca, para que la tuerca pueda apretarse sin atascarse en la terminación de la rosca. Cuando el espesor de la capa exterior de la junta es menor de lo que los hilos de la rosca pueden quedarse dentro del agarre, como antes se indica, puede ser necesario pasar a la siguiente longitud estándar de tornillo y usar arandelas planas para lograr apretar la tuerca sin atascarla en el cuerpo.

Las especificaciones ASTM admiten roscas corridas en los tornillos cuando su relación longitud / diámetro es 4 o menos. En estos casos los tornillos llevan la marca A325T.

Para determinar la longitud necesaria de los tornillos, en la siguiente tabla se muestra el largo que debe agregarse al agarre (espesor total de los materiales conectados sin

*Tabla 10.- Incrementos al espesor de materiales conectados (agarre) para determinar la longitud de tornillos<sup>(14)</sup>*

Tamaño nominal del tornillo		Incremento de agarre para determinar la longitud del tornillo.	
mm	pulg.	mm	pulg.
13	1/2	17	11/16
16	5/8	22	7/8
19	3/4	25	1
22	7/8	28	1 1/8
25	1	32	1 1/4
28	1 1/8	38	1 1/2
32	1 1/4	41	1 5/8
35	1 3/8	44	1 3/4
38	1 1/2	47	1 7/8

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>(14)</sup> Manual IMCA Volumen 2.- Sección C2 Tornillos, Tabla C2, página 188.

incluir arandelas). Por cada arandela plana endurecida que se use, deben agregarse 4 mm y por cada arandela biselada, 8 mm. Los valores tabulados incluyen un margen para las tolerancias de fabricación y que para que al instalarse, quede el extremo del tornillo cuando menos al ras de la cara de la tuerca estructural pesada. La longitud del tornillo determinada se debe redondear al largo comercial inmediato superior.

Las especificaciones ASTM A325 y A490 incluyen tres tipos (según su clasificación metalúrgica) de tornillos estructurales de alta resistencia, que se suministran en tamaños de 13 mm a 38 mm inclusive, excepto el A490 tipo 2, que solamente llega a 25 mm de diámetro.

Tipo 1. acero al carbono para tornillos A325 y acero de aleación para tornillos A490

Tipo 2. Acero martensítico al bajo carbono para tornillos A325 y A490.

Tipo 3. Tornillos resistentes a la corrosión atmosférica.

Cuando el comprador no estipula el tipo de tornillo, el fabricante, a su elección, puede surtir cualquiera de los tres tipos. Deberá tenerse en cuenta el requisito de ASTM A325, respecto a los tornillos sujetos a altas temperaturas, sólo deben emplearse los de tipo 1. Esto se debe a que los aceros del tipo 2 pueden perder sus características al elevarse la temperatura.

Las tuercas hexagonales al ser usadas con tornillos A325 pueden fabricarse con apego a las normas ASTM A194 para grados 2 ó 2H, o según las normas ASTM A563 para grados C, G3, D, DH ó DH3, excepto que las tuercas que serán galvanizadas para uso con tornillos galvanizados, deberán ser tuercas endurecidas que cumplan con los requisitos para 2H, DH ó DH3.

Las tuercas hexagonales a ser usadas con tornillos A490 pueden fabricarse siguiendo ASTM A194 para grado 2H o siguiendo ASTM A563 para grados DH ó DH3.

La función principal de las arandelas (comúnmente se conocen como rondanas) es la de permitir que el elemento que gira durante el apretado de los tornillos, se deslice sobre una superficie endurecida indeformable, al instalarse la tornillería mediante un procedimiento que depende del control del par de apretado. Las arandelas endurecidas circulares, que cumplen con las especificaciones ASTM A436, proporcionan una superficie de apoyo de 45 a 55 por ciento mayor que la de la cabeza hexagonal de los tornillos estructurales o de su tuerca.

Las identificaciones ASTM requieren que los tornillos hexagonales estructurales de alta resistencia y sus tuercas tengan marcas de identificación, de las cuales algunas son obligatorias.

En el plano 1518-01T se muestra la cantidad de tuercas a utilizarse por desplante, vemos en todos los casos que tenemos 4 anclas por columna y se indican 8 tuercas, esto es

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

porque cada columna para su desplante requiere 4 tuercas niveladoras para dar el nivel de desplante del acero al milímetro.

En el plano 1518-02T en las uniones de las traves principales en la cumbrera nos indica la cantidad, el diámetro y longitud del tornillo a utilizar. En el plano 1518-03T planta de cubierta la conexión es típica e indicar toda la tornillería confundiría al instalador de estos, por lo que en una tabla en la parte superior derecha del plano se indican las conexiones típicas.

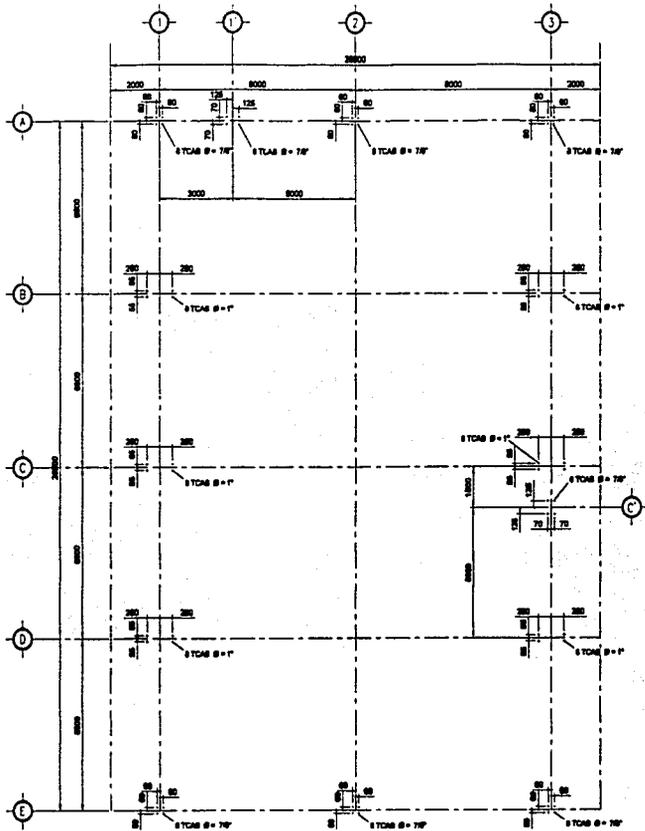
En las cuatro fachadas, de la misma forma que la cubierta, las conexiones típicas de los largueros solo se indican en una tabla para no saturar el dibujo con marcas, solo se indican las conexiones de las traves (véase planos 1518-04T al 1518-07T)

Los planos de tornillería deben acompañarse de detalles para cualquier zona que presente dudas o que sea muy compleja. Nunca por ningún motivo se debe enviar a obra solo los planos de montaje sin los de tornillería, porque esto provoca que el montador o instalador de los tornillos de conexión suponga las longitudes, y muchas de las veces se ocupan longitudes más grandes donde no se requieren, pero sirven, y cuando se requiere este tornillo en su conexión original ya queda corto y fuera de tolerancia, lo que lleva a cambiar tornillería y por consiguiente gastos por estos errores.

Los planos de instalación de tornillos deben especificar todas las conexiones atornilladas en campo, y si se requiriese alguna soldadura de campo, se tendrá que especificar en los planos de montaje de la zona donde se aplicarán.

Cuando existe un empalme de columnas atornillado en campo debe mostrarse cada una de las conexiones en las elevaciones por nivel, indicando también las marcas de las placas de conexión (ya que estas llegan a obra de forma independiente) y los tornillos a utilizar. Cuando se requieren lanas o placas de relleno deberá considerarse este incremento de longitud de los tornillos e indicarse estos elementos en los detalles de conexión.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ANCLAJES**

*Plano 1518-01T Plano de tornillería planta de localización de anclajes.*

NO.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID.
1	1518-01T	1	PLANO

**INDUSTRIAS ELÁSTICAS**  
 S.A.  
 CARRANZA, GUAYMAS, S.L.  
 CARRANZA, GUAYMAS, S.L.  
 CARRANZA, GUAYMAS, S.L.  
 CARRANZA, GUAYMAS, S.L.

**CINTAS Y TELAS ELÁSTICAS**

**NAVE**

**VALLEJO, MENCÓDIF**

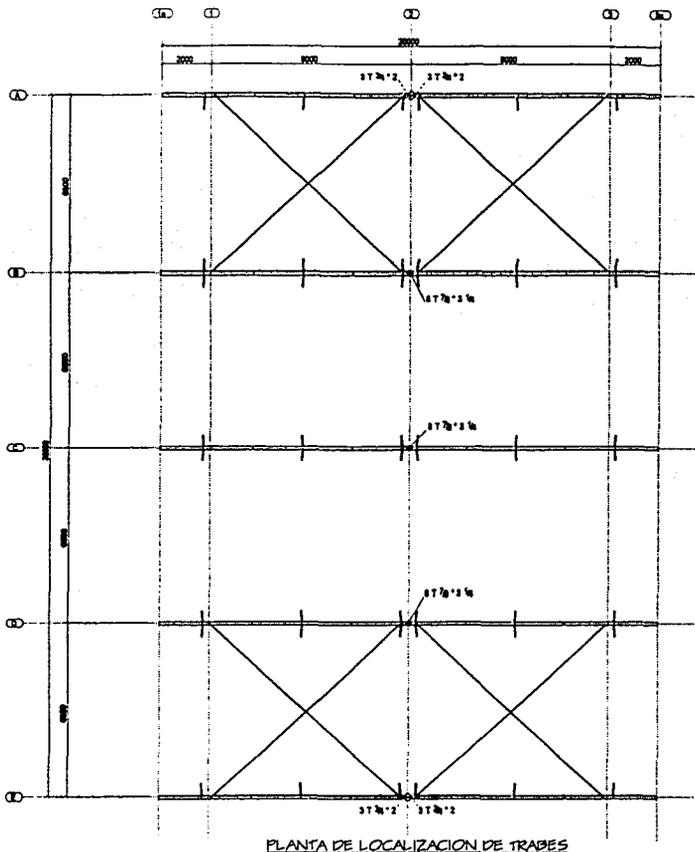
**PLANTA DE LOC DE ANCLAJES (TORNILLERÍA)**

Nº: 9.128  
 Fecha: 07-08-2002  
 Modificación:

1518-01T

Nº: 1218  
 Modificación:

INCL. J.G.T.M.  
 Modificación:



PLANTA DE LOCALIZACION DE TRABES

TABLA DE TORNILLERIA			
CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	DESCRIPCION
2	7/8"	---	TCA DICONTRAVIENTO
2	1/2"	1 1/2"	TORN PIRIOSTRA

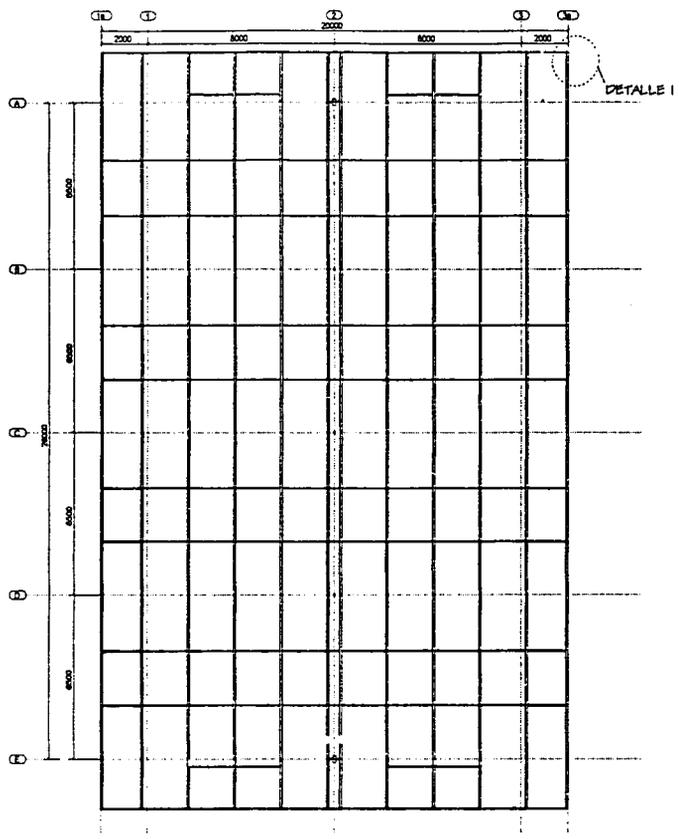
DESCRIPCION			
CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	
2	1/2"	1 1/2"	
3	3/4"	2"	

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

NO.	FECHA	PROYECTO	NO. DE
<b>PROYECTO DE INGENIERIA</b> <b>PLANTA DE LOCALIZACION DE TRABES</b>			
CORTES Y Vistas EN UNAS			
NOMBRE			
NOMBRE DE LA EMPRESA			
PLAZA DE LA EMPRESA			
PLAZA DE LA EMPRESA			
NO.	FECHA	PROYECTO	NO. DE
1518-02T			NO.

Plano 1518-02T Plano de tornilleria de planta de localización de trabes.

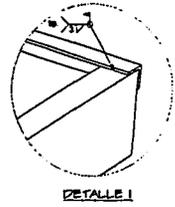
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



PLANTA DE CUBIERTA

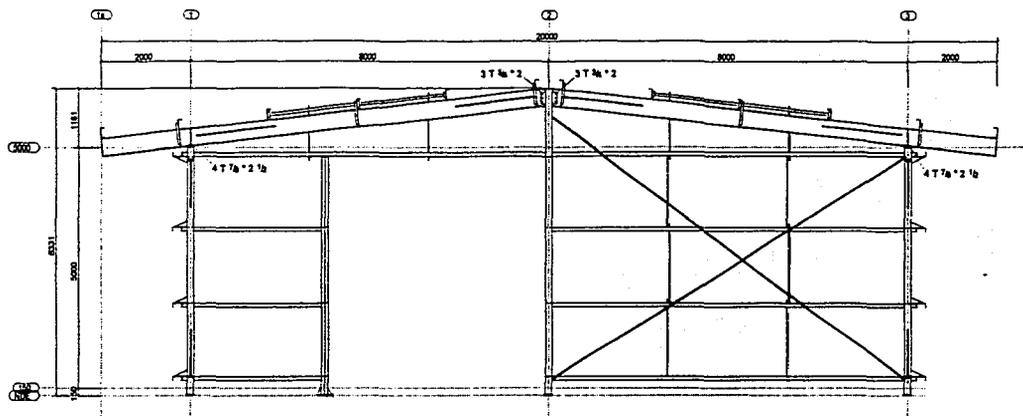
TABLA DE TORNILLERIA

CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	DESCRIPCION
2	1/2"	1 1/2"	TORN PILARGJERO
4	1/2"	---	TCA PICONTRAF



PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA
<b>MANUFACTURAS Y MARCAS</b> TORNILLERIA: TCA CINTAS Y FIBRAS ELASTICAS:			
NAVE			
PLANTA DE CUBIERTA			
TORNILLERIA:			
N° 1518-03T		1518-03T	
AÑO 1988			

Plano 1518-03T Plano de tornilleria de planta de cubierta.



ELEVACION E.E.A

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION		
CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD
4	7/8"	2 1/2"
3	3/4"	2"

TABLA DE TORNILLERIA			
CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	DESCRIPCION
2	1/2"	1 1/2"	TORN PILARGUERO
4	1/2"	---	TCA PCONTRAF
2	1"	---	TCA PCONTRAVIENTO

NO.	DESCRIPCION	UNID.	VALOR
1			
2			
3			



OTROS + REVISIONES

NAVE

...

...

...

...

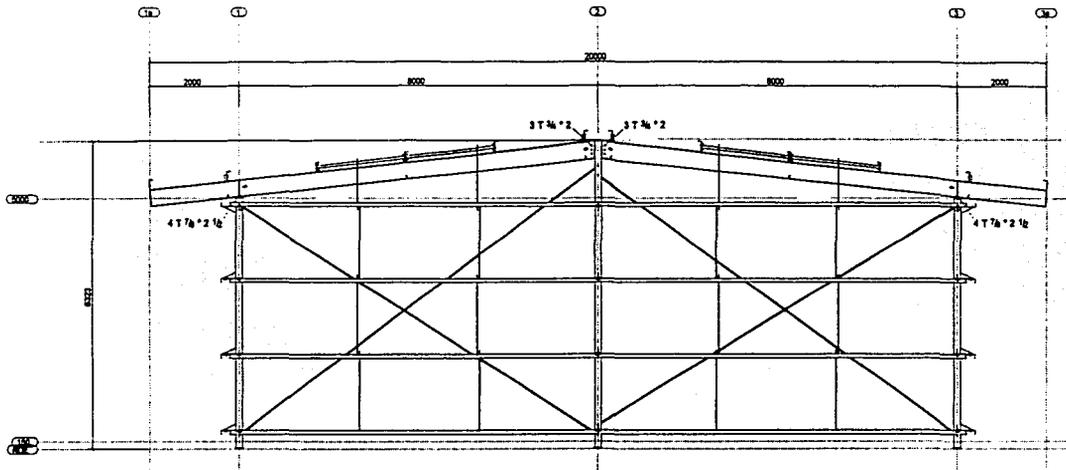
...

...

...

...

1518-04T



ELEVACION EJE E

NO.	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.

INDUSTRIAL S.A.  
 CARRERAS 1000, S/N  
 SAN JOSÉ, C.R.

CLIENTE Y TELAS ELÉCTRICAS

NOME

Subordinado a:  
 Oficina No. 1

1518-05T

DESCRIPCIÓN		
CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD
4	7/8"	2 1/2"
3	3/4"	2"

TABLA DE TORNILLERÍA			
CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	DESCRIPCIÓN
2	1/2"	1 1/2"	TORN PILARGUERO
4	1/2"	---	TCA PCONTRAF
2	1"	---	TCA PCONTRAVIENTO

01 000

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN





## **Capítulo III.- Fabricación**

### **III.1.- Estrategia y programas de fabricación**

La fabricación de la estructura metálica deberá planearse de acuerdo al avance o entregas por parte de la obra civil de la cimentación para recibir la estructura y también por los avances de montaje una vez iniciado. Esta coordinación se deberá manejar internamente, de acuerdo a juntas diarias de trabajo entre el jefe de proyecto, ingeniería de taller (jefe de ingeniería) y el personal de producción (jefe de taller).

Se deberán prever en las juntas de trabajo las necesidades del personal de campo y de taller, esto es que en campo deberán visualizarse los espacios para almacenaje del material antes de montar, pues no se puede saturar al montador con estructura metálica e impedir su libre tránsito o movimientos de grúa y personal, o para la obra civil entorpecer sus trabajos por una mala elección de meter en destiempo la fabricación de cierta zona o incluso de la totalidad de la obra que posteriormente nos ocasione movimientos de material en el transcurso de la obra. Para taller de igual forma no se puede tener almacenado material ya terminado, pues esto genera tiempos en movimientos de grúas viajeras y de personal, además de parar una línea de producción.

No solamente se deben contemplar los avances de obra y de montaje, sino también la llegada del material a la planta donde se fabricará el ensamble. Se debe conocer la localización del material, ya sea si está almacenado en el taller o si está en camino (en barco, trailer o ferrocarril). El productor del acero tiene la obligación de informar el estado en que se encuentran los materiales del pedido del fabricante.

En la logística de el proceso de fabricación de una obra se deberán contemplar los contratiempos que pudiesen surgir en el transcurso de la elaboración de planos de taller o de la propia fabricación por problemas externos e internos (climatológicos, laborales, etc.), y del cliente (licencias, permisos, impuntualidad en pagos, etc.). La línea de producción deberá seguir a pesar de haber cambios, no con la obra afectada, sino con la siguiente obra en el programa de fabricación, este proceso deberá contemplarse desde la gerencia general y de la ingeniería de taller.

Un taller de estructura metálica hoy en día no debe depender solo de una obra, ya que constantemente hay cambios en campo y en proyecto, siempre se debe pensar en la siguiente obra, para esto la contratación debe ser constante, pero nunca es seguro el nivel de trabajo, por lo que se debe balancear la mano de obra con las obras contratadas.

El balance de las obras contratadas con la fuerza de trabajo del personal de taller y de montaje se debe hacer conociendo el volumen de tonelaje de estructura metálica que genera el personal que actualmente está trabajando en taller, y visualizar el volumen que se tiene contratado y el posible por contratar en al menos las próximas tres semanas. En base a esto se tiene que decidir la baja o contratación de personal para planta y para obra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

De igual forma la ingeniería de planos de taller debe estar balanceada de acuerdo a un programa de fabricación, pues no se puede iniciar una obra si no se cuenta con todo el proyecto de ingeniería de planos de taller terminado, pues los cambios cuestan mucho, no solo es cambiar planos, muchas de las veces el material está en un proceso de fabricación muy avanzado, además que de acuerdo a la cantidad y tipo de cambios en la estructura genera un aumento en el porcentaje de error en la elaboración de planos y fabricación de la estructura metálica.

*Fotografía 1.- Vista de un taller de estructuras metálicas*



El sacar de fabricación una obra genera costos por movimientos de grúa (para poder regresar un ensamble al lugar donde se tiene que modificar la pieza), almacenamiento de estructura metálica terminada de la obra suspendida, pero sobre todo la afectación a la logística de fabricación, que debe modificar agresivamente el programa de fabricación y entrega de materiales a otras obras que posiblemente no estén preparadas para recibirlos.

Los programas de fabricación se deben de hacer de manera plurilateral con los responsables de departamento de acuerdo a su fuerza de trabajo, y de los compromisos contraídos por la empresa. Este programa deberá indicar las zonas o tramos a fabricar, debe existir una lista general de las piezas a fabricar por obra ubicadas estas por zona, cada una de estas se debe analizar de acuerdo a los procesos de fabricación que tendrá, la lista de ensambles deberá ser por obra y contendrá para poder llevar un control de fabricación y embarques a obra lo siguiente:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1. Datos generales de la obra
2. Número de revisión
3. Fecha de elaboración
4. Marca del ensamble.- de acuerdo a planos de taller y de montaje
5. Cantidad.- Número de piezas por zona o total de obra
6. Tipo de perfil
7. Tipo o grado del acero
8. Longitud.- largo total del ensamble para programar el tipo de transporte para enviar a la obra
9. Peso unitario del ensamble.- es útil para poder calcular el peso por embarque (un trailer debe cargarse en un orden de 25 a 30 ton. de estructura metálica). Además para tener el control del tonelaje que sale del taller de acuerdo al número de embarques que se envían a obra
10. Peso total.- peso unitario por la cantidad del ensamble
11. Número de revisión del plano con el que se fabricará el ensamble
12. Identificación de las piezas que llevan armado y de las que pasan después habilitadas directamente a limpieza y pintura (por ejemplo las traveses secundarias que solo tienen barrenos en el alma de la viga)
13. Una columna para observaciones
14. Algunas veces se deben manejar estas listas con un orden de fabricación

La estrategia de fabricación de la estructura metálica debe ser considerada de acuerdo a los puntos comentados anteriormente, pero sobre todo a favor de la empresa fabricante. El avance de la fabricación de la estructura de la obra lo da el cliente, pero no el orden, mientras esté al corriente con los pagos. También es importante el avance de obra civil.

Los programas de fabricación deberán ser por mucho cada semana, diario se deben programar los embarques a obra, para esto se deberá contar con la coordinación del residente de obra civil y del montador en obra mediante comunicación telefónica o actualmente con radios nextel.

Los programas de fabricación deberán ser con barras y tendrán que llevar conjuntamente el programa de planos de taller y de montaje de la estructura metálica. El avance del programa deberá verse en las juntas de trabajo, indicando los embarques de material a obra con el tonelaje programado, para que al fin de semana se tenga el cálculo del peso embarcado por obra y el total. Este peso calculado es el parámetro de balance para determinar la cantidad de personal que debe estar contratado por la empresa para ésta cumplir con los compromisos contraídos.

Los elementos que serán empotrados en concreto o muros como son anclas de cimentación, placas de conexión, etc. deberán programarse a tiempo para estar disponibles cuando sea necesario. La obra civil deberá dar tiempo suficiente al fabricante para que produzca y envíe estos materiales antes de que sean requeridos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **III.2.- Selección del material**

De acuerdo con la norma NOM-B-252, el proveedor de aceros de alta resistencia y de aceros sujetos a especificaciones especiales deberá poner la marca de identificación a sus materiales laminados antes de entregarlos al taller del fabricante o de la obra.

Cuando los materiales laminados carezcan de la marca de identificación del proveedor, no deberán usarse hasta su plena identificación mediante los ensayos que a continuación se mencionan:

- Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 29.5 kg/mm<sup>2</sup> y con un espesor máximo de 12.7 mm. NOM-B-99-1971 (ASTM A529).
- Tubos de acero, con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente, NOM-B-177-1983 (ASTM A53).
- Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura de sección circular o de otras formas, NOM-B-199-1984 (ASTM A500).
- Tubos con o sin costura, de acero al carbono, formados en caliente, para usos estructurales, NOM-B-200-1985 (ASTM A501).
- Acero estructural, NOM-B-254-1974 (ASTM A36)
- Lámina de acero de baja aleación y alta resistencia, laminada en caliente y laminada en frío, resistente a la corrosión, NOM-B-227-1981 (ASTM A606).
- Acero estructural de baja aleación y alta resistencia, NOM-B-282-1974 (ASTM A242).
- Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso-vanadio, NOM-B-284-1973 (ASTM A441).
- Lámina de acero al carbono laminada en caliente, para uso estructural, NOM-B-347-1981 (ASTM A570).

Los informes certificados de las pruebas hechas por el productor del acero, o los informes certificados de las pruebas efectuadas por el fabricante o por un laboratorio de ensayos, de acuerdo con NOM-B-252-1974 (ASTM A6) o NOM-B-266-1981 (ASTM A568), según sea aplicable, y con la especificación correspondiente, constituirán evidencia suficiente de conformidad con una de las normas NOM (ASTM) indicadas. Adicionalmente el fabricante, si se le solicita, proporcionará una certificación de que el acero estructural suministrado cumple con los requisitos del grado especificado.

Podrán usarse aceros no identificados, si están libres de imperfecciones superficiales, en partes o detalles de menos importancia, donde el estricto cumplimiento con las propiedades físicas especificadas para acero y su soldabilidad, no afecten la resistencia de la estructura.

Los informes certificados de pruebas constituirán suficiente evidencia de que los materiales cumplen con las normas.

Los ensayos efectuados por la planta de laminación servirán para demostrar que los materiales cumplen con las especificaciones establecidas en los documentos contractuales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las pruebas realizadas por las laminadoras se limitarán a las señaladas por la Norma Oficial Mexicana (NOM) correspondiente, el fabricante solo suministrará el certificado de calidad cuando lo solicite el propietario en los documentos contractuales.

*Fotografía 2.- Almacenamiento e identificación de perfiles*



Quando el material recibido de la laminadora no cumpla con las tolerancias de deformación establecidas en normas, el fabricante podrá corregir las deformaciones mediante la aplicación controlada de calor o procedimientos mecánicos de enderezado. Se deberá efectuar un procedimiento para enderezado por el propio fabricante, cuando los defectos han sido descubiertos después de entregado el material por la laminadora.

Durante la fabricación, cada pieza de acero de alta resistencia y de acero con requisitos especiales deberá conservar la etiqueta de identificación del proveedor o fabricante, hasta quedar ensamblada con otros miembros.

Los miembros de acero de alta resistencia y de acero con requisitos especiales no deberán llevar las mismas marcas de ensamble o montaje que los miembros hechos de otros aceros, aun cuando sus dimensiones y detalles sean idénticos.

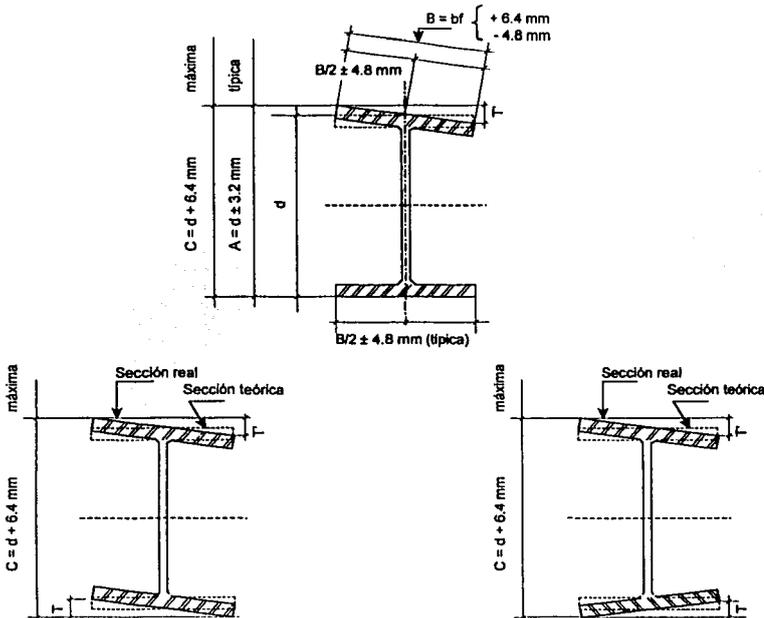
Para que un fabricante pueda usar sus existencias de materiales laminados en las estructuras contratadas, su calidad deberá ser cuando menos igual a la especificada en el contrato.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los certificados de calidad o facturas, de laminadoras o distribuidores, que el fabricante conserva, son prueba suficiente de la calidad de los materiales que éste mantenga en existencia.

Los materiales en existencia que fueron comprados sin establecer sus especificaciones y para los que no existan constancias de calidad, sólo podrán usarse previa autorización del propietario, excepto cuando pueda afectar la estabilidad estructural.

Figura 1.- Tolerancias en dimensiones de la sección de perfiles laminados



T + T': Para secciones de 305 mm y menores: 6.4 mm máx.  
 Para secciones mayores de 305 mm: 7.9 mm máx.

- B = Ancho real del ala.
- A = Altura real en la centro de línea del alma.
- C = Altura real total.
- bf = Ancho teórico del ala.
- d = Altura teórica.
- T y T' = Inclinación del ala.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Las tolerancias dimensionales de laminación están establecidas en la norma NOM-B-252-1988 (ASTM A6). Las variaciones en la geometría de la sección transversal de

perfiles laminados deben ser reconocidas por el ingeniero, fabricante y montador (véase figura 1). Estas tolerancias son indispensables debido a las deformaciones que se producen por el desgaste de los rodillos de laminación, a las distorsiones térmicas de la sección transversal al salir el material del tren de laminación, y a las distorsiones que presentan por el enfriamiento diferencial que tiene lugar en las cambras de enfriamiento. La perfección absoluta de la geometría de la sección transversal no tiene significancia estructural, y si las tolerancias son reconocidas y previstas, tampoco tiene significado arquitectónico. La norma NOM-B-252-1988 (ASTM A6) estipula también las tolerancias para la rectitud y las rectas que son adecuadas para la mayoría de las construcciones comunes, sin embargo, estas características se pueden controlar o corregir a tolerancias más estrictas durante el proceso de fabricación, siempre que las exigencias especiales de un proyecto particular justifiquen el costo adicional por este concepto.

El encargado de la selección del material debe tener identificado el material que existe en la planta o taller de estructuras metálicas, debe estar clasificado por peraltes, peso por metro lineal y longitudes del material, estas estibas deben de ser seguras para que el personal que mueve el material dentro de la planta no corra riesgos. Cuando se recibe el material se acomoda de tal forma que los perfiles que se vayan a ocupar primero estén hasta arriba de la estiba. Esto se logra coordinando el transporte (el material de importación por lo regular llega al valle de México en ferrocarril o a un puerto marítimo) de la última escala al taller, o del distribuidor nacional, de tal forma que primero se cargue en la plataforma del trailer el material que se va a utilizar, que se transporte hasta abajo, para que en la descarga quede arriba.

### III.3.- Habilitado del material

El habilitado del material de estructura metálica es la preparación de todas las marcas o partes (caña principal, placas de conexión, atesadores, cartabones, etc) que componen un ensamble o una marca de embarque.

El habilitado de la caña principal es el corte a la longitud de acuerdo a especificaciones y dibujos de planos de taller, además del barrenado de los patines y/o alma del perfil laminado (en el caso de ser una estructura atomillada) y de contraflechas de proyecto. Las placas y elementos misceláneos deberán cortarse y barrenarse de acuerdo a la geometría contenida en los planos de taller.

Se pueden habilitar los elementos por plano o ensamble, pero es más laborioso y costoso, por lo que el departamento de ingeniería deberá proveer al taller de un juego de croquis de los concentrados de cañas principales y de placas de ensamble, pues en un plano de taller sus componentes se pueden repetir en otros ensambles, por lo que se trabajaría más si se habilita por plano.



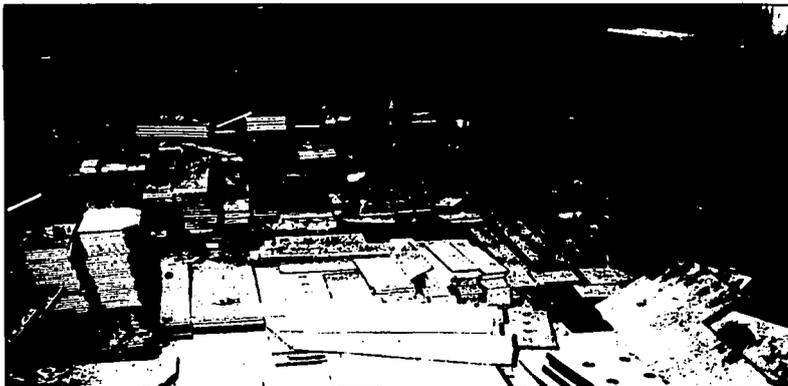
*Fotografía 3.- Máquina para corte de perfiles laminados*



Los concentrados de cañas deberán enviarse a taller junto con las ordenes de compra del material, para que el personal de habilitado ubique el material a ocupar de acuerdo al proveedor que suministrará el material. En los concentrados de cañas sólo se indican los cortes, barrenado, longitud total de la pieza, tipo de perfil a utilizar, marca de ensamble, cantidad y en que marca de embarque se utilizará.

Los concentrados de placas y misceláneos es el resumen por marca de ensamble de toda la obra, estos deberán indicar en que marca de embarque se deberán utilizar.

*Fotografía 4.- Habilitado de concentrado de placas de una obra*



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La marca de ensamble es una parte de la marca de embarque (marca de la pieza, que se localiza en los planos de montaje), éstas son los componentes de la pieza o ensamble a fabricar.

Los cortes con oxígeno, de preferencia se harán con equipos guiados mecánicamente y no a mano libre. Los bordes cortados de esta manera que vayan a estar sujetos a esfuerzos importantes, o sobre los que se vaya a depositar metal de soldadura, deberán estar razonablemente libres de muescas. Se permitirán muescas o imperfecciones ocasionales de no más de 5 mm de profundidad, pero las dimensiones mayores se eliminarán con esmeril. Todas las esquinas entrantes tendrán un radio mínimo de 13 mm y estarán libres de muescas.

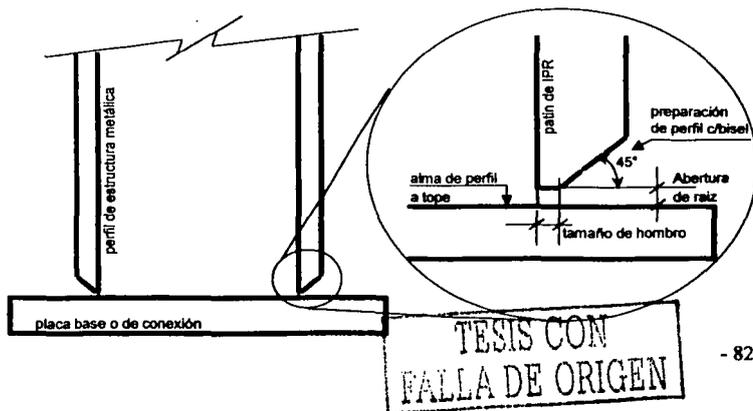
Se permite una variación de 1 mm en el largo total de los miembros habilitados con ambos extremos alisados para apoyo por contacto.

Los miembros con extremos sin alisar para apoyos por contacto, que serán ensamblados con otras partes de estructura de acero, podrán tener una variación de longitud con la dimensión del plano de taller no mayor de 2 mm para miembros hasta de 10 m de largo, ni mayor de 3 mm para miembros de más de 10 m de largo.

Las variaciones permisibles en el peralte de vigas pueden resultar en cambios bruscos de peralte en las uniones. Las diferencias de peralte dentro de las tolerancias en uniones atornilladas se ajustarán con placas de relleno o lainas. En uniones soldadas podrá ajustarse el perfil de la soldadura para adaptarlo a la variación del peralte, siempre que se mantenga la sección transversal mínima necesaria de soldadura y que la pendiente de la soldadura cumpla con el Código de soldadura Estructural AWS.

En el habilitado de estructura metálica también deberán preverse las preparaciones en el material base, como son biseseles y holguras para la raíz de una soldadura de penetración.

Figura 2.- Preparación de perfil para recibir el metal de aporte (soldadura)



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Estas preparaciones las debe hacer personal especializado en esta área, pues depende mucho de un buen bisel para que el metal de aporte (soldadura) se aplique sin contratiempos y no presente defectos.

Todos los trabajos de habilitado deben ser supervisados por el control de calidad interno de la empresa independientemente si el cliente impone algún laboratorio de control de calidad para su estructura, este personal es experto en trazo y corte de materiales, se encarga de revisar tolerancias de laminado de los perfiles, dimensiones generales de los elementos, preparaciones, diámetros de barrenos, holguras, espesores materiales, especificaciones, etc.

Una vez que está supervisado el material de un ensamble este personal se encarga de hacer entrega al armador de estructura metálica para realizar el siguiente proceso de fabricación de una estructura metálica.

### **III.4.- Armado del elemento**

El armado de un ensamble de estructura metálica es la continuación del proceso de fabricación después del habilitado. El armado es la colocación de todas las marcas de ensamble en la marca de embarque de acuerdo a planos de taller. El armador debe ser una persona especializada en este proceso, saber leer planos de taller es fundamental para realizar su trabajo en forma eficiente.

La entrega de material de los ensambles por parte del departamento de habilitado a la supervisión de armado debe ser por ensamble o plano de taller, debe entregarse la caña principal acompañada de todas sus marcas de ensamble (placas y materiales misceláneos) en una caja metálica, se debe contar cada una de las piezas y revisar su geometría contra los dibujos del plano de taller, pues si faltase alguna pieza o no es conforme a planos, esto provoca tener la pieza parada en el tren de fabricación y tener movimientos de grúa y paro de personal de este departamento mientras se habilita la pieza faltante o fuera de especificación. Además del tiempo que se invierte en el habilitado de una sola pieza.

El armado de la estructura metálica es el ensamble de las piezas que conforman una pieza o una marca de embarque, es colocar las placas de conexión, atiesadores, cartabones, pernos, misceláneos, etc. en la caña de perfil laminado de acuerdo al plano de taller. Estas piezas solo se colocan en su posición con puntos de soldadura, el armador no está capacitado para aplicar soldaduras de terminado.

El personal de cada departamento es especialista en su área, no está capacitado para desarrollar otra actividad. Una sola persona no puede hacer todo el proceso de fabricación, cada uno tiene su función específica dentro de la empresa.

El armador deberá dejar el ensamble totalmente terminado, incluso si un elemento impide la aplicación de la soldadura, esta pieza la debe remover el soldador, depositar la soldadura, y posteriormente el armador debe colocar nuevamente la pieza en su lugar, el soldador no debe colocar ninguna pieza, pues estos no manejan herramientas de armado, y la pieza que se retiró puede tener alguna posición específica o un ángulo de inclinación. Este proceso se hace de esta forma por la posibilidad de perder la pieza que no se puntee a la caña principal.

La colocación de las piezas en el ensamble deberá de ser con escuadra, y de acuerdo a las distancias indicadas en planos de taller, tomando como referencia los puntos de trabajo que son a centros de perfil marcados en el dibujo, además el armador deberá contar con una calculadora para verificar cotas o hacer acumulado de distancias.

*Fotografía 5.- Armado de una marca de embarque*



En los planos de taller deberán especificarse las piezas armadas desde taller, como son módulos de estructura (armaduras tridimensionales, celosías, marcos para puertas, etc.), además el armador deberá colocar los tornillos y pernos de cortante de taller que se especifiquen en planos, estos deberán ser suministrados por el almacén de la planta.

Fotografía 6.- Supervisión de armado de un ensamble



En una planta fabricante de estructura metálica es muy importante el almacén donde se tiene los insumos y consumibles que requiere el taller, en éste deberá tenerse control sobre los materiales que entran y salen por medio de vales firmados por el supervisor o jefe de área, cada pieza deberá estar en el lugar adecuado dentro del almacén para mantener sus propiedades o su buen funcionamiento al momento de ser requerido. En el almacén se deberá tener un buen horno para mantener a temperatura adecuada la soldadura de acuerdo a las especificaciones del proveedor y de las normas. El almacén es el responsable de tener al momento los consumibles y herramientas necesarias para los procesos de fabricación, pues la falta de estos provoca paros de gente, equipos, etc. que perjudica la economía de la empresa. El almacén deberá de proveer al taller y a la gente de montaje de lo siguiente:

Taller:

- a) Refacciones para el equipo existente en taller
- b) Soldadura con la temperatura adecuada
- c) Herramienta menor como equipo de oxígeno, escuadras, flexómetros, calibradores de medición, equipo de arco aire para soldadura, niveles, llaves de perico, españolas y astrias, etc.
- d) Consumibles como son uniformes, botas industriales, gafas de protección, tapones para oídos, guantes de carmaza, vidrios claros y oscuros para soldador, marcadores, aceite para las máquinas, filtros, baleros, retenes, empaques, etc.
- e) Primer anticorrosivo para el acabado de la estructura metálica
- f) Oxígeno, acetileno y gas butano
- g) Pintura y solventes necesarios para mantenimiento de la planta
- h) Granalla para equipo limpiador de estructura metálica (en caso que el taller cuente con granalladora)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- i) Tornillos y pernos de cortante para colocarse en taller
- j) Herramienta, materiales y refacciones generales para el mantenimiento de la planta

*Fotografía 7.- Almacén de un taller de estructuras metálicas*

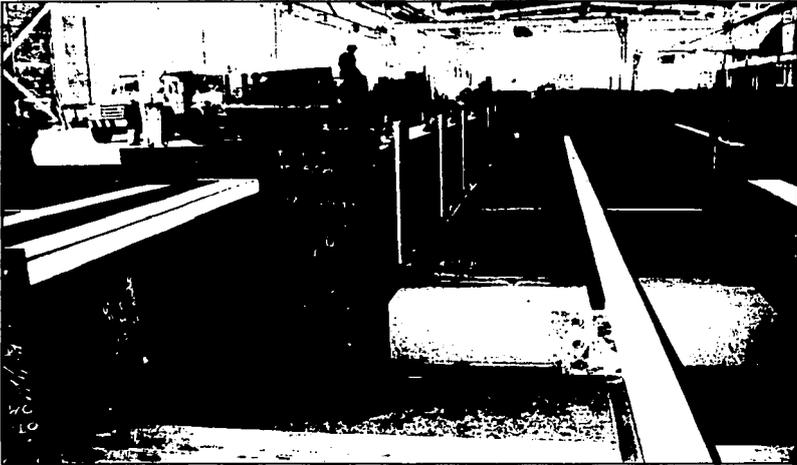


**Montaje en obra:**

- a) Refacciones para el equipo existente en obra como son grúas, equipo de corte, gatos hidráulicos o de poder, etc.
- b) Soldadura (si son cantidades considerables se deberá enviar con un horno de obra para mantener la temperatura) y máquina de soldar
- c) Herramienta menor como equipo de oxicorte, escuadras, flexómetros, niveles, llaves de perico, españolas y astrias, guías de vida o arnes, etc.
- d) Equipo de topografía (tránsito, nivel, estadal, tripie, plomadas, etc.)
- e) Consumibles
- f) Primer anticorrosivo para retoque de la estructura metálica
- g) Oxígeno, acetileno y gas butano
- h) Tornillería y equipo de apriete de la obra

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 8.- Ensamble terminado de armar listo para soldadura



### III.5.- Soldadura

La Soldadura, es el procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin al aporte de otro metal,<sup>(15)</sup> cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar. En el proceso de fabricación la soldadura es el siguiente paso después del armado de una marca de embarque. Es básicamente, la unión de los ensambles con cualquier procedimiento de soldadura. Todo taller de estructuras metálicas debe tener establecido un procedimiento de soldadura.

La mayor parte de los procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material. La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en la soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de

<sup>(15)</sup> Metal de aportación

aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450 °C, y la dura metales con temperaturas superiores.

*Fotografía 9.- Almacenaje de soldadura en horno*



El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

El procedimiento de soldadura por presión original es el de soldadura de fragua, practicado durante siglos por herreros y artesanos. Los metales se calientan en un horno y se unen a golpes de martillo. Esta técnica se utiliza cada vez menos en la industria moderna.

La soldadura por fusión agrupa muchos procedimientos de soldadura en los que tiene lugar una fusión entre los metales a unir, con o sin la aportación de un metal, por lo general sin aplicar presión y a temperaturas superiores a las que se trabaja en las soldaduras ordinarias. Hay muchos procedimientos, entre los que destacan la soldadura por gas, la soldadura por arco y la aluminotérmica. Otras más específicas son la soldadura por haz de partículas, que se realiza en el vacío mediante un haz de electrones o de iones, y la soldadura por haz luminoso, que suele emplear un rayo láser como fuente de energía.

La soldadura por gas o con soplete utiliza el calor de la combustión de un gas o una mezcla gaseosa, que se aplica a las superficies de las piezas y a la varilla de metal de aportación. Este sistema tiene la ventaja de ser portátil ya que no necesita conectarse a la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

corriente eléctrica. Según la mezcla gaseosa utilizada se distingue entre soldadura oxiacetilénica (oxígeno/acetileno) y oxihídrica (oxígeno/hidrógeno), entre otras.

Los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados, sobre todo para soldar acero, y requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión.

*Fotografía 10.- Soldadura de un ensamble*



La soldadura por arco tiene ciertas ventajas con respecto a otros métodos. Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. En algunos casos se utilizan electrodos fusibles, que son los metales de aportación, en forma de varillas recubiertas de fundente o desnudas; en otros casos se utiliza un electrodo refractario de wolframio y el metal de aportación se añade aparte. Los procedimientos más importantes de soldadura por arco son con electrodo recubierto, con protección gaseosa y con fundente en polvo.

En la soldadura por arco con electrodo recubierto el electrodo metálico, que es conductor de electricidad, está recubierto de fundente y conectado a la fuente de corriente. El metal a soldar está conectado al otro borne de la fuente eléctrica. Al tocar con la punta del electrodo la pieza de metal se forma el arco eléctrico. El intenso calor del arco funde las dos partes a unir y la punta del electrodo, que constituye el metal de aportación.

La Soldadura por arco con protección gaseosa, es la que utiliza un gas para proteger la fusión del aire de la atmósfera. Según la naturaleza del gas utilizado se distingue entre soldadura MIG, si utiliza gas inerte, y soldadura MAG, si utiliza un gas activo. Los gases inertes utilizados como protección suelen ser argón y helio; los gases activos suelen ser mezclas con dióxido de carbono. En ambos casos el electrodo, una varilla desnuda o recubierta con fundente, se funde para rellenar la unión.

Otro tipo de soldadura con protección gaseosa es la soldadura TIG, que utiliza un gas inerte para proteger los metales del oxígeno, como la MIG, pero se diferencia en que el electrodo no es fusible; se utiliza una varilla refractaria de volframio. El metal de aportación se puede suministrar acercando una varilla desnuda al electrodo.

La soldadura por arco con fundente en polvo es un procedimiento que, en vez de utilizar un gas o el recubrimiento fundente del electrodo para proteger la unión del aire, usa un baño de material fundente en polvo donde se sumergen las piezas a soldar. Se pueden emplear varios electrodos de alambre desnudo y el polvo sobrante se utiliza de nuevo, por lo que es un procedimiento muy eficaz.

En la soldadura aluminotérmica, el calor necesario para este tipo de soldadura se obtiene de la reacción química de una mezcla de óxido de hierro con partículas de aluminio muy finas. El metal líquido resultante constituye el metal de aportación. Se emplea para soldar roturas y cortes en piezas pesadas de hierro y acero, y es el método utilizado para soldar los raíles o rieles de los trenes.

La soldadura por presión agrupa todos los procesos de soldadura en los que se aplica presión sin aportación de metales para realizar la unión. Algunos procedimientos coinciden con los de fusión, como la soldadura con gases por presión, donde se calientan las piezas con una llama, pero difieren en que la unión se hace por presión y sin añadir ningún metal. El proceso más utilizado es el de soldadura por resistencia; otros son la soldadura por fragua, la soldadura por fricción y otros métodos más recientes como la soldadura por ultrasonidos.

La soldadura por resistencia se realiza por el calentamiento que experimentan los metales debido a su resistencia al flujo de una corriente eléctrica. Los electrodos se aplican a los extremos de las piezas, se colocan juntas a presión y se hace pasar por ellas una corriente eléctrica intensa durante un instante. La zona de unión de las dos piezas, como es la que mayor resistencia eléctrica ofrece, se calienta y funde los metales. Este procedimiento se utiliza mucho en la industria para la fabricación de láminas y alambres de metal, y se adapta muy bien a la automatización.

Se usará la terminología que ha sido estandarizada y su empleo adoptado por numerosas sociedades especializadas en soldadura como son de la American Institute of Steel Construction (AISC), Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA) y de la American Welding Society (AWS), las cuales han fijado los lineamientos en sus normas y códigos, para ser aplicados en sus procesos constructivos donde se emplean soldaduras.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

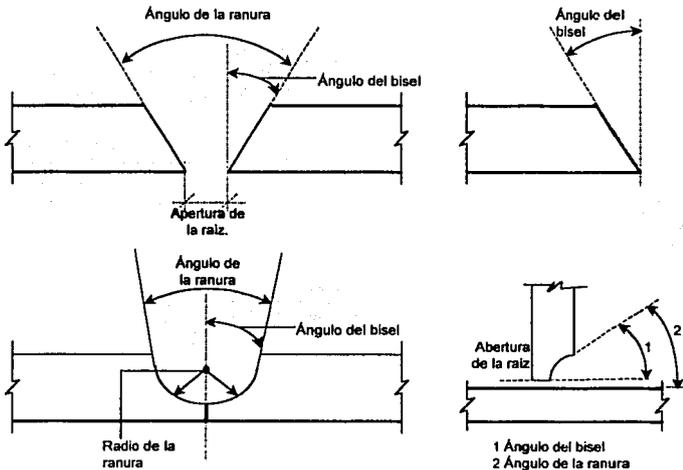
Con esta estandarización podrán transmitirse las instrucciones en taller y campo con la certeza de ser claramente entendidas.

La terminología estándar ha sido formulada y definida por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) en su norma AWS A.3.0 (definiciones de soldadura y corte).

Los términos de soldadura más comunes y de mayor uso son:

- a) *Abertura de la raíz (root opening)*.- La separación en la base o en la raíz de dos miembros que van a unirse (véase figura a).

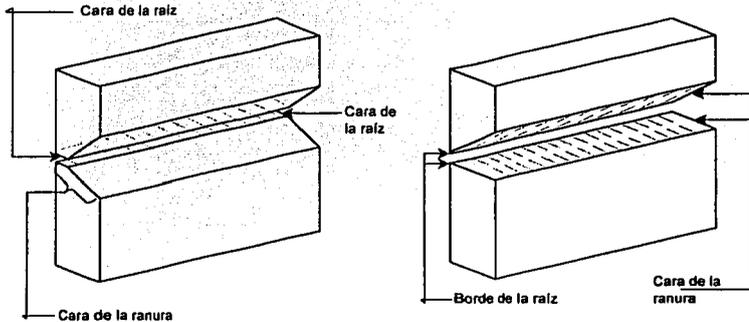
Figura a.- Ángulo de bisel, ángulo de ranura, radio de la ranura y apertura de la raíz



- b) *Achafanado (Chamfering)*.- La preparación de un contorno, sobre la orilla de un miembro a soldar, consistente en suprimir la arista en ángulo recto.
- c) *Ángulo de la ranura (Groove angle)*.- El ángulo total de la ranura entre las partes a unirse por una soldadura de ranura (véase figura a).
- d) *Ángulo del bisel (Bevel angle)*.- El ángulo formado entre el canto preparado de un miembro y un plano perpendicular a la superficie del miembro (véase figura a).
- e) *Área del metal de soldadura (Weld metal-area)*.- El área de metal de soldadura medida sobre la sección transversal de la soldadura (véase figura b).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

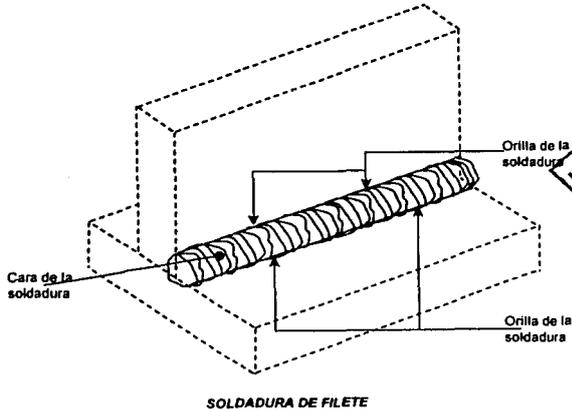
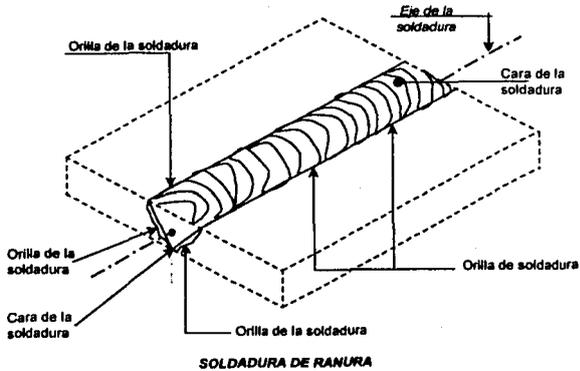
Figura b.- Cara de la ranura, cara de la raíz y borde de raíz



- f) *Bisel (Bevel)*.- Un tipo de preparación de los cantos de las partes a unir.
- g) *Bolsa de gas (Gas pocket)*.- Una cavidad en la soldadura causada por gases atrapados.
- h) *Borde de la raíz (Root edge)*.- Cara de la raíz de ancho igual a cero (véase figura b).
- i) *Calibrador de soldadura (Weld gage)*.- Instrumento diseñado para verificar la forma y tamaño de la soldadura.
- j) *Calificación del procedimiento (Procedure qualification)*.- La demostración de que las soldaduras hechas con un procedimiento específico pueden cumplir con las normas prescritas.
- k) *Calificación del soldador (Welder qualification)*.- La demostración de la habilidad del soldador para producir soldaduras que cumplan con las normas prescritas.
- l) *Cara (Layer)*.- Un estrato de metal depositado, consistente de uno o más cordones de soldadura.
- m) *Cara de la raíz (Root face)*.- Es la parte de la cara de la ranura adyacente a la raíz de la unión. (véase figura b).
- n) *Cara de la ranura (Groove face)*.- La superficie de un miembro comprendida dentro de la ranura (véase figura b).
- o) *Cara de la soldadura (Face of weld)*.- La superficie expuesta de una soldadura, producida por un proceso de soldadura de arco o gas, del lado del cual se hizo la soldadura (véase figura c).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

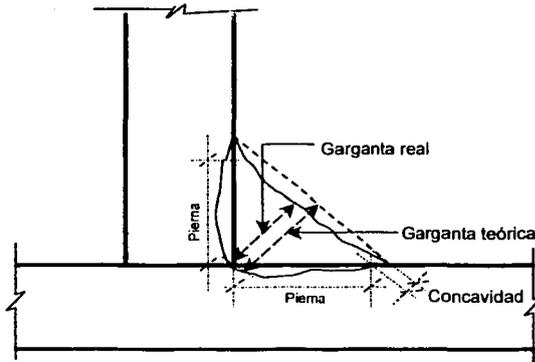
Figura c.- Cara y orilla de la soldadura



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

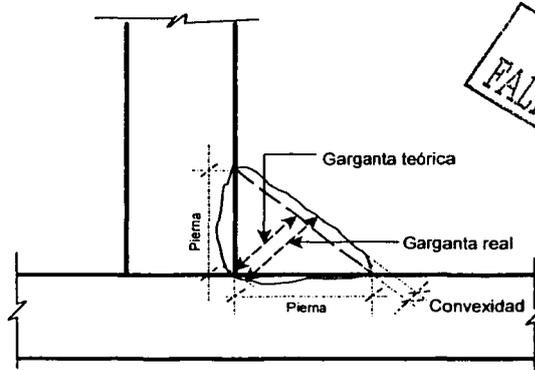
- p) *Certificación del soldador (Welder certification).*- Certificación por escrito de que un soldador ha producido soldaduras que cumplen con las normas prescritas.
- q) *Chastan (Chamber or Edge preparation).*- El contorno preparado sobre la orilla de un miembro a soldar.
- r) *Concavidad (Concavity).*- La máxima distancia de la cara de una soldadura de filete cóncava, perpendicular a la línea que une las orillas de la soldadura (véase figura d).

Figura d.- Soldadura de filete concava



- s) *Conexión a tierra (Ground lead or work lead).*- El conductor eléctrico entre la fuente de corriente del arco de soldadura y el trabajo.
- t) *Convexidad (Convexity).*- La máxima distancia de la cara de una soldadura de filete convexa, perpendicular a una línea que une las orillas de la soldadura (ver figura e).

Figura e.- Soldadura de filete convexa



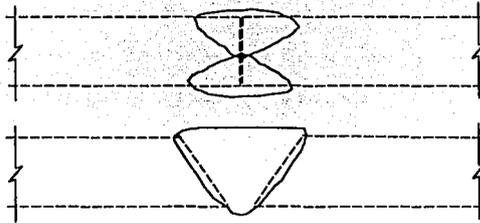
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- u) *Cordón de soldadura (Weld bead).*- El depósito de soldadura que resulta de un paso.
- v) *Cordón oscilado (Weave bead).*- Un tipo de cordón de soldadura efectuado con oscilación transversal.

- w) *Corriente de soldadura (Welding current)*.- La corriente que fluye por el circuito para soldar durante la ejecución de una soldadura.
- x) *Corte de arco de carbón (carbon-arc cutting)*.- Un proceso de corte por arco, donde el corte de los metales se lleva a cabo por medio de la fusión que produce el calor que genera un arco entre un electrodo de carbón y el metal base.
- y) *Corte de arco de carbón y aire (Air carbon-arc cutting)*.- Un proceso de corte con oxígeno donde se efectúa la separación del metal por medio de la reacción química del oxígeno con el metal base a temperaturas elevadas manteniéndose la temperatura necesaria por medio de flamas de gas obtenidas de la combustión del acetileno con el oxígeno.
- z) *Crater (Crater)*.- En soldadura de arco, una depresión en la terminación de un cordón de soldadura o en el charco de soldadura bajo el electrodo.
- aa) *Eje de soldadura (Axis of a weld)*.- Es una línea a lo largo de una soldadura perpendicular a la sección transversal de un centro de gravedad (ver figuras f y g).
- bb) *Electrodo de carbón (Carbon electrode)*.- Un electrodo no metálico ni de aporte usado en soldadura de arco y corte, que consiste en una varilla de carbón o grafito.
- cc) *Electrodo recubierto (Coated electrode or covered electrode)*.- Un electrodo de metal de aporte, usado en soldadura de arco, formado con un alambre como núcleo metálico con un recubrimiento relativamente grueso, el cual, proporciona protección de la atmósfera al metal fundido, mejorando las propiedades del metal de soldadura y estabilizando el arco.
- dd) *Fundente (Flux)*.- Material utilizado para prevenir, disolver o facilitar la remoción de óxidos y de otras sustancias indeseables.
- ee) *Fusión (Fusion)*.- La licuación en conjunto del material de aporte y el material base o solo del material base, que resulta de la aplicación del calor necesario.
- ff) *Garganta de la soldadura de filete (Throat of a fillet weld)*
  - Garganta teórica*.- Es la distancia desde el principio de la raíz de la unión perpendicular a la hipotenusa del triángulo rectángulo más grande que pueda inscribirse dentro de la sección transversal de la soldadura de filete (véase figura d y e).
  - Garganta real*.- La distancia más corta desde la raíz de una soldadura de filete hacia su cara (véase figura d y e).
- gg) *Inclusión de escoria (Slag inclusion)*.- Material sólido no metálico atrapado en el metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal base.
- hh) *Metal base (Base metal or parent metal)*.- Es el metal que se suelda o corta.
- ii) *Metal de aporte (Filler metal)*.- Metal que se agrega al hacer una soldadura.
- jj) *Paso (pass)*.- Una progresión longitudinal simple de una operación de soldadura a lo largo de una unión o depósito de soldadura. El resultado de un paso es el cordón de soldadura.
- kk) *Penetración completa (Complete penetration)*.- Penetración en la unión la cual se extiende completamente a través de la unión (véase figura f).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

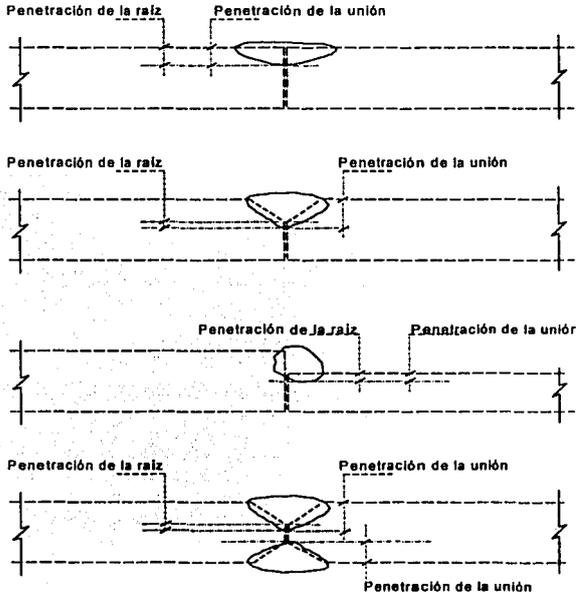
Figura f.- Penetración completa



ll) *Penetración en la unión (joint penetration).*- La profundidad mínima que una soldadura de ranura se extiende desde la cara hacia adentro de la unión, excluido el refuerzo (véase figura g).

mm) *Penetración en la raíz (Root penetration).*- La profundidad que una soldadura de ranura se extiende dentro de la raíz de una unión medida sobre la línea central de la sección transversal de la raíz (véase figura g).

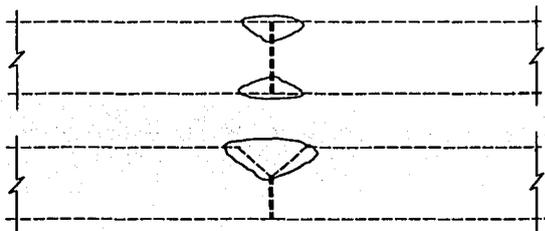
Figura g.- Penetración en la raíz y penetración en la unión de la soldadura de ranura



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

nn) *Penetración parcial de una unión (partial joint penetration).*- Penetración de la unión que sea menos que la completa (véase figura h).

*Figura h.- Penetración parcial de una unión*



oo) *Porosidad (Porosity).*- Bolsa de gas o huecos en el metal.

pp) *Posición horizontal (horizontal position).*- En la soldadura de ranura, es la posición al soldar en la cual el eje de la soldadura está en un plano aproximadamente horizontal y la cara de la soldadura está en un plano aproximadamente vertical (véase figura i).

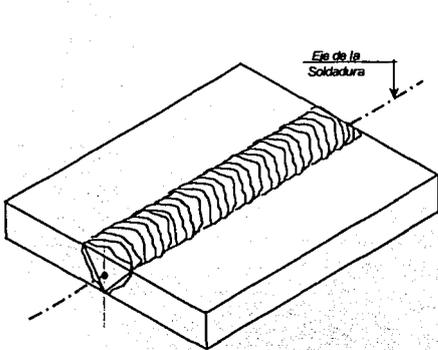
qq) *Posición plana (Flat position or downhand).*- Es la posición al soldar donde la soldadura se efectúa por la parte superior de la unión, estando la cara de la soldadura aproximadamente horizontal (véase figura i).

rr) *Posición sobre cabeza (Overhead position).*- Es la posición al soldar en la cual la soldadura se lleva a cabo por la parte inferior de la unión (véase figura i).

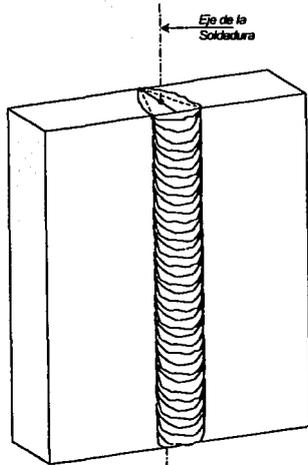
ss) *Posición vertical (Vertical position).*- Es la posición al soldar donde el eje de la soldadura es aproximadamente vertical (véase figura i).

tt) *Soldadura de filete (Fillet weld).*- Una soldadura de sección transversal, aproximadamente triangular, que une dos superficies aproximadamente a ángulos rectos con respecto a otra, en una unión traslapada, en una unión tipo T, o en una unión de esquina (véase figura j).

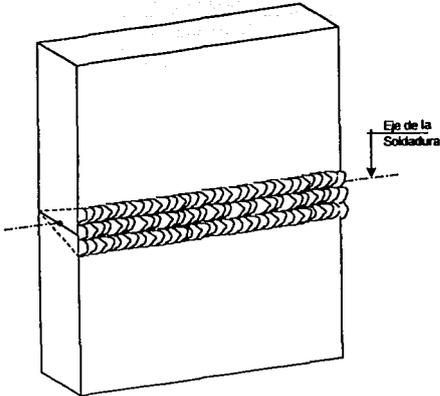
Figura i.- Posición al soldar



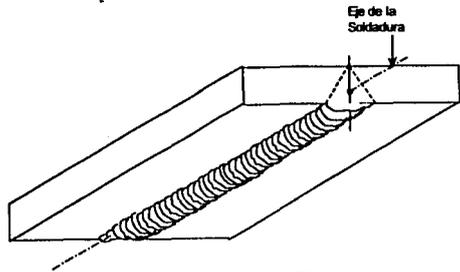
POSICIÓN PLANA



POSICIÓN VERTICAL



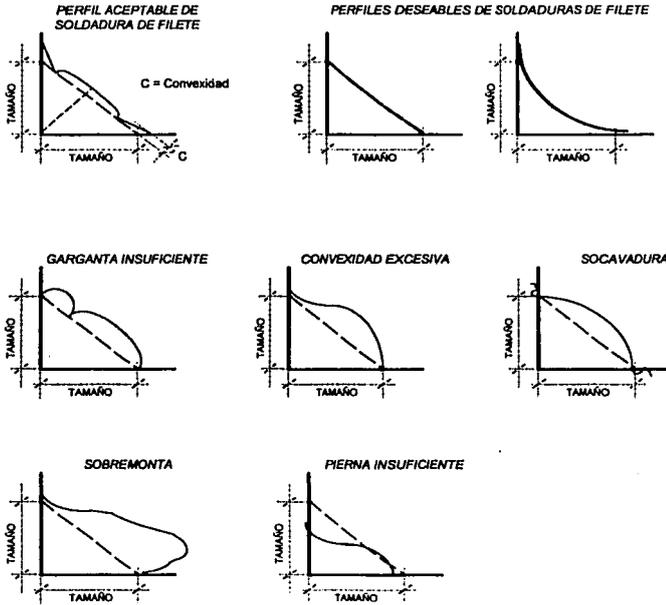
POSICIÓN HORIZONTAL



POSICIÓN SOBRE CABEZA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura j.- Soldaduras de filete



iii) Zona afectada por el calor (Heat-affected zone).- Aquella parte del material base que no ha sido fundida, pero cuyas propiedades mecánicas o su microestructura han sido alteradas por el calor de la soldadura o del corte (véase figura k).

Figura k.- Zona afectada por el calor



La simbología de la soldadura es muy importante y debe ser universal para que el personal de ingeniería, taller y campo los entiendan y los apliquen en el proceso de edificación de una estructura metálica.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 11.- Símbolos de soldaduras<sup>(16)</sup>

SIMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURAS									
Dorso	Filete	Tapón o caja (agujero alargado)	En ranura o a tope						
			Rectangular	V	Bisel	U	J	Abocinada en V	Abocinada en bisel
SIMBOLOS SUPLEMENTARIOS DE SOLDADURAS									
Respaldo	Separador	Soldar todo alrededor	Soldadura de campo	Perfil		Para otros símbolos básicos y suplementarios de soldaduras ver NOM H-111 (AWS A 2.4)			
				Al ras	convexo				
UBICACIÓN NORMALIZADA DE LOS ELEMENTOS DE LOS SIMBOLOS INSTRUCTIVOS PARA SOLDAR									
<p>Símbolo de acabado</p> <p>Símbolo del perfil</p> <p>Abertura de raíz, profundidad de relleno de soldaduras de tapón o caja</p> <p>Garganta efectiva</p> <p>Profundidad de la preparación o tamaño de soldadura en mm.</p> <p>Especificación y proceso u otra referencia</p> <p>Cola (se omite cuando no hay referencia)</p> <p>Línea de referencia</p> <p>Símbolo básico de la soldadura o referencia al detalle</p>	<p>Angulo de la ranura o ángulo incluido del avellanado para soldaduras de tapón</p> <p>Longitud de soldadura en mm.</p> <p>Paso (distancia centro a centro de soldaduras, mm)</p> <p>Símbolo de soldadura de campo</p> <p>Símbolo de soldar todo alrededor.</p> <p>La flecha de una línea de referencia con el lado de la flecha de la unión. Quebrar flecha como en A o en B para indicar que la flecha apunte al elemento ranurado en uniones biseladas o en ranura en J.</p>								

**Notas:**

El tamaño, el símbolo de la soldadura, la longitud y el peso deben leerse en este orden de izquierda a derecha a lo largo de la línea de referencia. Ni la orientación de la línea de referencia ni la ubicación de la flecha alteran esta regla.

El lado perpendicular de los símbolos debe quedar del lado izquierdo.

Las soldaduras del lado de la flecha y del otro lado tendrán el mismo tamaño si no se indica otra cosa. Las dimensiones de las soldaduras de filete deberán mostrarse tanto en el símbolo del lado de la flecha como del otro lado.

La bandera del símbolo de soldar en campo debe ponerse arriba y a escuadra con la línea de referencia, en el quiebre de la flecha.

Los símbolos instructivos se aplican entre cambios bruscos en la dirección de la soldadura, si no tiene el símbolo de "todo alrededor" o la longitud indique otra cosa.

Estos símbolos no prevén explícitamente el caso frecuente en estructuras en que un elemento simétrico (como un alfiler) se encuentra del otro lado del alme o de una placa de conexión. En estos casos es aplicable la siguiente convención: si la lista de materiales muestra que existe un elemento del lado lejano correspondiente a uno del lado cercano, se aplicará el elemento del lado lejano de la misma soldadura indicada para el elemento del lado cercano.

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**

<sup>(16)</sup> Manual IMCA vol. 2, Tabla de uniones soldadas, página 237

El tamaño mínimo de las soldaduras de filete será el mostrado en la tabla 12. El tamaño de la soldadura lo establece la más gruesa de las dos partes unidas, excepto que no es necesario que el tamaño de la soldadura exceda el espesor de la parte unida más delgada, a no ser que el esfuerzo calculado requiera de mayor tamaño de soldadura. Para esta excepción debe tenerse especial cuidado en suministrar suficiente precalentamiento para obtener una soldadura sana.

Tabla 12.- *Tamaño mínimo de las soldaduras de filete, en mm<sup>(17)</sup>*

Espesor más grueso de las partes unidas, en mm.	Tamaño <sup>(a)</sup> mínimo de la soldadura de filete, en mm.
Hasta 6 inclusive	3
más de 6 a 13	5
más de 13 a 19	6
más de 19	8
<sup>(a)</sup> Dimensión del cateto de la soldadura de filete.	

El tamaño máximo de soldaduras de filete en los bordes de partes conectadas no será mayor que el espesor del material unido cuando el espesor es menor de 6 mm. Para espesores mayores, será de 1.6 mm menos que el espesor, a no ser que el plano indique mayor tamaño.

Una vez terminado el ensamble de soldar, se debe hacer pruebas no destructivas a las soldaduras aplicadas, de ultrasonido o rayos x a las soldaduras de penetración y líquidos penetrantes a las soldaduras de filete, ya sea por el control de calidad interno del taller o por un laboratorio externo contratado por el cliente, los cuales deberán extender un certificado de cada una de las pruebas realizadas en cada unión, por lo general en el plano de taller se indica la localización de las pruebas de soldadura, se debe prever la entrega de una copia de los dibujos de taller para la supervisión de soldadura. Deberán pasarse a taller como mínimo seis copias legibles de cada uno de los planos de taller, así como un plano provisional de montaje donde se pueda llevar el control de cada uno de los procesos de los ensambles de la obra de estructura metálica. Una vez revisadas y aprobadas las uniones soldadas el ensamble está listo para el siguiente proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>(17)</sup> Manual IMCA, Sección 1.17 Soldaduras, Tabla 1.17.2A, página 182.

### III.6.- Limpieza y pintura

El contrato deberá especificar todos los requisitos referentes a la pintura de taller de la estructura, indicando los miembros que deben pintarse, la forma de preparar la superficie, las especificaciones de la pintura y el espesor de película seca de la pintura, en micras.

Cuando los documentos contractuales no especifiquen los requisitos referentes a la pintura de taller de la estructura, se entenderá que ésta protege el acero solamente por corto lapso de exposición en condiciones atmosféricas ordinarias y se considera como un recubrimiento temporal y provisional, aunque constituya la capa primaria del sistema de protección. El fabricante no tiene responsabilidad por el deterioro de la pintura primaria que pueda resultar de la exposición prolongada a condiciones atmosféricas ordinarias ni a exposición a condiciones más corrosivas que las normales.

Si los documentos contractuales no establecen otra cosa, antes de pintar, el fabricante limpiará a mano la superficie de la estructura para remover el óxido suelto, la escama de laminación suelta, tierra y otras sustancias extrañas, mediante uso de cepillos de alambre o por otro método elegido por él, para satisfacer los requisitos de la norma PSC-SP2. A no ser que el propietario expresamente rechace la calidad de la limpieza antes de que se aplique la pintura, se considerará aceptada la calidad de la limpieza efectuada por el fabricante.

*Fotografía 11.- Limpieza de un ensamble con carda y cincel*



Cuando exista supervisión externa para la aplicación del primer anticorrosivo en el taller de estructuras metálicas, ésta deberá entregar un certificado de pruebas de adhesión y espesor del acabado que cumplan con lo especificado en contrato. Además el fabricante debe comunicar al propietario su programa de operaciones y permitir el acceso a los inspectores a los sitios de trabajo. La inspección debe coordinarse con dicho programa, de tal manera que se eviten retrasos en las operaciones programadas.

Para determinar el espesor de la pintura deberá medirse en cinco puntos distribuidos uniformemente sobre cada 9.3 m<sup>2</sup> de superficie. El espesor en cada punto se determina promediando los resultados de tres lecturas hechas en su proximidad inmediata. En ninguno de los cinco puntos deberá ser el espesor promedio menor del 80% del espesor especificado, pudiendo ser menores que esto las lecturas individuales.

Los documentos contractuales podrán especificar otro tamaño de zonas o número de puntos a medirse, de acuerdo con el tamaño y la forma de la estructura a revisarse.

El fabricante podrá elegir el método de aplicación de la pintura, ya sea con brocha, con pistola, rodillo, por inmersión u otro, a no ser que las especificaciones limiten la forma de aplicar la pintura. Cuando no se especifique el espesor de la mano de pintura de taller, el espesor mínimo de la película seca será de 25 micras.

El acero que no requiera pintura en taller se limpiará de aceites o grasa con solventes; la tierra y otras materias extrañas se quitarán con un cepillo de fibra u otro método conveniente.

Es de esperarse cierto deterioro de la pintura por el manejo de la estructura. El retoque de las partes dañadas es responsabilidad del encargado de la pintura de campo.

Si no se estipula otra cosa, las marcas de montaje se pondrán en los miembros de la estructura con pintura o con otro medio adecuado.

La selección de un sistema de pintura es una decisión de diseño que involucra muchos factores, incluyendo las preferencias del propietario, vida útil de la estructura, medio ambiente, costo, tanto de la aplicación inicial como de futuras renovaciones, y la compatibilidad de los diversos componentes del sistema de pintura, es decir, preparación de superficie, pintura primaria y manos subsecuentes.

El material que se emplea para la capa primaria de cualquier sistema de pintura está diseñado para tener las mejores características de impregnación y adherencia, normalmente a costa de su resistencia a los agentes atmosféricos. La exposición prolongada de la pintura primaria a la intemperie o ambientes corrosivos, producirá deterioros que pueden requerir reparación, y hasta una nueva preparación de la superficie e impregnación de las áreas afectadas.

La exposición prolongada de estructuras sin pintar, que han sido limpiadas para la subsecuente aplicación del material de protección contra incendios, puede ser perjudicial. La mayoría de las clases de limpieza requieren la remoción de toda la escama de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

laminación suelta, pero permiten la permanencia de escama de laminación adherida. Cuando el acero estructural que se ha limpiado en forma aceptable, se deja expuesto a la intemperie, la humedad penetra debajo de la escama adherida, produciendo oxidación, y haciendo que la escama se levante. La limpieza de esta escama no es responsabilidad del fabricante de la estructura.

Se debe prever la utilización de espacios libres para las maniobras de volteo de las piezas para la aplicación de pintura anticorrosiva, además si en taller se aplicará el acabado final de la estructura deberá aislarse esta zona para no salpicar o llenar de brisna con el primario de otras estructuras.

El logotipo de la empresa pintado en la estructura metálica para publicidad no requiere del consentimiento del cliente, éste se coloca de acuerdo a las políticas del fabricante de estructura. Si el cliente se opone a esto deberá indicarlo desde el contrato o en un documento oficial explicando al fabricante los motivos.

Una vez terminada la estructura de limpiar y/o pintar deberá embarcarse a obra o en su defecto almacenarse de tal forma que no se este metal con metal, deberá proveerse de polines de madera para apoyos de la estructura.

### **III.7.- Embarque a obra**

La estructura de acero deberá entregarse en la secuencia que permita la ejecución más económica y eficiente en su fabricación y montaje, si el propietario desea establecer o controlar la secuencia de entrega de la estructura, deberá reservar su derecho y definir los requisitos en los documentos contractuales. Si el propietario contrata con otra compañía la entrega y el montaje, deberá coordinar las actividades de los contratistas.

Las entregas de estructura metálica de una obra deben hacerse mediante un programa, éste dependerá de los avances de obra civil, montaje de la estructura y espacio para descargar o almacenar en obra. El transportista tiene la obligación de llevar en el embarque polines suficientes para estibar la carga en obra de manera segura y rápida.

Las cantidades de material mostradas en las listas de embarque generalmente son aceptadas como correctas por el propietario, transportista y montador. Si se reclama cualquier faltante por parte de montador o el propietario deberán notificarlo de inmediato al transportista y fabricante, para que se investigue la reclamación.

El tamaño y el peso de las piezas de acero estructural pueden estar limitadas por las instalaciones del fabricante, por los medios de transporte disponibles y por las condiciones en el sitio de la obra. El fabricante determinará el número de uniones de campo para lograr la mayor economía de la estructura.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El peso promedio de la carga de un trailer oscila entre las 28 y 30 tons. Por embarque y la cantidad de viajes se calcula de acuerdo al peso total de la obra, determinado también por el volumen de los ensambles, pues para transportar largueros de una cubierta, armaduras o módulos de estructura se mandan a obra en embarques separados y por volumen, ya que si se mezcla con estructura pesada corre el riesgo de maltratarse o deformarse. Con el embarque de largueros de alguna cubierta deberá considerarse enviar los accesorios como son contraflameos, contravientos, medias lunas, ángulos de remate, tornillería y otros elementos pequeños. La carga deberá estibarse en la caja del trailer y asegurarse con cadenas para que llegue a su destino sin contratiempos.

Las longitudes máximas transportables a obra pueden ser hasta de 21 m, pero dependen en gran medida de la zona donde se va a montar, por las calles por donde se transitará, pues pueden ser estrechas (en este caso se envía transportes camiones cortos o camionetas), el lugar de almacenamiento dentro de la obra y la capacidad de la grúa de la obra.

La lámina losacero deberá transportarse a obra de acuerdo al avance de obra, y deberá manejarse con eslingas para no maltratar o deformar la lámina. Se preverá un lugar dentro de la obra para su almacenamiento, si es posible diferente a la zona de descarga de la estructura metálica para evitar golpes a ésta.

Los tornillos y placas sueltas de conexión o empalmes generalmente se embarcan en paquetes según diámetro y largo para tornillos, y espesores o tipos para placas, las tuercas y arandelas sueltas, también se envían en paquetes separados, según sus tamaños. Las partes pequeñas como pasadores, tornillos, tuerca y arandelas, generalmente se meten en cajas, barriles u otro tipo de embalaje, el cual deberá contener una etiqueta de identificación. La tornillería deberá entregarse al responsable del montaje contabilizando en su presencia las cantidades especificadas en la remisión.

Para largueros con contraflechas deberá enviarse un embarque especial (solo con la carga de las piezas en cuestión) y hacer una estiba en la caja del trailer con los polines de madera que sean necesarios para garantizar que estos no perderán la curvatura que se le dio en taller para llegar a la contraflecha de proyecto.

Si la estructura llega dañada a la obra, el responsable de recibir el embarque deberá notificar al transportista y al fabricante antes de la descarga del material o inmediatamente después de descubrir el daño. Esto lo debe hacer vía telefónica o con radio de señal de antena que actualmente es necesario para tener una coordinación efectiva entre la obra y el taller de estructuras. Las piezas que lleguen maltratadas a obra podrán ser enderezadas con calor controlado o regresarse a taller si no se afecta de manera considerable el avance del montaje. Depende de el tipo de maltrato de la pieza, el comportamiento con la estructura, pues una fractura o un doblez excesivo en la pieza puede provocar falla en la estructura. Cuando una pieza va muy maltratada el fabricante tiene la obligación de reponerla por una nueva.

En la remisión o borrador de embarque deberá especificarse el contenido de la carga del trailer por marca de ensamble, cantidad, peso unitario y total, además de los datos

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## Capítulo IV.- Montaje

### IV.1.- Preliminares

Desde la planta de estructura metálica se deben prever u organizar los preliminares para el montaje de una estructura, esto es que se debe hacer un estudio de la zona donde se van a llevar a cabo los trabajos, del equipo y herramientas a utilizar, del tipo de estructura para programar embarques, y del perfil de la gente a ocupar para el montaje.

El estudio de la zona donde se ubica la obra es para determinar básicamente los viáticos que se les pagará a la gente de montaje, o en su defecto se verá la forma de alquilar una casa o un hotel, así como contratar una gente para preparar alimentos para el personal de montaje, de esta forma se optimiza más los gastos de viáticos pues se controlan desde las oficinas centrales, pero no siempre funciona, pues el personal de campo cuando sale al interior de la república a una obra foránea y está lejos de su familia, prefiere que se le paguen los viáticos en obra y su sueldo se lo paguen en las oficinas a algún familiar.

Los viáticos se pagan de acuerdo a un estudio de mercado de costos de alimentación, hospedaje y recreación en la zona geográfica donde se montará la estructura. Se determinan los viáticos de acuerdo a lo siguiente:

- a) Costo de tres alimentos diarios en la zona a no más de un radio de 5 km de la obra o del lugar donde se hospeda el personal de montaje.
- b) Costo de hospedaje por persona, en hoteles o en casa de huéspedes muchas veces es por cuarto en donde pueden habitar 3 o 4 gentes de acuerdo al tamaño del cuarto y necesidades del personal. Para determinar el costo se considera el costo de una habitación para dos personas. El lugar donde se hospedará el personal debe estar de preferencia a no más de 5 km o menos de 15 minutos de la obra.
- c) Transporte colectivo del personal de su lugar de hospedaje a la obra, y de regreso a sus habitaciones.
- d) Los anteriores costos se consideran incluso para días domingos y festivos. Estos costos no deben afectarse por ningún factor de incremento o decremento.
- e) Los viáticos para equipos y transporte deberán considerarse de acuerdo a las necesidades de cada uno (gastos de casetas de autopistas, diesel o gasolina, aceites de motor, comidas y hospedaje del operador, etc) y deberán justificarse con facturas o comprobantes fiscales de compras relacionadas con gastos para el equipo.

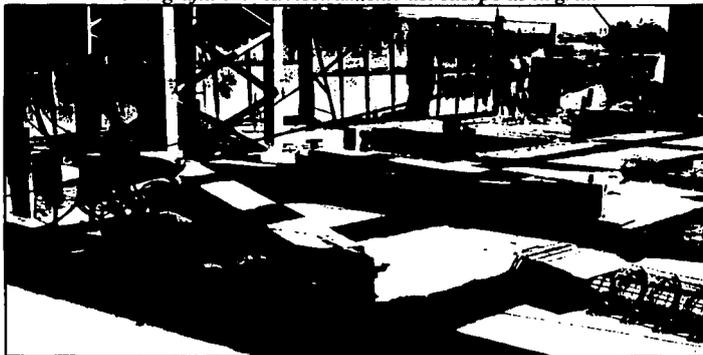
El equipo y herramienta que se va a utilizar en el montaje de la estructura metálica básicamente lo determina el jefe de montaje o de cuadrilla, con suficiente tiempo de anticipación, él selecciona la herramienta menor (máquinas de soldar, llaves, taladros, esmeriles, equipo de corte, pistolas de torque, escuadras, estrobos, eslingas, etc), los insumos de obra (guantes de carmaza, vidrios para soldador, marcadores para estructura, soldadura, oxígeno, gas butano, etc), y la selección de la grúa se determina en conjunto con

el jefe de ingeniería y el jefe o supervisor de obras; ésta se escoge conociendo los siguientes puntos:

- a) Altura total de la obra o el nivel del último elemento que se montará para determinar el número de cuerpos o módulos de la grúa (en caso que sea grúa torre) o para seleccionar el tipo de equipo que se va a utilizar, cuando una obra tiene una altura mayor de 30 m o cuando la obra se desplanta por debajo del nivel de banquetas o de calle es casi seguro que se utilizará una grúa torre. Cuando es una obra de menor altura se pensará en una grúa montada sobre camión.
- b) Distancia horizontal máxima del último elemento de estructura metálica que se montará para determinar el brazo de la grúa para dicha obra.
- c) Peso y ubicación de los elementos de la obra a montar para determinar la capacidad de la grúa. La capacidad de la grúa está tabulada en manuales del proveedor de grúas y depende el tipo de grúa de acuerdo a la altura, distancia horizontal y el peso de los elementos a montar.

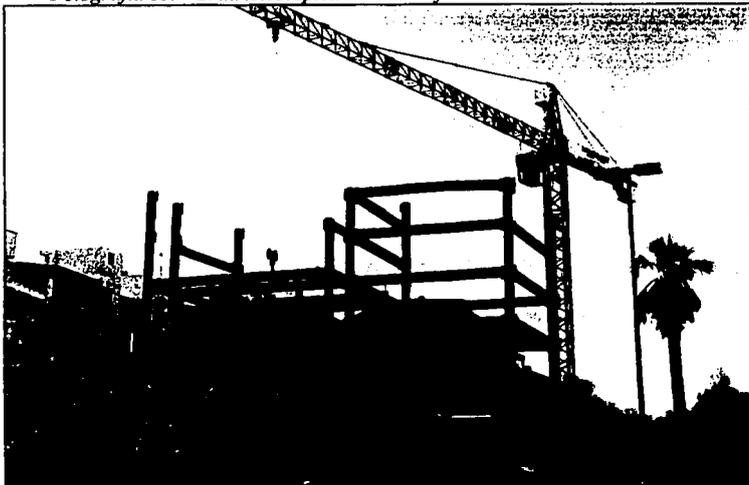
La ubicación de la grúa dentro o fuera de la obra debe ser decisión en conjunto con la obra civil pues depende también en gran medida de los movimientos de estos, así también se debe considerar en el costo de montaje de la grúa un porcentaje por parte de el constructor de obra civil si es que va a ocupar ésta, pues es muy común que después de terminado el montaje éste la sigue utilizando para elevar materiales, personal, etc. Dependiendo la altura de la construcción se deben considerar arriostramientos del cuerpo de la grúa al edificio en el proceso de elevación de esta.

*Fotografía 12.- Arriostramiento del cuerpo de la grúa*



En el costo de una grúa pluma o telescópica deben considerarse las maniobras de montaje y desmontaje (incluyendo el transporte de la planta de proveedor de la grúa a la obra) que lo lleva a cabo el personal de la grúa, una grúa auxiliar para el montaje, la renta mensual y el salario del operador de la grúa.

*Fotografía 13.- Grúa telescópica en una edificación de estructura metálica*



Es importante conocer el tipo de obra y la ubicación de la misma para determinar el tipo de camiones que se enviarán para transportar las estructuras metálicas, los accesos a la obra, los lugares de almacenamiento de la estructura dentro de la obra hasta el momento de montaje, los tipos de permisos y licencias que se necesitan para llevar a cabo los trabajos de transporte y montaje de la estructura metálica sin contratiempos, además de conocer los lugares donde se puedan conseguir insumos o materiales, incluso mano de obra calificada para arreglar cualquier compostura del equipo de montaje para alguna emergencia en caso de falla repentina de alguna máquina o equipo; todos estos gastos el jefe de montaje debe comprobarlos con facturas o comprobantes fiscales. Estos gastos se pueden prevenir llevando a cabo una buena administración de insumos materiales y mantenimiento de maquinaria de obra, pero siempre se debe prever algún acontecimiento fuera de lo normal.

La selección del personal que intervendrá en el montaje de la estructura metálica debe preverse mínimo con una semana de anticipación, de acuerdo a sus aptitudes y tipo de obra, ya sea edificio, nave industrial u otra estructura, pues depende mucho la altura de montaje. Para determinar el personal se deberá contar con lo siguiente:

- a) Listas del personal proporcionadas por el jefe de montaje o superintendente y complementada por recursos humanos, necesario para realizar los trabajos de montaje, la cual debe contener los nombres completos del personal, número del trabajador, categoría, número de registro del trabajador ante el IMSS, antigüedad dentro de la empresa, sueldo diario, etc. previo consentimiento del trabajador para desarrollar su trabajo en la obra en cuestión.

- b) Tiempo de montaje de la estructura para ver la disponibilidad de todo el personal de laborar en ese lapso de tiempo.
- c) Conocer la habilidad del personal de montaje, el cual también deberá ser constante y puntual en su trabajo además de no ser conflictivo .
- d) Conocer la altura de montaje y la accesibilidad de zonas para caminar encima de la estructura metálica para desarrollar su trabajo.
- e) Conocer el tipo de estructura metálica a montar (soldada o atornillada), el tonelaje total, número de piezas principales y secundarias, cantidades de elementos misceláneos, en resumen conocer exactamente todas las actividades a realizar.
- f) Estado climatológico del ambiente al momento de realizar los trabajos de montaje de la estructura metálica.

Con estos datos se deberá tener una junta de trabajo con el jefe de montaje o superintendente y sus jefes de frente o residentes (en caso de necesitarse) y hacer una valorización de los trabajos y los tiempos de ejecución para determinar las cantidades de personal. Se deberán conocer los motivos de la selección del personal por parte del superintendente, el cual es de la entera confianza de la empresa.

El personal asignado para el montaje deberá comprometerse a terminar los trabajos en las condiciones que previamente fueron enterados, pues la empresa necesita tener la certeza de contar con el personal hasta el final y poder comprometerse con el cliente o propietario para la entrega de la obra.

Es muy frecuente, incluso es más económico (varia mucho dependiendo la distancia entre la obra y la planta, este puede ser entre un 25% a un 40%), contratar gente local para realizar los trabajos de montaje y evitar gastos de viáticos, pero solo en cargos menores, a menos que éste compruebe su experiencia para ocupar un cargo de mayor responsabilidad.

#### **IV.2.- Almacenamiento de materiales**

Se debe prever el lugar donde se almacenarán temporalmente los materiales hasta el momento de su montaje, esta decisión debe tomarse en conjunto con el responsable de obra civil, para no obstruir sus movimientos dentro y fuera de la obra. El propietario tiene la obligación de proporcionar y mantener en buenas condiciones los caminos de acceso e interiores de la obra, para permitir el paso seguro del equipo de montaje y la estructura metálica a montar. El propietario debe proporcionar al montador las facilidades dentro de la obra para tener una zona de trabajo segura para el montaje de la estructura. Se debe asignar una zona conveniente y adecuada, con piso firme, nivelado y drenado para que pueda almacenar la estructura y operar su equipo, eliminar todas las obstrucciones que puedan entorpecer los trabajos de montaje, como líneas eléctricas, telefónicas, etc.

El lugar de almacenamiento no debe estar a más de 30 m del lugar donde se montará así como también la toma de corriente eléctrica que debe ser proporcionada por el propietario. El montador deberá suministrar e instalar los medios de protección necesarios

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

para su propio trabajo. Las protecciones para otros trabajos no directamente pertenecientes al montaje de la estructura es responsabilidad del propietario. Cuando el propietario no pueda proporcionar un lugar en la proximidad inmediata a la zona de montaje para almacenamiento de estructura, lo deberá indicar en los documentos contractuales.

*Fotografía 14.- Llegada de embarque de estructura a obra, a un lado de la grúa*



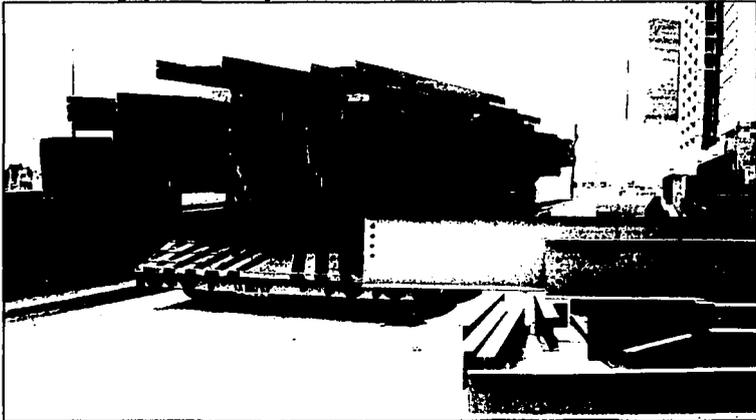
Los elementos desde planta deben cargarse en la plataforma del trailer de tal forma que al momento de su descarga en obra sea según convenga al proceso del montaje de la estructura metálica, esto es:

- a) Montaje de la estructura al momento de su descarga.- La carga debe ser de tal forma que queden arriba los elementos que en el orden de montaje sean los inmediatos a montar.
- b) Almacenamiento de la carga hasta el momento de montaje.- La carga debe ser de tal forma que al principio o debajo de la carga del trailer se localice las piezas que primero se van a montar.

El almacenamiento de materiales en obra debe hacerse en estibas seguras con polines de madera, tendiendo estos a una separación conveniente dependiendo de los elementos a descargar e ir encimando el material con polines entre estos, para poder sacar o meter el estrobo de acero con el que se está descargando o se está montando.<sup>(18)</sup>

<sup>(18)</sup> El estrobo de acero es un cable de acero flexible capaz de soportar las cargas del peso del elemento, este cable va sujeto al gancho de la grúa.

*Fotografía 15.- Plataforma de trailer en zona de almacenamiento*



El almacenamiento de materiales pequeños, tornillería y herramientas deberán estar en cajas con candado o en un almacén o caseta de obra. La tornillería deberá estar clasificada por diámetro y longitud en un lugar libre de humedad, debidamente engrasados, listos para utilizarse.

La soldadura en campo deberá mantenerse en un horno a una temperatura de 30° a 35° C para garantizar que al momento de su aplicación no esté húmeda y sea causa de fallas al momento de la revisión de las soldaduras.

En la cuadrilla de montaje debe haber un almacenista el cual cotejará las remisiones con el embarque, revisando marcas y cantidades, además de verificar que las piezas no lleguen maltratadas a obra, además tiene la obligación de firmar las remisiones donde está de acuerdo que recibe las cantidades y elementos que se especifican en estas. Este almacenista es el encargado de entregar al personal de obra la herramienta e insumos para que pueda llevar a cabo sus labores diarias mediante vales o resguardos para tener el control del almacén. Para las piezas de estructura metálica que se van a montar no son necesarios estos vales, pero si tener en un plano la localización de estas piezas e ir marcando las montadas. El almacenista tiene la obligación de reportar al almacén central la falta de insumos con tiempo suficiente para que se le suministren y no falten en ningún momento.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

### **IV.3.- Montaje de estructura metálica**

Para empezar el montaje de la estructura metálica deberán verificarse los niveles de la obra y ejes de la estructura metálica (ejes de anclajes en cimentación) conjuntamente con la cuadrilla de topografía de la obra civil, estos deberán proporcionar al montador los bancos de nivel, planos de trazo, referencias de niveles y ejes de cimentación. El propietario es el responsable de la exacta ubicación de los trazos y bancos de nivel en el sitio de la construcción y deberá suministrar al montador un plano conteniendo toda la información relativa.

Aunque en el transcurso de la construcción de la cimentación se verifican los datos que reciben el desplante de la estructura metálica y se verifica su correcta posición tanto de los ejes del dado como de la colocación de las anclas de acuerdo a las tolerancias permisibles (véase capítulo II sección II.2), es importante que el propio montador nuevamente verifique estos datos.

Si el propietario desea fijar el método y la secuencia del montaje, o si ciertos miembros no pueden ser montados en el orden normal, lo deberá establecer en los documentos contractuales. En ausencia de cualquier restricción, el montador procederá a usar los métodos y orden de montaje que le resulten más convenientes y económicos y que cumplan con los requisitos de seguridad y de contrato. Cuando el propietario contrate por separado la fabricación y el montaje, es responsable de coordinar las actividades de los contratistas.

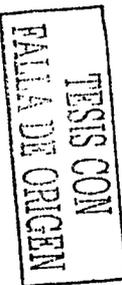
El orden del montaje se debe hacer en forma segura, se deben montar crujeas completas, o módulos completos de estructura, para ir amarrando o rigidizando la estructura y no ir dejando sueltos elementos, pues es muy común que para tener avance en el montaje se monten columnas y solo se rigidice en un sentido o incluso se dejen sueltas, y esto provoca una inestabilidad en la estructura y puede provocar hasta el colapso de la misma.

El montaje de la estructura metálica da inicio pasando los niveles de desplante de todas las columnas de la estructura, estos se pasan del banco de nivel proporcionado por el cliente a las anclas de cimentación, se coloca una tuerca en la rosca de la ancla y la parte superior de la tuerca será el nivel de desplante de la estructura, en un grupo de anclajes se colocan estas tuercas en las anclas de las esquinas para recibir la columna metálica, a estas tuercas se les conoce como tuercas niveladoras.

Cuando el fabricante de estructura metálica monte el acero estructural, deberá suministrar todos los materiales requeridos para las conexiones provisionales y conexiones definitivas de los diversos componentes de la estructura.

Cuando el fabricante no es el encargado del montaje del acero estructural, deberá suministrar el siguiente material para conexiones de campo:

- a) Tornillos de tamaño necesario y en cantidad suficiente para todas las conexiones de campo de los componentes de la estructura de acero que quedarán permanentemente



atornillados. A menos que se especifiquen tornillos de alta resistencia u otros tipos especiales de tornillos y arandelas, suministrará tornillos normales. Suministrará un excedente de 2% en la cantidad de cada diámetro y largo de tornillo requerido.

- b) Las placas y láminas de relleno necesarias para el ajuste de las conexiones permanentes de la estructura metálica.

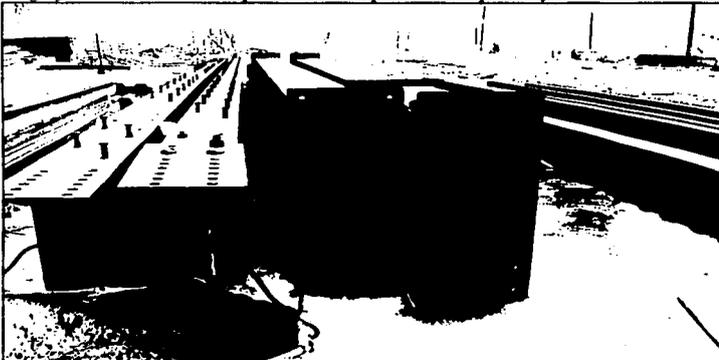
Cuando el montaje de la estructura metálica no lo realiza el fabricante, será el montador quien suministre todos los electrodos de soldadura, los conectores de cortante instalados en campo, los tornillos de presentación y los punzones requeridos para el montaje de la estructura.

El montaje de una nave industrial o una estructura de no más de 20 m. debe tener un avance de crujeas montadas completas, terminadas con todos sus elementos de abajo a arriba a todo lo largo del eje o ejes montados, esto es montado todo el marco del eje estructural, los contravientos, traveses secundarios o largueros de cubierta y todos los accesorios (riostros, contraflameos, medias lunas, lanas de placa, ángulos de remate y de apoyo de losacero, etc.) de las crujeas montadas.

En el montaje provisional de columnas, pues se tiene que soltar estas para montar las traveses, se debe prever de ventear la columna en sus cuatro sentidos, mediante cables de acero ( $\varnothing = 1/2''$ ), cables de nylon o lasos de  $\varnothing = 5/8''$  mínimo, sujetos estos en algún elemento confiable (incluso en las bases de columnas ya montadas y amarradas), o con el personal de montaje sujetando estos vientos. Deberán apretarse las tuercas de las bases de las columnas en forma provisional, el apriete final se hará una vez plomeada y nivelada la estructura.

Los elementos a montar deben ir previstos desde piso de todos sus componentes para la conexión atornillada o soldada antes de elevarse, sujetos con alambre recocido o algún material que garantice su permanencia durante la elevación (véase fotografía 16).

*Fotografía 16.- Piezas listas para elevarse, previstas de placas y tornillos de conexión*



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Quando se monte algún elemento y la jornada del día de trabajo no permita amarrar o rigidizar la estructura, es preferible desmontar este elemento o ventearlo con cables de acero mediante un tirfor (herramienta para tensar un cable de acero) para asegurar la estabilidad del montaje de la estructura metálica.

El montador determinará la necesidad de usar y deberá suministrar e instalar soportes provisionales, tales como tirantes, arriostramientos, obra falsa, apuntalamientos y demás elementos requeridos para el montaje. Estos soportes asegurarán la estructura de acero durante el montaje, pero no las cargas producidas ni resultantes de trabajos ejecutados por otros contratistas.

Los apuntalamientos en losas en una estructura de concreto existente para paso de equipo de montaje deberán ser por parte del cliente, de tal forma que prevenga las cargas que van actuar sobre las losas para no dañarlas por el rodaje o carga del equipo de montaje. Estas cargas las deberá proporcionar el montador de acuerdo a los pesos y descargas que transmiten sus equipos cargados y descargados.

Una estructura de acero autoportada es la que tiene la estabilidad requerida y es capaz de resistir cargas verticales, fuerzas de viento y sismo, supuestas en el diseño. El montador solo suministrará los soportes provisionales necesarios hasta que sea estable sin apoyos externos.

Una estructura de acero soportada externamente es aquella que requiere interacción con otros elementos no clasificados como acero estructural para tener la estabilidad requerida y resistencia a fuerzas de sismo y viento.

En caso de que el diseño de la estructura considere el uso de puntales, gatos o cargas que tengan que ajustarse al avanzar el montaje, para fijar o mantener contraflechas o pretensados, estos deberán quedar estipulados en el contrato.

El montador de la estructura metálica es el responsable de la seguridad de sus trabajadores, los cuales deberán contar con el equipo de seguridad mínima como son: casco, guantes de carmaza, botas industriales, arnes y línea de vida, gafas de protección, chaleco distintivo y si es posible uniforme de la empresa. Además de contar con el seguro social o alguna otra prestación en cuestión de salud.

En el proceso de montaje de estructura metálica al igual que en el de fabricación cada trabajador tiene su función específica dentro de las actividades de montaje para hacer más eficiente el proceso, la secuencia de montaje de una pieza es la siguiente:

- 1.- Identificación de la pieza de acuerdo a marcas de montaje y estrobo de la misma para descargar o elevar para su montaje.
- 2.- Manejo desde tierra o piso de la maniobra, con la ayuda de un radio de obra para tener comunicación con el operador de la grúa (en caso de ser grúa telescópica).
- 3.- Personal montado sobre la estructura para recibir la pieza, preparada con punzón y tornillos necesarios para la conexión.



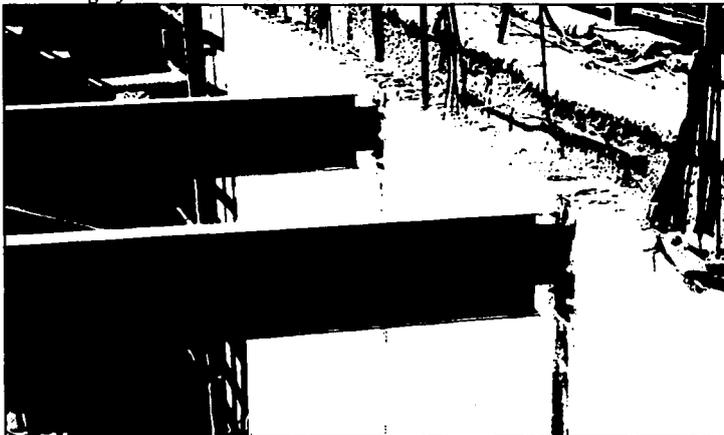
- 4.- Cuadrilla de topografía para plomear y alinear estructura, apoyada por una cuadrilla de montaje especialista en esta actividad.
- 5.- Cuadrilla de apriete de tornillería.
- 6.- Si la estructura metálica se laminará también debe haber gente especialista en esta actividad.

Cada una de las actividades deberá ser supervisada por un responsable de frente o de montaje, apoyando las cuadrillas con personal que conozca el manejo de equipo de corte y soldadura. La cantidad de personas por cuadrilla depende de la magnitud de la obra o del compromiso por parte de la empresa para entrega de la estructura metálica.

El montador podrá auxiliarse con marcas en la estructura, plomos colgados, reventones para alineamiento de estructura o cualquier otro medio de apoyo para garantizar la geometría de la estructura metálica.

La estructura metálica que llega a conectarse a elementos de concreto debe ser soldada, pues siempre existe el riesgo que se salga de alineamiento los paños de muros o incluso los niveles, y las tolerancias que se le dan a los barrenos para conectar con tornillos es insuficiente, también se pueden manejar tornillos sobredimensionados pero la obra civil muchas veces es imprecisa. Se muestra en la fotografía 17 la separación entre la trabe y el muro de concreto de más de 10 cm y en proyecto por lo general debe ser de 1 cm.

*Fotografía 17.- Conexión de estructura metálica sobre muro de concreto*



El montaje de la estructura metálica siempre lo rige los planos de montaje y de tornillería, cualquier modificación en obra deberá avisarse al departamento de ingeniería de la empresa para valuar las modificaciones y plasmarlas en planos. El montador siempre deberá contar con al menos dos juegos de planos comprensibles de montaje y de tornillería.

La aplicación de soldaduras en campo solo podrá realizarla personal calificado y cuando sea posible evitarlas desde taller, convirtiendo o sustituyendo éstas con tornillos de montaje capaces de soportar las mismas o mayores fuerzas de diseño, pues además que tiene un costo elevado la aplicación de las soldaduras en campo, se requiere supervisión de algún laboratorio para garantizar este trabajo de campo.

En el montaje de estructuras por lo regular la soldadura se ocupa solo para soldar elementos auxiliares temporales para montaje, posteriormente se retiran y se limpia la estructura de residuos de soldaduras. Se aplica soldadura de campo solo en filetes, las soldaduras de penetración cuestan hasta 6 veces más aplicarlas en campo. En una estructura totalmente atornillada no deben existir soldaduras a menos que exista un error en campo y se tenga que proceder a cortar o modificar la pieza.

#### **IV.4.- Verticalidad, alineamiento y niveles en la estructura**

Son de esperarse variaciones en las dimensiones finales de la estructura metálica. Se considera que estas variaciones son aceptables cuando no excedan el efecto acumulado de las tolerancias de laminación, fabricación y montaje.

De acuerdo con las Prácticas Generales del IMCA las tolerancias de montaje se definen en relación con los puntos y líneas de trabajo de los miembros como sigue:

- a) Para miembros no horizontales, los puntos de trabajo son los centros geométricos en cada extremo de la pieza.
- b) Para miembros horizontales, los puntos de trabajo son el centro de la superficie o patín superior en cada extremo.
- c) En caso de que sea conveniente usar otros puntos de trabajo, puede hacerse siempre que se basen en estas definiciones.
- d) La línea de trabajo de una pieza es la línea recta que une sus puntos de trabajo.

Las tolerancias en posición y alineación de los puntos y líneas de trabajo son las siguientes:

##### Columnas

Se considera que cada tramo de columna está a plomo si la desviación de la vertical de una línea de trabajo no excede de 1:500, con las siguientes limitaciones:

- a) Los puntos de trabajo de los tramos de columnas adyacentes a cubos de elevador no tendrán variaciones mayores de 25 mm de su eje teórico en los primeros 20 pisos de un edificio; a mayores alturas puede incrementarse la desviación en 1 mm por cada piso adicional, sin pasar de un máximo de 50 mm.
- b) Los puntos de trabajo de los tramos de columnas exteriores podrán estar desplazados de su eje teórico no más de 25 mm hacia fuera ni 50 mm hacia adentro del edificio en los primeros 20 pisos; el desplazamiento puede aumentarse 2 mm por

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

cada piso adicional, sin que exceda los 50 mm hacia fuera ni los 75 mm hacia adentro del edificio.

- c) Los puntos de trabajo de cualquier tramo de columna exterior, a cualquier nivel de empalme en edificios de pisos múltiples, o en el extremo superior de columnas en el caso de edificios de un solo piso, no deberán quedar fuera de una envolvente horizontal, paralela al parámetro de 40 mm de ancho para edificios de hasta 100 m de largo. El ancho de la envolvente puede aumentarse hasta 13 mm por cada 30 m adicionales de longitud, pero no excederá de 75 mm.
- d) Los puntos de trabajo de columnas exteriores podrán estar desplazados de su eje teórico, en el sentido paralelo al paramento del edificio, no más de 50 mm en los primeros 20 pisos; a mayores alturas el desplazamiento puede aumentarse 2 mm por cada piso adicional pero sin exceder los 75 mm.

#### Miembros conectados a columnas

- a) La alineación horizontal de los miembros conectados a columnas será aceptable si los errores en su alineación se deben solamente a las variaciones, dentro de las tolerancias, de la alineación de las columnas.
- b) El nivel de los miembros conectados a columnas será aceptable si la distancia del punto de trabajo del miembro al nivel del empalme superior de la columna, tiene variación no mayor de + 5 mm, ni de -8 mm de la distancia marcada en planos.

#### Otros miembros

Los miembros no mencionados anteriormente se consideran a plomo, a nivel a alineados, si el desplazamiento del miembro de su posición teórica no excede de 1:500 de la distancia medida sobre la línea recta trazada entre los puntos de apoyo del miembro.

Las tolerancias y referencias anteriores son válidas en estructuras metálicas interiores y exteriores, pero existen también estructuras aparentes, las cuales se han vuelto de uso más común en la arquitectura de edificio y espacios de construcción, esta estructura requiere tolerancias más estrictas y mejores acabados que el acero estructural ordinario.

Es importante que los documentos contractuales especifiquen las zonas o partes de acero aparente, para que el fabricante de estructura tenga la precaución de cotizar y fabricar y montar de acuerdo a las exigencias de acabado que se requieran, para evitar malos entendidos y gastos innecesarios.

Las soldaduras aplicadas en campo deberán controlarse de tal forma que la temperatura aplicada a la conexión o elemento no deforme el material y sea visiblemente perceptible, aunque este dentro de tolerancia.

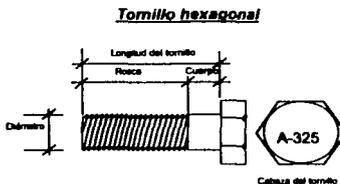
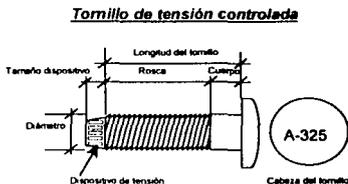
Para las revisiones de los niveles de los entresijos de estructura metálica el montador con la ayuda de su cuadrilla de topografía deberá marcar referencias o niveles en la estructura, transportados de algún banco de nivel de la obra, e ir subiéndolo este nivel, para verificar el correcto nivel en el entresijo que se este verificando.

#### IV.5.- Apriete de tornillería

Nunca se deberá hacer el apriete de tornillos si la zona aún no esta liberada en cuestión de plomeo, alineamiento y nivelación, así también si se encuentra elementos principales inferiores sin montar, pues el apriete no permite abrir o cerrar la estructura para el montaje de estas y las holguras que se dan desde taller se cierran con este proceso.

En el sitio de la obra deberán almacenarse los tornillos y protegerse de humedad y suciedad. Únicamente se deberán retirar del almacén la cantidad de tornillos que se utilizarán en la jornada de trabajo, los excedentes deberán regresarse. No deberá removerse el lubricante que traen de fabrica.

Cuando se utilicen tornillos en conexiones críticas al deslizamiento o en conexiones sujetas a tensión directa, deberá haber en la obra un dispositivo para medición directa de tensión en tornillos. Actualmente con los tornillos de alta resistencia de tensión controlada no es necesario este aparato en obra, pues los tornillos cuentan con un dispositivo en la punta del cuerpo del tornillo, el cual se rompe o truena al momento que el tornillo llega a la tensión requerida, este apriete se realiza con una pistola que abraza a la tuerca y al dispositivo.



En conexiones críticas al deslizamiento, conexiones sujetas a tensión y conexiones por aplastamiento que deban estar completamente tensionadas, los tornillos junto con las arandelas del tamaño y calidad especificados, se instalarán en agujeros correctamente alineados y se apretarán por el procedimiento que más convenga al montador. En el caso de tornillos de alta resistencia de tensión controlada solo se preverá el apriete en forma sistemática, para la estructura metálica no se desplome al estar torquendo los tornillos de las conexiones principales con la herramienta o pistola de apriete para tornillos de tensión controlada.

Para tornillos hexagonales de alta resistencia se debe verificar con la supervisión de la obra o con el cliente el procedimiento de apriete, independientemente del torque sistemático, pues es más rápido para la revisión de la estructura al momento de entregarla, para que el personal de supervisión tenga los parámetros necesarios para evaluar el apriete de la tornillería.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Un método práctico de instalación y apretado de tornillería en obra es el de apretado por vuelta de tuerca, para este método no se requieren arandelas endurecidas.

**Tabla 14.- Tensión requerida en tornillos en conexiones críticas al deslizamiento y en conexiones sujetas a tensión directa<sup>(19)</sup>**

Tamaño nominal del tornillo en mm		Tensión mínima (a) en kilogramos.	
mm	pulg.	Tomillos A-325	Tornillos A-490
12.7	1/2	5,400	6,800
15.9	5/8	8,600	10,900
19.1	3/4	12,700	15,900
22.2	7/8	17,700	22,200
25.4	1	23,100	29,000
28.6	1 1/8	25,400	36,300
31.8	1 1/4	32,200	46,300
34.9	1 3/8	38,600	54,900
38.1	1 1/2	46,700	67,100

(a) Igual al 70% de la resistencia mínima a la tensión de los tornillos, según las especificaciones ASTM.

Se probará, al inicio del trabajo, una muestra representativa formada por no menos de tres tornillos y tuercas de cada diámetro, del tipo y largo que se utilizarán en la estructura, en un dispositivo que mida la tensión en los tornillos. Esta prueba deberá demostrar que el método usado para alcanzar el apretado inicial y, que a partir de esta condición, que la vuelta adicional que se dará, producirá una tensión cuando menos cinco por ciento mayor que el valor estipulado en la tabla anterior.

Se instalarán los tornillos de la conexión y se hará el apretado inicial, que es el que existe cuando todas las capas de la unión llegan a estar firmemente en contacto. El apretado inicial deberá avanzar sistemáticamente desde la parte más rígida de la conexión hacia los bordes libres; después se volverá a apretar en forma sistemática en forma similar las veces que sea necesario hasta que todos los tornillos han alcanzado simultáneamente el apretado inicial y han entrado firmemente en contacto todas las capas de la conexión. Tras la primera operación todos los tornillos de la conexión se seguirán apretando mediante el giro adicional que se especifica en la tabla 20. Durante esta operación de apretado sólo deberá girar la parte del tornillo a la que se aplica la fuerza de la llave. El apretado final se hará sistemáticamente desde la parte más rígida de la unión hacia los bordes libres.

Para verificar que se está cumpliendo con la parte de vuelta correspondiente el montador deberá hacer una marca en el tornillo o tuerca y en la parte a conectar, para que el supervisor de la estructura en conjunto con el montador constaten el método que se está empleando. Además de que le permite al operador de la llave saber cuando se ha alcanzado el giro necesario después del apretado inicial.

<sup>(19)</sup> Manual IMCA Vol. 2, Apéndice E, Tabla 4, página 74

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para obtener resultados confiables en forma constante, se deberá efectuar el apretado inicial a manera de lograr siempre la buena compactación de la unión, antes de efectuar el giro parcial adicional que se requiere para el apretado final.

*Tabla 15.- Rotación de la tuerca a partir del apretado inicial<sup>(20)</sup>*

<i>Largo del tornillo (medido debajo de la cabeza al extremo).</i>	<i>Disposición de las caras exteriores de la unión</i>		
	<i>Ambas caras perpendiculares al eje del tornillo.</i>	<i>Una cara perpendicular al eje del tornillo y la otra inclinada no más de 1:20 (sin usar arandela biselada).</i>	<i>Ambas caras inclinada no más de 1:20 respecto a la perpendicular al eje del tornillo (sin usar arandela biselada).</i>
<i>Hasta 4 diámetros Inclusive</i>	<i>1/3 de vuelta</i>	<i>1/2 vuelta</i>	<i>2/3 de vuelta</i>
<i>Más de 4 diámetros sin exceder de 8 diámetros</i>	<i>1/2 vuelta</i>	<i>2/3 de vuelta</i>	<i>5/6 de vuelta</i>
<i>Más de 8 diámetros sin exceder de 12 diámetros</i>	<i>2/3 de vuelta</i>	<i>5/6 de vuelta</i>	<i>1 vuelta</i>

*La rotación de la tuerca es con respecto al tornillo, independientemente que se haga girar la tuerca o el tornillo. Cuando el giro es de 1/2 vuelta o menos, la tolerancia es de 30 grados en más o en menos; cuando el giro es de 2/3 de vuelta o más, la tolerancia es de 45 grados en más o en menos. No se aplica solamente a conexiones en que todas las capas son de acero. No se han investigado los métodos de apretado por vuelta de tuerca para largos de tornillos que exceden de 12 diámetros. Por consiguiente deberá determinarse el giro requerido mediante prueba en un dispositivo que mida tensión y que simule la condición de que todas las capas están sólidamente en contacto.*

Es importante el constante apriete en los tornillos hexagonales en estructuras metálicas en donde haya vibración o maquinaria trabajando que cause movimientos. En grúas viajeras siempre se colocan dos tuercas para evitar que se aflojen los tornillos de las conexiones. Se debe prever en la instalación del tornillo que la tuerca quede por la parte de debajo de la conexión, para en caso de que se afloje totalmente la tuerca, esta caiga y que el tornillo quede puesto como pasador.

En la cuantificación de la tornillería para enviarse a obra siempre se mandan un excedente dependiendo del volumen de estos, por recomendación del Manual IMCA es el 2% por diámetro y longitud, pero en la práctica se recomienda enviar un excedente en múltiplos de acuerdo al número de tornillos por conexión, esto es que se envía tornillos para una o más conexiones de acuerdo al volumen.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>(20)</sup> Manual IMCA Vol. 2, Apéndice E, Tabla 5, página 75

#### IV.6.- Colocación de lámina losacero

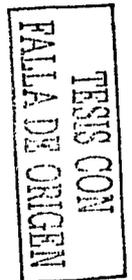
El sistema constructivo losacero, en la estructura metálica conforma en conjunto una sección compuesta, en la cual la losacero y una viga de acero, unidas por medio de un dispositivo mecánico llamado conector de cortante, crea un solo cuerpo estructural. La losa de concreto se convierte en el patín de compresión de la viga compuesta, mientras que la sección del acero soporta los esfuerzos de tensión. La losacero tiene tres funciones principales:

- 1) Actuar como plataforma de trabajo durante la construcción
- 2) Proveer el refuerzo positivo por flexión a la losa de concreto
- 3) Proveer resistencia para cargas horizontales

Antes de fraguar el concreto, la lámina soporta el peso del concreto, sirviendo como una cimbra. Una vez fraguado el concreto, trabaja en conjunto concreto y acero como un solo cuerpo estructural. Dependiendo la separación entre apoyos y el calibre de la lámina losacero se obtiene la capacidad de carga. En tablas del fabricante señala la separación máxima de apoyos para no requerir apuntalamiento provisional del centro del claro, esto permite trabajar en varios niveles al mismo tiempo, y varias actividades, ahorrándose tiempo de edificación.

El manejo y almacenamiento de la lámina es muy importante, pues de esto depende la calidad del trabajo, el manejo se debe hacer en paquetes de no más de 20 láminas (con grúa) y estrobar con eslingas y no con cables de acero y utilizar el número de personas necesarias para evitar golpes y rayones en la lámina. El almacenamiento debe ser en un lugar libre de humedad, en un lugar techado, si no es posible se deberán cubrir con lonas que eviten el contacto con las inclemencias del tiempo y prever la cantidad de polines necesarios para hacer las estibas.

*Fotografía 18.-Almacenamiento de lámina losacero en obra.*



Antes de colocar la lámina losacero se deberá revisar que la estructura donde se va ha apoyar este totalmente terminada. Se verificarán las medidas de las láminas y con la ayuda de un plano de montaje de lámina se deberá ubicar cada una de las piezas. Solo se deberá elevar al nivel donde se requiera la lámina la cantidad de piezas a utilizar en la jornada de trabajo, pues si no se fijan estas el viento puede ocasionar el vuelto de estas. En el pedido de láminas deberá preverse el largo de estas, una longitud muy grande puede ocasionar con el viento inseguridad en el personal de montaje. Se puede manejar hasta 8 m de longitud máximo, en estructuras de poca altura se puede manejar hasta 12 m.

En el tendido de la losacero se deberá prever el traslape lateral de cada una de las láminas, ya que esta cuenta con una moldura para ir uniendo estas. La colocación se hara con la ayuda de un hilo reventón para limitar los paños de losa. Los extremos de la losacero siempre deberán estar apoyados. Se deberá auxiliar la colocación de la lámina con puntos de soldadura para evitar el volado de estas por el viento.

Se deberá evitar la concentración de cargas en la lámina colocada, para evitar deformaciones y rayones en la lámina. El equipo para la instalación deberá ubicarse sobre una trabe principal o sobre una plataforma prevista para estos trabajos, con extensiones de cable suficientes para poder desarrollar el trabajo.

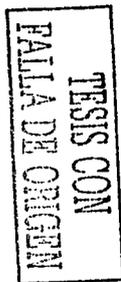
La lámina losacero se puede instalar con pernos de cortante o sin ellos, esto depende de la capacidad de carga que se le pretenda dar a la sección compuesta. La colocación sin pernos requiere que la lámina se fije perfectamente, ya sea con tornillos autotaladrantes, clavo disparado o puntos de soldadura en todos los valles.

Los pernos de cortante pueden ser de ángulo o canal de acero; estos deberán instalarse con soldadura con electrodo recubierto. Para los pernos de cortante electrosoldados tipo Nelson deberá instalarse en obra una maquina permeadora, la cual tiene la función de fundir por medio de un disparo eléctrico el perno electrosoldado tipo Nelson, el ferrul (fundente), con la lámina losacero y la trabe metálica.

El montador debe colocar la cantidad de pernos indicados en planos de laminación, esta cantidad estará regida por el cálculo de la sección compuesta entre la trabe metálica y el sistema losacero. Cada perno tiene la función de soportar el cortante transmitido por la losa de concreto y evitar un posible deslizamiento.

El montador deberá prever un equipo para cortar las láminas para escuadres o pasos de instalaciones o columnas, este equipo deberá ser con disco de corte o un equipo de oxicorte, el primero es más limpio, pero más tardado. El manejo del equipo de oxicorte deberá realizarlo una persona especialista, para garantizar el trabajo de instalación. En los cortes que se hagan para pasos de columnas deberá reforzarse el hueco con ángulo u otro material de acero, para evitar deformaciones o escurrimiento de concreto por estas zonas.

El montador debe hacer entrega de las zonas terminadas de laminar al residente de obra civil, para que este tome la responsabilidad de mantener la lamina losacero en las



condiciones en que fueron recibidas. El residente de obra civil deberá tener la precaución de tener los elementos necesarios para mantener en buen estado la lámina instalada.

En caso de existir discrepancias entre los planos de laminación con las medidas físicas en obra se deberá valorar los trabajos, deslindar responsabilidades, y tomar una decisión sobre estas variaciones, pues cortar más de un 10% de la cantidad de las láminas es incoesteable para la empresa.

*Fotografía 19.- Tendido de lámina losacero*



El constructor de obra civil será el encargado de hacer los siguientes procesos de construcción para hacer le sistema de losacero y la sección compuesta, estos procesos siguientes son: la instalación de la malla electrosoldada, el apuntalamiento temporal (si es necesario), fronteras de losa, colado de losa y acabado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Capítulo V.- Terminación y liquidación de obra**

### **V.1.- Entrega y recepción de la estructura metálica**

En el momento de terminar una zona, tramo o incluso la obra de montar, plomear, nivelar y apretar la totalidad de los tornillos, el montador deberá dar aviso al departamento de ingeniería de la empresa, para que éste a su vez programe la visita de uno o más supervisores (de acuerdo al volumen de obra) para verificar que la estructura metálica montada cumple con las especificaciones indicadas en los planos de montaje y tornillería. El supervisor interno de la empresa fabricante deberá revisar contra marcas de embarque lo montado, los tornillos por diámetro y longitud, revisar que los tornillos estén tornados en la parte del dispositivo de tensión (si es que la obra tiene este tipo de tornillos), o si son tornillos hexagonales revisar aleatoriamente el apriete con una llave en presencia del montador. Además deberá verificar los paños de estructura, los reportes de topografía de las lecturas de plomeo monitoreadas durante el transcurso de la obra o zona que esté revisando, limpieza de la estructura y el maltrato de la pintura anticorrosiva aplicada en taller. Es importante que el supervisor que se envíe a la obra conozca el proyecto arquitectónico y estructural, y esté familiarizado con los conceptos de construcción.

Una vez hecha la revisión en compañía del montador deberá hacerse una minuta de trabajo, indicando una lista de las correcciones que se le deben de hacer a la estructura metálica montada. Deberá exigírsele al montador una fecha o tiempo de terminación de las correcciones si es que existen, para programar una siguiente visita. Deberán valorarse los trabajos para dejar la gente que se necesita. Si el montaje es subcontratado, estos trabajos de corrección no deberán cobrarse por parte del contratista, pues la mala ejecución de los trabajos es responsabilidad de éste.

Es muy importante a su vez que el supervisor entregue un reporte de la revisión que llevó a cabo con el montador, pues no por entregar una estructura se confíe al montador estos trabajos y no se lleven acabo, en la revisión pudiera ser que se encuentren defectos graves que pudiesen poner en peligro la estabilidad estructural. El reporte deberá ser entregado al departamento de ingeniería con copia para gerencia general y darle seguimiento a los puntos anotados.

Cuando se libera o se da el visto bueno del supervisor para entrega de la obra o zona, se procede a hacer una junta de obra con el cliente o residente de obra para hacer entrega de los trabajos ejecutados. El supervisor en compañía del montador deberá hacer el recorrido de obra con el cliente. El supervisor deberá prever una copia de los planos estructurales y arquitectónicos para cualquier duda o comentario que se presente durante el recorrido.

El cliente o el residente de obra muchas de las veces desconoce los defectos o no tiene la visión de la estructura metálica y es obligación del fabricante y montador al momento de la entrega de su estructura responder y aclarar las dudas que pudiese tener, para que el cliente tenga la plena seguridad que se le está entregando una estructura de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

calidad. Además el montador tiene la obligación de reparar cualquier defecto que pudiese surgir en ese momento o incluso si posteriormente se detecta.

Se hará una carta de entrega y recepción de la obra indicando en ella lo siguiente:

- a) Fecha de entrega
- b) Referencia de la obra
- c) Ubicación de la obra
- d) Descripción de los trabajos que se están entregando
- e) Condiciones en que se entrega la obra
- f) Firma del montador o del supervisor de entrega de los trabajos
- g) Firma de aceptación de los trabajos por parte del cliente

Con la carta de aceptación por parte del cliente se procederá a hacer la liquidación de la obra y enviar para cobro los adeudos que se tengan.

## V.2.- Satisfacción del cliente

“El cliente es primero” es un eslogan que han manejado empresas de diferentes giros durante mucho tiempo, y en una empresa de estructuras metálicas no debe ser la excepción, siempre se debe ver los intereses del cliente, pues involucra directamente a sus proveedores. Todo lo que requiera el cliente para su obra, el contratista se lo debe proporcionar, pues todo el trabajo que solicite se cobra, y así como se cobra se debe tener al cliente contento y seguro de contar con lo solicitado.

Durante el proceso de la obra debe prestársele al cliente la atención necesaria para cumplir con el contrato, cuando el cliente solicite algún trabajo de reparación o modificación, se debe proceder a ejecutar esté. En las reparaciones deberá investigarse la causa del error, además de ver quien ejecutó este trabajo y si es imputable a la estructura metálica u obra civil para deslindar responsabilidades. Cuando es modificación de proyecto o por cualquier otra causa se deben manejar con el cliente los costos de los trabajos.

Siempre se debe designar a una persona encargada del proyecto, la cual maneje la obra con poder de decisión para cualquier contratamiento o solicitud del cliente, debe conocer y estar enterado de los procesos de la obra tanto en taller como en obra, para que cualquier duda o aclaración por parte del cliente no le cree a él incertidumbre o desconfianza sobre el avance de su obra. Por lo general el encargado de estos trabajos debe ser el jefe del departamento de ingeniería de la empresa.

Se debe dar pronta respuesta a las solicitudes del cliente, ésta debe ser personalizada y tratar de ser personalizada por parte del encargado del proyecto. El cliente debe contar con todos los medios para comunicarse con el jefe de ingeniería, tener sus números de teléfono de oficina, celular y radio nextel (si cuenta con uno), además de su correo electrónico, el jefe de proyecto también debe tener los números del cliente o residente de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

obra. La comunicación entre cliente y fabricante debe ser estrecha y respaldarse uno del otro con documentos por escrito y no queden en palabras los cambios o modificaciones al proyecto cotizado. Toda la información que requiera el cliente debe proporcionársele e ir informándole sobre los avances de obra conforme a programas de trabajo por actividades o como él lo solicite.

Nunca se debe realizar un trabajo sin el consentimiento del cliente, además de informarle los costos que le provocarán los trabajos extras o modificaciones al proyecto, pues si se ejecuta antes de entregarle por escrito los costos, el cliente pensará que se le está incrementando el monto total de la obra o incluso que se le está robando. Por consiguiente siempre se le debe enviar una cotización de los nuevos trabajos y esperar su confirmación para poder cobrar. Se puede iniciar un trabajo solo con la palabra del cliente, confiando en éste y pedir posteriormente un documento o enviarlo a sus oficinas para que esté enterado.

En muchas ocasiones se realizan trabajos extras sin conocimiento al cliente, las instrucciones se dan en obra por residentes o maestros de obra, o incluso por decisión del montador por algún acontecimiento dentro de la obra no previsto por el estructurista o constructor, estos trabajos se deben conciliar con el residente de obra y pasar a aprobación por parte del cliente.

Cuando se le entrega una obra al cliente éste debe quedar totalmente satisfecho de la estructura metálica que se le vendió, además de contar con la seguridad que le da la empresa que le realizó el trabajo, teniendo la imagen de una empresa de estructura metálica seria y confiable. Esta imagen se le debe transmitir al cliente durante el proceso de proyecto y de la obra mediante la confianza y decisión para afrontar los problemas que siempre se dan en una obra.

### **V.3.- Liquidación de obra**

Una vez entregada la obra se procede a liquidar los trabajos conforme a lo estipulado en los documentos contractuales. Depende de las condiciones de pago las estimaciones y liquidación de obra, pues en estructura metálica por lo general en el presupuesto y/o contrato se especifican las formas de pago para anticipo, fabricación y montaje. Para montaje por lo regular se deja un 10% del monto total del presupuesto y éste se cobra con la recepción de la obra. Cuando el cliente lo requiere se extienden fianzas para garantizar el cumplimiento de los compromisos.

La estructura metálica se cobra por kilogramo de acero fabricado, transportado y montado. El procedimiento para calcular el peso de la estructura metálica para fines de pago está establecido en el Manual IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero), es el que rige en México y además debe estar estipulado en los documentos contractuales.

El Manual IMCA nos da las siguientes consideraciones para el cálculo del peso de la estructura metálica:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- 1) El peso unitario del acero se considera de 7 850 kg/m<sup>3</sup>. El peso unitario de otros materiales se determina de acuerdo con los datos publicados por los fabricantes del producto en cuestión.
- 2) Los pesos de los perfiles, placas, barras y tubos se calculan con base en los dibujos de taller que muestran las cantidades y dimensiones reales del material suministrado, en la siguiente forma:
  - a) El peso de todos los perfiles estructurales y de los tubos se calcula con el peso nominal por metro y la longitud total detallada.
  - b) El peso de placas y barras se calcula usando dimensiones totales rectangulares detalladas.
  - c) Cuando las partes pueden ser cortadas económicamente en múltiplos de una pieza de mayores dimensiones, el peso se calcula con base en las dimensiones teóricas rectangulares de la pieza de la que se cortan las partes.
  - d) Cuando las partes se cortan de un perfil estructural del que sobre un tramo no utilizable en el mismo contrato, el peso se calcula con base en el peso nominal de la pieza de donde fueron cortadas las partes.
  - e) No se hacen deducciones por el material removido por corte, recorte, biselado, punzonado, taladrado y otros procesos de producción.
- 3) El peso de los tornillos de campo y de taller, y de las tuercas y arandelas, se calculan con la lista de cantidades de tornillos y los pesos tabulados en el Manual IMCA (volumen 2 página 263 y 264).
- 4) No se incluye en el peso calculado para fines de pago el peso de la soldadura de taller y de campo, ni el de la pintura.
- 5) Por falta de uniformidad en los largos de los perfiles y en las dimensiones de las placas, es difícil en la práctica aplicar los procedimientos expuestos en los incisos c y d anteriores. Además, es común que los perfiles y placas tengan descalibres mayores que los de la norma, por lo que su peso real es generalmente mayor al nominal. Tomando en cuenta lo anterior y para simplificar y normalizar la determinación del peso para fines de pago, se recomienda aplicar, al peso calculado con los procedimientos descritos en los incisos a y b anteriores, un incremento del 3.5%.

La cuantificación de la estructura metálica se hace por lo general de acuerdo a las listas de materiales de los planos de fabricación entregados al cliente. Estas listas de materiales se capturan en una base de datos electrónica del programa Microsoft Works, en la cuál se generan columnas o parámetros útiles para la liquidación de la estructura metálica.

En esta base de datos también se generan informes, los cuales separan los conceptos de acuerdo a los valores y las necesidades de la empresa fabricante de estructura metálica. Se puede generar una gran variedad de informes, pero los más útiles son:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- a) Informe por materiales, nos da el listado por separado y el total del peso por material (IPR, placa, canal, monten, etc).
- b) Informe por tipo, nos da un listado en resumen de materiales por tipo, por ejemplo cuanto placa de 6mm, de 10mm, etc. Es más explícito que por material. Este listado sirve para ajustar el pedido final de materiales.
- c) Informe por plano, es el listado de la cuantificación hecha de la obra por número de plano, este listado es el que se le entrega al cliente.
- d) Resumen por longitud, nos sirve para pedido de materiales a medida.
- e) Resumen por plano, es principalmente para control interno de fabricación e incluso para montaje.

En la cuantificación por plano se deben especificar todos los conceptos que conforman cada una de las piezas fabricadas o ensambles por marca de embarque, esto es se debe indicar en la cuantificación el plano, la marca de embarque, marca de ensamble, cantidad, material, tipo, ancho, longitud, peso por metro lineal (de acuerdo a tablas del IMCA), peso unitario, peso total de la marca y peso total del ensamble.

Cada uno de los planos deberá tener la suma de los pesos parciales y al final la sumatoria total de los pesos de las marcas de embarque, afectando este peso por el 3.5% de descabre de acuerdo al inciso 5 anterior.

*Generador de cuantificación de peso de una estructura metálica.*

O.T.: 1824  
 CLIENTE: HABITAX, S.A. DE C.V.  
 OBRA: PUENTE PEATONAL ANTARES

PESO DE LA OBRA

PLANO	MCA.EMB	MARCA	CANT	MATERIAL	TIPO	ANCHO	LONGIT.	KG/M	KG/UNT.	KG/TOT
C-146	C-146	ca-134	1	IPR		1,000	8,594	90.70	779.48	Kg
C-146	C-146	pl-101	1	PLACA	PL22	600	600	174.30	62.75	62.75 Kg
C-146	C-146	pa-273	3	PLACA	PL10	110	300	74.70	2.47	7.40 Kg
C-146	C-146	pa-274	3	PLACA	PL10	150	529	74.70	5.93	17.78 Kg
C-146	C-146	pa-275	3	PLACA	PL10	382	500	74.70	14.27	42.80 Kg
C-146	C-146	pa-280	1	PLACA	PL10	419	598	74.70	18.72	18.72 Kg
C-146	C-146	pa-292	1	PLACA	PL13	371	1,049	99.60	38.76	38.76 Kg
C-146	C-146	pa-293	1	PLACA	PL13	367	1,045	99.60	38.20	38.20 Kg
C-146	C-146	pa-295	1	PLACA	PL13	380	966	99.60	36.56	36.56 Kg
C-146	C-146	pa-296	1	PLACA	PL13	376	969	99.60	36.29	36.29 Kg
C-146	C-146	pa-297	6	PLACA	PL13	121	317	99.60	3.62	22.92 Kg
C-146	C-146	pa-298	6	PLACA	PL13	382	317	99.60	12.06	72.37 Kg
C-146	C-146	pa-299	2	PLACA	PL16	122	320	124.50	4.86	9.72 Kg
<b>TOTAL DE PLANO SIN DESCALBRE</b>										<b>1,183.74 Kg</b>
TP-101	TP-101	pa-201	12	PLACA	PL8	120.00	357.00	62.20	2.66	31.98 Kg
TP-101	TP-101	pa-271	6	PLACA	PL8	238.00	718.00	62.20	10.54	63.24 Kg
TP-101	TP-101	pa-272	8	PLACA	PL8	124.00	716.00	62.20	5.52	33.13 Kg
TP-101	TP-101	pa-280	2	PLACA	PL10	120.00	716.00	74.70	6.42	12.84 Kg
TP-101	TP-101	pa-284	2	PLACA	PL10	120.00	357.00	74.70	3.20	6.40 Kg
TP-101	TP-101	pa-300	1	PLACA	PL32	284.00	1,395.00	249.00	98.65	98.65 Kg
TP-101	TP-101	pa-301	1	PLACA	PL16	402.00	460.00	124.50	23.02	23.02 Kg
TP-101	TP-101	ipa-104	1	IPR	W30x90	1,000.00	14,346.00	134.20	1,925.23	1,925.23 Kg
TP-101	TP-101	ipa-107	1	IPR	W30x90	1,000.00	14,346.00	134.20	1,925.23	1,925.23 Kg
<b>TOTAL DE PLANO SIN DESCALBRE</b>										<b>4,119.72 Kg</b>
<b>PESO SIN DESCALBRE</b>										<b>5,303.46 Kg</b>
<b>MAS 3.5% DE DESCALBRE</b>										<b>185.62 Kg</b>
<b>PESO TOTAL</b>										<b>5,489.08 Kg</b>

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

Una vez que se tiene el peso de la obra se prepara la liquidación de la obra en una última estimación revisado el estado de cuenta de la obra y amortizando el anticipo. Se prepara la factura junto con la cuantificación del peso de la estructura y todos los planos de fabricación, montaje y tornillería, además de los memorandums o pedidos de materiales extras que se hayan manejado en el transcurso de la obra.

El cliente tiene una semana para revisar los generadores enviados y en caso de alguna discrepancia pedir una junta de trabajo para revisión y conciliación de los documentos de liquidación.

Los documentos de liquidación deben ser legibles y estar acompañados de un estado de cuenta donde el cliente verifique el orden de sus pagos y saldos pendientes por pagar. Además en los documentos contractuales se deben especificar los tiempos para pagar una vez recibida la factura.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Conclusiones

Existen básicamente dos ventajas para decir que una edificación hecha con estructura metálica es más factible que construir con estructuras de concreto; y estas ventajas son las técnicas y las económicas.

### TÉCNICAS

- 1.- Mejor comportamiento sísmico.- Por muchas razones, su comportamiento es mucho mejor (más ductilidad, menos masa, menos peso, etc.)
- 2.- Mayor versatilidad en claros y dimensiones.- Se pueden tener más facilidades para dimensionar arquitectónicamente (oficinas, departamentos, etc.).
- 3.- Menor número y dimensiones de columnas.- En el cálculo de la estructura metálica, las dimensiones de las columnas son menores y pueden espaciarse, dada la capacidad de las traves metálicas, en una separación mayor, ocasionando una mayor cantidad de metros usables, mayor visibilidad y mayor uso de los espacios disponibles.
- 4.- Mínimo requerimiento de muros intermedios.- Esto nos proporciona como en el inciso anterior, una mayor disponibilidad de áreas y divisiones con mucho menor costo, normalmente se usan unos cuantos muros donde va el contraviento de la estructura.
- 5.- Flexibilidad en el diseño.- Dadas las condiciones de los nuevos reglamentos de construcción, el construir en acero proporciona una economía notoria cumpliendo con los reglamentos y normas en vigor, y nos da una flexibilidad de claros, fachadas, divisiones, etc., que nos llevan a una economía mayor.
- 6.- Control de calidad absoluta.- Al fabricarse toda la estructura en planta cuya fabricación está controlada y no afecta ni las condiciones atmosféricas ni los cambios en horarios, en donde las condiciones de trabajo son buenas (movimientos, posiciones), se pueden obtener resultados óptimos de calidad. Así como al hacer esta estructura con materiales en que los fabricantes otorgan certificado de calidad, como son placas, perfiles laminados, tornillos, etc., hacen que la confiabilidad en una estructura metálica sea completamente certificada.

Otro de los motivos de una calidad superior es que este tipo de estructura se hace con equipos totalmente con control numérico, en las que las probabilidades de error humano son mínimas y nos permiten hacer estas estructuras totalmente atornilladas, que aunado al nuevo producto de tornillos de "tensión controlada", permiten garantizar una estructura con calidades superiores.

- 7.- Comportamiento al fuego.- Al ser el acero un material incombustible, los requerimientos de protección son externos y muy económicos. En el caso de un incendio es muy sencillo analizar sus consecuencias, no así en el concreto, que no se puede saber con facilidad las consecuencias del calor en el interior de la estructura, así

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

como por tratarse de perfiles laminados con espesores considerables, el comportamiento de la estructura metálica es mucho más confiable.

- 8.- Renovaciones y modificaciones.- Con una gran sencillez se pueden hacer modificaciones en la estructura, motivadas por proyectos arquitectónicos, modificaciones de cargas, escaleras, elevadores, etc.
- 9.- Material reciclable.- Dadas las características del acero todo el material se puede volver a usar para modificaciones, ampliaciones o nuevas obras, teniendo un valor de inversión más alto.

### ECONÓMICAS

- 1.- Menos costo de cimentación.- La estructura metálica tiene un peso de aproximadamente solo un tercio de la de concreto, esto nos ocasiona (dadas las condiciones de la mayoría del subsuelo en el Distrito Federal ) un ahorro considerable en la cimentación.
- 2.- Menos costo en estructura.- En las condiciones actuales de reglamentos y diseños la estructura metálica normalmente es más económica que cualquier otro tipo de estructura, con otra gran ventaja que se sabe desde el proyecto su costo real final.
- 3.- Menor tiempo de construcción.- En la estructura metálica se puede iniciar fabricación al terminar el proyecto y aún antes de iniciar cimentación, esto nos acorta el tiempo de obra enormemente y nos permite iniciar el montaje al terminar la cimentación. Aparte el tiempo de la erección de la estructura con los procedimientos ya descritos en fabricación y montaje, son cortos. Con la consecuente economía en gastos fijos de obra y una mucho más rápida recuperación económica.
- 4.- Reducción de gastos financieros.- Al construirse en menor tiempo el edificio, puede entregarse a los clientes en un tiempo más corto, reduciendo los costos de financiamiento y logrando una recuperación económica más rápida.
- 5.- Ahorro en fachadas.- La parte más cara de un edificio moderno son las fachadas, en una estructura metálica se puede lograr en aproximadamente 10 pisos un ahorro de un piso de fachada, así como dados los sistemas modernos de fachadas su instalación se simplifica.
- 6.- Ahorro en recubrimiento de columnas.- Normalmente en estancias, pasillos, recibidores, etc., las columnas llevan revestimientos que en su mayoría son caros y que gracias a la estructura metálica el número de columnas y sus dimensiones son menores, el terminarlas ocasiona un gran ahorro (las columnas de concreto para un edificio alto mínimo tendrán 1.20 x 1.50 m., columnas similares en acero nunca serán mayores de 0.35 x 0.40 m.)

7.- Ahorro en instalaciones y reparaciones.- Al hacerse las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, aire acondicionado , etc., a la vista y apoyándose en la estructura metálica se obtiene una economía y sobre todo una calidad mayor que ocasiona un menor mantenimiento, así como un mantenimiento mucho más económico.

También con la estructura metálica se consigue en los edificios altos que se logren instalaciones que no ocasionan perjuicios en un futuro a los vecinos, pues toda la instalación queda dentro del área de cada entrepiso.

8.- Aumento de metros cuadrados utilizables.- Al tener todas estas ventajas anteriormente enunciadas con la estructura metálica se logra el máximo posible de metros cuadrados disponibles para uso o venta con la consecuencia de una mayor recuperación económica por estos dos motivos.

9.- Garantía de costo.- Al tener que hacer la compra del material al iniciar la obra, nos permite garantizar con certeza un costo en gran parte del valor total de la obra.

10.- Costo unitario.- En la estructura metálica solo se considera un precio unitario por kilogramo fabricado, transportado y montado, esto da al cliente una seguridad dado que conoce el peso de su estructura mucho antes que se monte y por consiguiente el costo final de la misma.

#### **COMPARATIVA DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO CONTRA UNA DE CONCRETO**

Los costos que representa una estructura de concreto pueden ser variables en función de la cantidad y diversidad de materiales como son el concreto mismo, acero de refuerzo, cimbras, mano de obra diversa etc., por lo que afirmamos, que las ventajas de elegir hacer la estructura en acero son varias contra las de concreto, entre otras, algunas como las siguientes:

- a) El grado de calidad del acero está sustentado con certificados de materiales y no sufre variación alguna en su manufactura , como se corre el riesgo en el concreto.
- b) La mano de obra es calificada y avalada con constancias de un laboratorio autorizado sin costo extra, cosa que no sucede con albañiles, fierros, carpinteros, etc.
- c) Las secciones de acero siempre resultan ser menores que en concreto, lo que reditúa en un área útil mayor dentro de las edificaciones.
- d) El montaje de una estructura de acero abate sustancialmente tiempos en levantar un edificio (tiempo es dinero), involucrando al mismo tiempo menor cantidad de personal y menor cantidad de materiales, teniendo mejor opción a supervisar y controlar el desarrollo de la obra.

- e) La obra es mucho más limpia en acero que en concreto, y con mayor razón si la totalidad de las conexiones en campo son atornilladas.
- f) Se emplean tornillos en las conexiones, los cuáles cumplen con las más altas reglamentaciones de resistencia a los esfuerzos resultantes en las conexiones.
- g) Las dimensiones de la cimentación para recibir columnas de acero son menores con el consecuente ahorro de concreto.

### **DESVENTAJAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA**

Como todo sistema de edificación la estructura metálica también tiene sus limitaciones o desventajas, a continuación se mencionan:

- 1.- Mano de obra especializada.- Es difícil en la actualidad tener un grupo de gente especializada en los trabajos de estructura metálica, pues siempre son variables los contratos de obra, y al personal se le da de baja o se le contrata según las necesidades de la empresa, y muchas de las veces no está disponible el trabajador. Además el salario de un trabajador especializado en estructura metálica es más alto que el de un oficial de obra civil.
- 2.- Anticipo para compra de materiales.- Los anticipos que se manejan para la compra de materiales son muy altos, oscilan entre el 60% y 75% del monto total del presupuesto de estructura metálica, el cliente debe desembolsar grandes cantidades de dinero, que aunque con esto garantiza el costo final de la obra es en muchas ocasiones el problema para dar inicio a una obra.
- 3.- Acabados.- Los acabados en una estructura metálica por lo general deben aplicarse en campo, una vez montada la estructura es difícil para el trabajador, pues se manejan grandes alturas de la edificación, y solo se pueden aplicar cuando hay losas coladas y cuando hay buen tiempo climatológico.
- 4.- Suspensión de trabajos.- Cuando existe mal clima, trabajar sobre la estructura metálica es bastante peligroso, más aun cuando se requieren aplicar soldaduras, deben haber las mejores condiciones climáticas para realizar los trabajos.
- 5.- Tolerancias en obra civil.- Coordinar y trabajar conjuntamente la obra civil con la estructura metálica en la práctica es difícil, pues las tolerancias que maneja un maestro de obra son de centímetros más o centímetros menos, pero la cimentación para recibir la estructura metálica debe ser lo más precisa posible, y la mala ejecución de estos trabajos preliminares de cimentación ocasionan grandes costos al cliente.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **Bibliografía**

- 1.- Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.  
**Manual de Construcción en Acero**  
**Diseño por Esfuerzos Permisibles Volumen 1**  
Editorial Limusa, 2ª Edición. 1990
- 2.- Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.  
**Manual de Construcción en Acero**  
**Diseño por Esfuerzos Permisibles Volumen 2**  
Editorial Limusa, 1ª Edición. 1993
- 3.- Roberto Meli Piralla  
**Diseño Estructural**  
Editorial Limusa, 1ª Edición. 1993
- 4.- Altos Hornos de México  
**Manual AHMSA Para Construcción en Acero**
- 5.- Oscar de Buen López de Heredia  
**Estructuras de Acero**  
**Comportamiento y Diseño**  
Editorial Limusa, 1ª Edición. 1980
- 6.- Comisión Federal de Electricidad  
Instituto de Investigaciones Eléctricas  
Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
**Manual de Diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo)**  
**Sección C. Estructuras**
- 7.- Comisión Federal de Electricidad  
Instituto de Investigaciones Eléctricas  
Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
**Manual de Diseño de Obras Civiles (Diseño por Viento)**  
**Sección C. Estructuras**
- 8.- American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC)  
**Steel Construction Manual (Allowable Stress Design)**  
Ninth Edition
- 9.- An American National Standard  
American Welding Society  
**Structural Welding Code – Steel**  
Thirteenth Edition

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ANEXO**

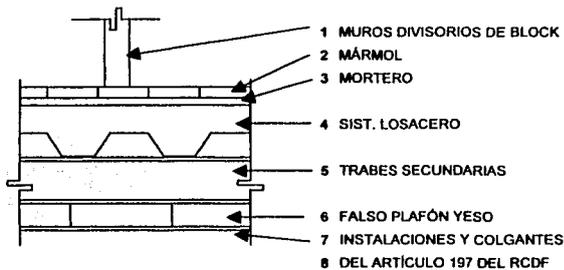
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**PAGINACION  
DISCONTINUA**

---

## ANEXO

En este anexo se mostrarán algunos ejemplos de cálculo de estructuras metálicas, estos están basados en el cotidiano trabajo que desempeño y algunas veces reviso para su ejecución, los ejemplos son reales de obras hechas, tomados aleatoriamente y basándonos en las cargas obtenidas de acuerdo al siguiente análisis.



1	e = 0.2	450 =	90 Kg/m <sup>2</sup>
2	e = 0.02	2600 =	52 Kg/m <sup>2</sup>
3	e = 0.03	2100 =	63 Kg/m <sup>2</sup>
4	e = 12.2	17.9 =	218 Kg/m <sup>2</sup>
5	PERFIL W12X14 @ 2.00 M.		
	21.1	2 =	11 Kg/m <sup>2</sup>
6	e = 0.015	1500 =	22.5 Kg/m <sup>2</sup>
7	1	15 =	15 Kg/m <sup>2</sup>
8	1	40 =	40 Kg/m <sup>2</sup>
C. MUERTA :			511 Kg/m <sup>2</sup>

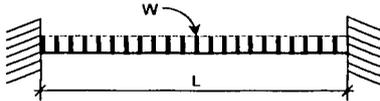
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CARGA VIVA: 170 Kg/m<sup>2</sup>

CARGA VIVA REDUCIDA: 90 Kg/m<sup>2</sup>

Uso Casa-Habitación (Reglamento del Distrito Federal).

Cuando se inicia un cálculo estructural de un proyecto, se analizan preliminarmente las trabes principales para conocer los parámetros en los que oscilarán los perfiles, como ejemplo tenemos una viga empotrada en sus apoyos.



**Datos:**

- b = Separación entre marcos principales: 8.00 m.
- W = Carga (carga muerta + carga viva): 681.00 kg/m<sup>2</sup>. Ver cargas de entrepiso anteriores.
- L = Claro que salva la trabe: 8.00 m.
- E = Módulo de elasticidad del acero: 2,039,000.00 kg/cm<sup>2</sup>.
- Fy = Esfuerzo de fluencia del acero: 3,515.00 kg/cm<sup>2</sup>. Para acero A-572 Gr-50

Tenemos un área tributaria:

$$A = b \times L \quad A = 64.00 \text{ m}^2.$$

Momento máximo:  $M_{\max} = wL / 12$

$$w = W \times A \quad w = 43,584.00 \text{ kg.}$$

$$M_{\max} = 2,905,600.00 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

Módulo de sección requerido:

$$S_{\text{req}} = M_{\max} / (F_y \times 0.66)$$

$$S_{\text{req}} = 1,252.47 \text{ cm}^3.$$

Momento de Inercia requerido para una deformación máxima de:

$$D_{\max} = L / 240 + 0.5$$

$$D_{\max} = \frac{1}{384} \frac{wL^3}{EI}$$

$$\frac{L}{240} + 0.5 = \frac{1}{384} \frac{wL^3}{EI}$$

Despejamos el momento de inercia I:

$$I = \frac{1}{384} \frac{wL^3}{E(L/240 + 0.5)}$$

$$I_{\text{req}} = 7,434.85 \text{ cm}^4.$$

entonces tenemos las siguientes propiedades para elegir el material:

$$S_{\text{req}} = 1,252.47 \text{ cm}^3.$$

$$I_{\text{req}} = 7,434.85 \text{ cm}^4.$$

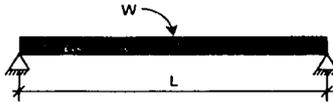
Del Manual IMCA tenemos un perfil IPR W21 x 44# (IR 533mm x 65.8kg/m.)

$$S_x = 1,337.00 \text{ cm}^3. \quad \text{Como } S_x > S_{\text{req}} \text{ se acepta el perfil propuesto}$$

$$I_x = 35,088.00 \text{ cm}^4. \quad \text{Como } I_x > I_{\text{req}} \text{ se acepta el perfil propuesto}$$



Posteriormente se diseñará la siguiente viga simplemente apoyada para usarse como trabe secundaria de acuerdo a las siguientes características.



**Datos:**

b = Separación entre traveses secundarias: 1.50 m.  
 W = Carga (carga muerta + carga viva): 681.00 kg/m<sup>2</sup>. Ver cargas de entrespiso anteriores.  
 L = Claro que salva la trabe: 6.50 m.  
 E = Módulo de elasticidad del acero: 2,039,000.00 kg/cm<sup>2</sup>.  
 Fy = Esfuerzo de fluencia del acero: 3,515.00 kg/cm<sup>2</sup>. Para acero A-572 Gr-50

Tenemos un área tributaria:

$$A = b \times L \quad A = 9.75 \text{ m}^2.$$

Momento máximo:  $M_{\text{máx}} = wL / 8$

$$w = W \times A \quad w = 6,639.75 \text{ kg/m.}$$

$$M_{\text{máx}} = 539,479.69 \text{ kg - cm.}$$

Módulo de sección requerido:

$$S_{\text{req}} = M_{\text{máx}} / (F_y \times 0.66)$$

$$S_{\text{req}} = 232.54 \text{ cm}^3.$$

Momento de Inercia requerido para una deformación máxima de:

$$D_{\text{máx}} = L / 240 + 0.5$$

$$D_{\text{máx}} = \frac{5}{384} \frac{w L^3}{E I}$$

$$\frac{L + 0.5}{240} = \frac{5}{384} \frac{w L^3}{E I}$$

Despejamos el momento de inercia I:

$$I = \frac{5}{384} \frac{w L^3}{E (L / 240 + 0.5)}$$

$$I_{\text{req}} = 3,629.39 \text{ cm}^4.$$

entonces tenemos las siguientes propiedades para elegir el material:

$$S_{\text{req}} = 232.54 \text{ cm}^3.$$

$$I_{\text{req}} = 3,629.39 \text{ cm}^4.$$

Del Manual IMCA tenemos un perfil IPR : W12 x 14# (IR 305mm x 21.1kg/m.)

$$S_x = 244.00 \text{ cm}^3. \quad \text{Como } S_x > S_{\text{req}} \text{ se acepta el perfil propuesto}$$

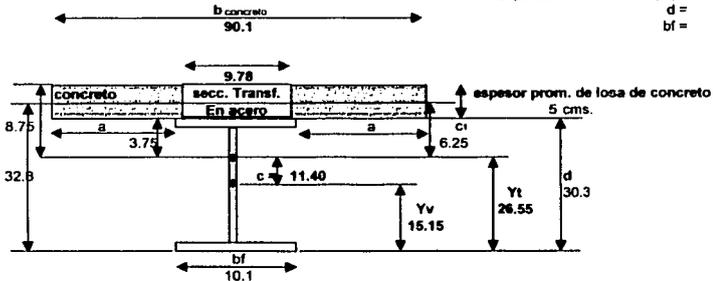
$$I_x = 3,688.00 \text{ cm}^4. \quad \text{Como } I_x > I_{\text{req}} \text{ se acepta el perfil propuesto}$$



Ahora se calcula como sección compuesta:

### VIGAS COMPUESTAS ( Trabe Secundaria ).

DATOS:	Losa de concreto e (cm) = 11.20	Módulo de Elasticidad acero E (kg/cm <sup>2</sup> ) = 2,039,000
	Carga Viva (kg/m <sup>2</sup> ) = 170	Módulo de Elasticidad concreto Ec (kg/cm <sup>2</sup> ) = 221,359
	Carga Muerta (kg/m <sup>2</sup> ) = 511	Viga de acero tipo = w12x14
	Fy Viga de Acero (kg/cm <sup>2</sup> ) = 3,515	Ix (cm <sup>4</sup> ) = 3,688
	Fb (kg/cm <sup>2</sup> ) = 2,319.9	Sx (cm <sup>3</sup> ) = 244
		Area (cm <sup>2</sup> ) = 26.8
	fc del concreto (kg/cm <sup>2</sup> ) = 250	Claro que salva la trabe (m) = 6.5
		Separación entre traves (m) = 1.50
		d = 30.3
		bf = 10.1



$$M = M1 + M2$$

$$M1 = WL/8 \quad W = 6,639.75 \text{ kg}$$

$$M1 = 5,394.80 \text{ kgs} \cdot \text{m}$$

$$M1 = 539,480 \text{ kgs} \cdot \text{cm}$$

$$M2 = PL/4 \quad P = 0$$

$$M2 = 0.00 \text{ kgs} \cdot \text{m}$$

$$M2 = 0 \text{ kgs} \cdot \text{cm}$$

$$M = 539,480 \text{ kgs} \cdot \text{cm}$$

$$S \text{ req} = M / Fy \cdot 0.66 = 232.54 \text{ cm}^3$$

$$n = E / Ec$$

$$n = 9.21$$

Ancho de concreto (Ver Especificaciones IMCA Vol. 1 Sección 1.11 Construcción Compuesta).

$$b < \frac{1}{2} \text{ claro de la viga} = 162.5 \text{ cms.}$$

$$a < \frac{1}{2} \text{ de la dist. Entre vigas} = 69.95 \text{ cms.}$$

$$a < 8 \text{ veces el espesor de la losa} = 40 \text{ cms.}$$

$$b = 90.1 \text{ cms.}$$

Ancho de Acero

$$b = 9.78 \text{ cms.}$$

$$Y1 = ((A_{\text{Acero}} \times Y_v) + (A_{\text{concr.}} \times Y)) / (A_{\text{Acero}} + A_{\text{concr.}})$$

$$Y1 = 26.55 \text{ cms.}$$

MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCIÓN COMPUESTA:

$$I_{TR} = I_x + A_{\text{Acero}} \times C^2 + 1/12 b_{\text{Acero}} \times h_{\text{Acero}}^3 + A_{\text{concr.}} \times C1^2$$

$$I_{TR} = 9,183.27 \text{ cm}^4$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**MÓDULO DE SECCIÓN DEL PATÍN A TENSIÓN**

$$S_{tr} = I_{tr} / Y_1$$

$$S_{tr} = 345,86 \text{ cm}^3$$

**MOMENTOS MÁXIMOS:**

Momento por Carga Viva  $M_L = 1/8 W L^2$

$$M_L = 1,346.72 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momento por Carga Muerta  $M_o = 1/8 W L^2$

$$M_o = 4,048.08 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

**MÓDULO DE SECCIÓN MÁXIMO DE LA SECCIÓN TRANSFORMADA**

$$S_{tr-más} = (1.35 + 0.35 M_L / M_o) S_s \quad S_s = \text{Módulo de sección de la viga de acero.}$$

$$S_{tr-más} = 357.81 \text{ cm}^3$$

$$357.81 \quad S_{tr-más} > S_{req} \quad 232.54 \quad \text{Como } S_{tr-más} > S_{req} \text{ se acepta el perfil propuesto}$$

$$357.81 \quad S_{tr-más} > S_{tr} \quad 345.86 \quad \text{Como } S_{tr-más} > S_{tr} \text{ se acepta el perfil propuesto}$$

**ESFUERZOS CARGA MUERTA EN LA VIGA DE ACERO SOLA**

$$F_{lc} = M_o / S_{tr-más} = 1,131.35 < 0.66 F_y$$

En el patín a tensión =  $F_t = M / S_{tr} = 1,559.82 \text{ kg/cm}^2$

En el patín a compresión =  $F_c = M \cdot c_x / I_x = 220.18 \text{ kg/cm}^2 \quad c_x = 3.75$

Concreto, compresión =  $F_c = M \cdot c_x / I_x \cdot n = 55.79 \text{ kg/cm}^2 \quad c_x = 8.75$

$$\text{FLECHA MÁXIMA} = d_{max} = 5WL^4 / (384 \cdot E \cdot I_x)$$

$$\text{FLECHA MÁXIMA} = 1.27 \text{ cms.}$$

**CONECTORES DE CORTANTE:**

$$V_h \text{ en concreto} = 1/2(0.85 f_c A_c)$$

$$V_h \text{ en concreto} = 47,865.63 \text{ kgs.}$$

$$V_h \text{ en acero} = 1/2(A_s f_y)$$

$$V_h \text{ en acero} = 47,101.00 \text{ kgs.}$$

Número de conectores a cada lado del punto de momento máximo.

$$N = V_h / q$$

q = fuerza cortante permisible para un conector, o para un paso de una barra en espiral.

para determinar el q ver tabla I 4.1 AISC

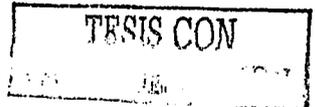
Se usará conector de canal de 3"x6.10 kg/ml de 10 cms de long.

$$q = 7690$$

$$N = 6 \text{ conectores} \quad \text{separación} @ \quad 53 \text{ cms.}$$

nota: Se recomienda que el espaciamiento máximo de conectores de cortante no exceda de 24" (61 cm).

$$\text{Fuerza cortante en los apoyos p/cálculo de conexión} = 3,319.88 \text{ kgs.}$$



Se hace también el pre-diseño de una columna metálica con datos de los elementos mecánicos obtenidos del programa de cálculo Staad III.

**Elementos mecánicos:**

$$\begin{array}{llll}
 M_x & = & 4.58 & \text{ton}\cdot\text{m} & F_z & = & 16.24 & \text{ton} & V_x & = & 0.00 & \text{ton} \\
 V_y & = & 0.59 & \text{ton} & M_y & = & 0.00 & \text{ton}\cdot\text{m}
 \end{array}$$

**Elementos geométricos de la sección propuesta (IPR W14x61#):**

$$\begin{array}{ll}
 d & = & 353 & \text{mm} \\
 t_w & = & 9.5 & \text{mm} \\
 \text{Area}_y & = & 33.54 & \text{cm}^2 \\
 \text{Área} & = & 115.5 & \text{cm}^2 \\
 I_x & = & 26640 & \text{cm}^4 \\
 S_x & = & 1511 & \text{cm}^3 \\
 r_x & = & 15.2 & \text{cm} \\
 I_y & = & 4454 & \text{cm}^4 \\
 S_y & = & 352 & \text{cm}^3 \\
 r_y & = & 6.2 & \text{cm} \\
 K & = & 1.00 & \\
 L & = & 2.00 & \text{m}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll}
 F_b & = & 0.66 & F_y & = & 0.66 & (3515) & = & 2319.9 & \text{kg/cm}^2 \\
 F_v & = & 0.4 & F_y & = & 0.4 & (3515) & = & 1406 & \text{kg/cm}^2
 \end{array}$$

**Revisión de esbeltez**

$$\frac{K \quad l}{r} = \frac{1 \quad 200}{6.20} = 32 < 200 \quad \text{bien}$$

**Revisión de esfuerzos**

$$\begin{array}{llll}
 f_{by} & = & \frac{M_y}{S_y} & = & \frac{0}{352} & = & 0 & \text{kg/cm}^2 \\
 f_{bx} & = & \frac{M_x}{S_x} & = & \frac{458000}{1511} & = & 303 & \text{kg/cm}^2 \\
 f_{vy} & = & \frac{V_y}{A_y} & = & \frac{590}{33.54} & = & 18 & \text{kg/cm}^2 \\
 f_{vx} & = & \frac{V_x}{A_x} & = & \frac{0}{81.96} & = & 0 & \text{kg/cm}^2
 \end{array}$$

- $f_{bx} < F_b$  bien
- $f_{vx} < F_v$  bien
- $f_{vy} < F_v$  bien

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

**Revisión de esfuerzos combinados**

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{16240}{115.5} = 141 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 (Kl/r)^2} = 10058 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{F_y}} = 106$$

$$F_a = \frac{\left[ 1 - \frac{(Kl/r)^2}{C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{8} + \frac{3}{8} \frac{(Kl/r)}{C_c} + \frac{(Kl/r)^3}{8 C_c^3}}$$

$$F_a = \frac{\left[ 1 - \frac{1024}{11236} \right] (3515)}{\frac{5}{8} + \frac{3}{8} \frac{32}{106} + \frac{32768}{8 \cdot 1191016}} = 4308 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_a}{F_a} = 0.03$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_b} + \frac{f_{by}}{F_b}$$

$$\frac{141}{4308} + \frac{303}{2319.9} + \frac{0}{2319.9} = 0.163 < 1.00 \text{ bien}$$

Por último el cálculo para determinar una carga de presión debida a las fuerzas causadas por viento.

**CALCULO DE LA PRESION POR VIENTO.**  
(MANUAL DE DISEÑO POR VIENTO C.F.E.)

Velocidad de diseño:  $V_D = F_T * F_{\alpha} * V_R$

$V_R =$  Velocidad Regional = 124 km/h Para la Cd. Queretaro.

Factor de Exposición:

$F_{\alpha} = F_C * F_{r_z}$

$F_C =$  Factor de tamaño = 0.9 Estructura Tipo: C  
(Ver Tabla 1.2 y 1.3 )

$F_{r_z} = 1.56 ( 10/\delta )$  si  $Z < 10$  Z es la altura del edificio.

$F_{r_z} =$  Factor de Rugosidad (Tabla 1.4)  $\alpha = 0.193$   $\delta = 455$

$F_{r_z} = 0.7467$

$F_{\alpha} = 0.6720$

$F_T =$  Factor de Topografía Local (Tabla 1.5)  $F_T = 1.0$

Velocidad de diseño:  $V_D = F_T * F_{\alpha} * V_R$   
 $V_D = 83.33$  km/hr.

$q_z =$  Presión Dinamica en la base (pag. 1.4.27)

$q_z = 0.0048 * G * V_D^2$

$G =$  Factor de correccion por temperatura y altura con respecto al nivel del mar.

$G = 0.392 \Omega / 273 + \tau$

$\Omega =$  620 presión barométrica, en mm de Hg.

$\tau =$  25 la temperatura ambiental en °C

$G = 0.81557047$

$q_z = 27.18$  kg/m<sup>2</sup>

Esta presión se carga en el modelo en las columnas, de acuerdo al área tributaria que les corresponda.