

48  
2 eje.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA  
TUBULAR PARA PLAZA PINO SUAREZ ”**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
EUGENIO GARCIA DE LEON MARTINEZ**

MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-015/93

Señor:  
GARCIA DE LEON MARTINEZ EUGENIO.  
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Alfredo Carlos Arroyo Vega, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

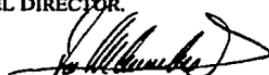
**"FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA TUBULAR PARA PLAZA  
PINO SUAREZ"**

- I.- INTRODUCCION
- II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO
- III.- FABRICACION
- IV.- MONTAJE
- V.- CONTROL DE CALIDAD
- VI.- CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 11 de febrero de 1993.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

h. JMCS/RCR\*nl

**Dedico esta Tesis a mis  
padres; gracias a los cuales  
tengo la oportunidad de  
poder alcanzar esta meta.  
En especial por el apoyo  
moral de mi mamá y a la  
dedicación que prestó mi  
papá a lo largo de la  
elaboración de esta tesis.  
Gracias...**

**A mis hermanos Ricardo  
y Patricia con todo mi  
cariffo.**

**A mis abuelos en  
quienes eh fincado  
muchas esperanzas.**

**A mis amigos que son  
parte muy importante de  
mi vida.**

**Quiero dar las gracias al  
Ing. Carlos Arroyo Vega  
por sus comentarios, así  
como a la UNAM.**

1.INTRODUCCIÓN: .....	9
1.1. ANTECEDENTES .....	9
1.2. ALTERNATIVAS.....	12
2.DESCRIPCIÓN DE EL PROYECTO .....	15
2.1. ARQUITECTÓNICO:.....	15
2.1.1. FUNCIONAMIENTO:.....	15
2.1.2. ASPECTO O FORMA: .....	18
2.2. ESTRUCTURAL:.....	19
2.2.1. NIVELACIÓN DE PLATAFORMAS:.....	19
2.2.1.1. Relleno con tepetate para dar nivel: .....	19
2.2.1.2. Muros de nivelación:.....	19
2.2.1.3. Armaduras de entrepiso: .....	20
2.2.1.3.1.Características: .....	21
2.2.1.3.2.Anclaje:.....	22
2.2.1.4. Nuevos pisos: .....	23
2.2.1.4.1.Losa acero: .....	23
2.2.1.4.2.Concreto de $f'c = 150\text{kg/cm}^2$ : .....	23
2.2.2. APOYOS:.....	24
2.2.2.1. Distintas alturas: .....	24
2.2.2.2. Anclajes de placas base: .....	26
2.2.2.3. Requisitos para garantizar un buen apoyo: ...	27
2.2.2.3.1.Peralte de la Losa: .....	27
2.2.2.3.2.Resistencia al aplastamiento y cortante: ..	28
2.2.2.4. Problemas encontrados: .....	28
2.2.2.5. Paso de columnas a través de macizos:.....	29
2.2.3. COLUMNAS:.....	30
2.2.3.1. Características: .....	30
2.2.3.2. Detalles de conexión:.....	32
2.2.3.2.1.Conexión Superior: .....	32
2.2.3.2.2.Conexión inferior: .....	32

2.2.4. ARMADURAS PRINCIPALES:.....	33
2.2.4.1. A-5: .....	33
2.2.4.2. A-1: .....	33
2.2.4.3. A-8: .....	35
2.2.5. ARMADURAS SECUNDARIAS: .....	35
2.2.6. TECHUMBRE DE LÁMINA: .....	37
<b>3.FABRICACIÓN: .....</b>	<b>39</b>
3.1. PLANOS DE TALLER .....	39
3.2. PLANTILLAS Y ESCANTILLONES .....	40
3.3. HABILITADO DEL TUBO:.....	41
3.4. HABILITADO: .....	42
3.5. SOLDADURA.....	43
3.5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS: .....	43
3.5.2. POSICIONES PARA SOLDAR: .....	44
3.5.3. TIPOS DE ELECTRODOS:.....	45
3.5.4. TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS: .....	45
3.5.5. DEFECTOS EN LA SOLDADURA: .....	47
3.5.5.1. La socavación: .....	47
3.5.5.2. La falta de fusión: .....	48
3.5.5.3. La penetración incompleta: .....	48
3.5.5.4. Las inclusiones de escoria: .....	49
3.5.5.5. La porosidad: .....	49
3.5.6. PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR: .....	50
3.6. LIMPIEZA Y PRIMARIO .....	50
3.6.1. ASPECTOS QUE SE DEBEN VIGILAR PARA OBTENER UNA BUENA PROTECCIÓN AL ACERO:.....	50
3.6.2. PROCEDIMIENTOS DE PREPARACIÓN:.....	50
3.6.3. MEDIOS AMBIENTES: .....	51
3.6.4. LIMPIEZA Y PRIMARIO EN LA FABRICACIÓN PARA EL CASO DE PLAZA PINO SUÁREZ:.....	51

4 MONTAJE:.....	53
4.1. PROBLEMÁTICA .....	53
4.1.1. PROBLEMAS DE ESPACIO: .....	53
4.1.2. PROBLEMAS DE PROYECTO: .....	54
4.1.3. PROBLEMAS DE AVANCE:.....	55
4.2. EQUIPO .....	55
4.2.1. PLUMAS:.....	55
4.2.2. GRÚAS:.....	57
4.2.2.1. Fijas: .....	57
4.2.2.2. Giratorias: .....	57
4.2.2.3. Correderas:.....	58
4.3. PROCEDIMIENTO: .....	59
4.3.1. TRAZO: .....	59
4.3.2. APOYOS:.....	59
4.3.3. COLUMNAS: .....	59
4.3.4. ARMADURAS PRINCIPALES:.....	62
4.3.5. ARMADURAS PRINCIPALES DE PUNTA:.....	62
4.3.6. ARMADURAS SECUNDARIAS: .....	63
4.3.7. PINTURA: .....	66
4.4. CUBIERTA.....	66
5.CONTROL DE CALIDAD:.....	69
5.1. PRUEBAS DE CALIDAD A LAS SOLDADURAS.....	69
5.1.1. CONTROL ANTERIOR A LA SOLDADURA: .....	69
5.1.2. CONTROL DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA: .....	70
5.1.3. CONTROL DESPUÉS DE LA SOLDADURA: .....	70
5.1.3.1. El control destructivo: .....	70
5.1.3.2. El control semi-destructivo: .....	70
5.1.3.3. El control no destructivo: .....	71
5.1.3.3.1.Método Visual: .....	71
5.1.3.3.2.Método de las partículas magnéticas: .....	71
5.1.3.3.3.Método de la tintura penetrante:.....	71
5.1.3.3.4.Método ultrasónico: .....	71
5.1.3.3.5.Método radiográfico: .....	71
5.1.3.3.6.Calibradores:.....	72

5.2. PRUEBAS DE DEFORMACIÓN UNIAXIAL: .....	72
5.3. PRUEBAS DE CARGA: .....	72
6.CONCLUSIONES: .....	74
6.1. VENTAJAS: .....	74
6.1.1. VERSATILIDAD ARQUITECTÓNICA:.....	74
6.1.2. FABRICACIÓN EN TALLER: .....	74
6.1.3. LIGEREZA: .....	74
6.1.4. RAPIDEZ DE MONTAJE: .....	75
6.1.5. ALTA RESISTENCIA A SISMOS:.....	75
6.1.6. FÁCIL DESMANTELAMIENTO:.....	75
6.2. DESVENTAJAS:.....	76
6.2.1. BAJA RESISTENCIA A LA INTEMPERIE: .....	76
6.2.1.1. Protección contra fuego: .....	76
6.2.2. PERSONAL CALIFICADO: .....	76
6.3. COMENTARIOS: .....	77
7.BIBLIOGRAFÍA:.....	78

## 1. INTRODUCCIÓN:

### 1.1. ANTECEDENTES

Consecuencia de la crisis económica que ha sufrido México en los últimos años, la población busca nuevas formas de subsistir; de esta necesidad nace el "comercio ambulante", este tipo de comercio se ha desarrollado en todas las ciudades del país muy especialmente en la zona centro de la Ciudad de México.

Esta clase de comercio como su nombre lo indica comprende los "establecimientos" que no se encuentran debidamente registrados y por lo tanto cambian su ubicación de un día para otro. Los sitios en los que colocan su mercancía son públicos como: parques, calles, plazas y cualquier lugar en el que exista un movimiento importante de gente.

Este tipo de comercio se ha incrementado en los últimos años, principalmente por la escasez de empleos en casi toda la República Mexicana; siendo su principal actividad la venta de artículos de consumo popular, así como servicios de comida barata entre otros.

Los establecimientos, mejor conocidos con el nombre de "puestos", se distinguen por ser desmontables, hechos en la mayoría de los casos con tramos de tubos de sección cuadrada, mismos que se unen uno con otros para formar una estructura de aproximadamente 2.10 mts de altura, en el puesto colocan tablas o tablonés a media altura que sirven de mesas o mostradores en los que se exhibe la mercancía que venden, el techo es una lona o plástico que sirve para proteger la mercancía del sol y de la lluvia, en algunos casos el color del techo o lona sirve como distintivo o emblema del grupo al que pertenece el local.

Otros puestos consisten en una manta de plástico o tela que se tiende al suelo y sobre la que se colocan los productos que se pretenden vender, esta clase de puestos son muy frecuentes cuando el comerciante no posee buenas relaciones con los "líderes" de tal forma que en cualquier momento el comerciante pueda agarrar las cuatro esquinas de la manta y cambiar de ubicación, burlando así a los "líderes"

en cuestión de segundos, de aquí el sobre nombre que reciben de toreros.

Existen locales fabricados totalmente en lámina, que tienen la ventaja sobre los otros de que únicamente se cierran las ventanas del local y se puede guardar toda la mercancía sin necesidad de cargar con ella al día siguiente.

El comercio ambulante siempre aprovechan el flujo de grandes masas de gente, ofrecen sus mercancías o servicios colocándose en lugares visibles y procurando cerrar el paso para que la única alternativa del peatón sea transitar por los pasillos o andenes que se generan con el acomodo estratégico de los puestos, de este paso forzoso se logra fomentar o incitar a la gente a comprar la mercancía u obtener alguno de los servicios que se ofrecen, generando un mercado cautivo.

En un inicio, este tipo de comercio no ofrecía una buena remuneración pero con el paso de los años, se han mejorado las técnicas para motivar al público a comprar, una vez superado este problema, el negocio comenzó a ser remunerativo hasta llegar a lo que es ahora, una fuente de ingresos en donde un puesto da para comer a toda una familia con mucha más facilidad que trabajando como obrero en cualquier empresa y en algunos casos, permite ganar mucho más que el promedio de los profesionistas que tienen una carrera terminada.

Esta fuente de ingresos tan lucrativa, que genera una gran cantidad de negocios de esta clase, estos negocios que en pequeña escala parecen no afectar a ningún sector de la población, al momento de multiplicarse y crecer con las dimensiones de los últimos años, se transforma en un conflicto de intereses económico y políticos de gran trascendencia, creando mafias muy peligrosas para México.

Algunos de los sectores afectados por el fenómeno son:

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público; el comercio subterráneo o ambulante no genera impuestos y de hecho no paga impuestos de ninguna clase, por no estar registrados o regularizados. Esta situación

trae como resultado una gran suma de dinero que no es captada por la Secretaría de Hacienda, y se ve favorecida por la falta de pago de impuestos sobre el comerciante, fomentando el desarrollo del comercio sin temor al fisco que frena o aniquila algunas veces el desarrollo de cualquier empresa legalmente constituida, formándose un círculo vicioso que se incrementa día a día con la formación del comercio de tipo informal y como consecuencia se incrementa la evasión de impuestos.

También los comerciantes legalmente establecidos se ven seriamente afectados en sus intereses. Ya que el vendedor ambulante con toda tranquilidad coloca y arma una barrera física enfrente de los locales debidamente establecidos, generando una sensible baja en las ventas, provocada por la obstrucción visual de los escaparates en los cuales se muestra la mercancía, pasando la tienda totalmente desapercibida por todos los peatones que transitan por el lugar, obteniendo los comercios ambulantes prácticamente todas las ganancias que produce el tránsito de la gente.

Los peatones, son personas que no generan ningún conflicto a nivel económico o político, pero sí sufren los trastornos del comercio irregular constituido por los puestos ambulantes.

Una persona que sale de cualquier medio de transporte, con la finalidad de transbordar a otro medio, o simplemente salir de la zona de transbordo, debe soportar el ser hostigado por los comerciantes, y tener que circular por estrechos pasillos saturados de gente haciendo muy difícil y molesto el caminar por esas zonas.

Por estas razones y otras de tipo estético, se convierte en un problema social y económico la existencia del comercio ambulante. El cual se pretende resolver con la construcción de centros para reubicar a los puestos y de esta manera atender a las numerosas demandas públicas hechas por los sectores afectados.

## 1.2. ALTERNATIVAS

El proyecto para reubicar el comercio ambulante del centro histórico de la Ciudad, plantea la creación de establecimientos definitivos o "mercados".

Después de realizar un censo general de la zona, se determinó que eran necesarios 17 mercados para colocar a todos los puestos existentes en el primer cuadro del D.F.

Ubicados los mercados en distintos puntos, tienen la función de no dejar un solo puesto sobre las calles, y dar una mejor apariencia a la ciudad.

El predio está limitado al norte por la calle de Izazaga, al sur por Fray Servando T. de Mier, al oeste colinda con la Av. Pino Suárez y al este por una explanada que está limitada a su vez por una iglesia y otro de los edificios que componen el proyecto Pino Suárez.

Para el caso con el cual desarrollare la tesis es el de la estación del metro Pino Suárez. Era primordial determinar la ubicación de un nuevo mercado para los ambulantes, dado que esta estación tiene la característica de ser el punto de enlace entre dos líneas del transporte colectivo metropolitano "metro", los autobuses de la "ruta 100" y los microbuses, lo que lo convierte en un lugar ideal para el establecimiento de comerciantes ambulantes.

En el pasado, la superficie de la plaza contenía a un conjunto de edificios construidos algunos de ellos sobre la estación del "metro" PINO SUAREZ, los cuales proporcionaban un lastre a la estación, para evitar el fenómeno de flotación.

Después de los sismos de 1985 se registraron serios daños a la estructura de los dos edificios que proporcionaban el empuje para la estabilidad estructural a la estación y cajón del "metro", los daños fueron tan graves que fue necesario demoler los dos edificios.

Debido a las demoliciones y al riesgo que representa la falta de peso sobre el cajón del metro y la estación, se colocaron lastres de concreto simple combinado con concreto armado para restituir el peso que proporcionaban los edificios del proyecto Pino Suárez.

Se obtuvo como resultado una plaza que en el centro de esta existe un conjunto de macizos de concreto que en su parte superior tenían instalaciones de tipo eléctrico e hidráulico para funcionar como fuentes. Estas fuentes por la falta de uso, poco a poco fueron convirtiéndose en basureros públicos, además de transformarse en el hogar de varias bandas de niños drogadictos que vivían en condiciones muy desfavorables e insalubres.

Después de tomar como definitivo el planteamiento propuesto por el Departamento del Distrito Federal, en relación a la ubicación de los nuevos mercados, se determinó que la Dirección encargada de supervisar las obras fuera la DGOP (Dirección General de Obras Públicas del DDF).

El proyecto de cada uno de los mercados fue encargado a distintos despachos de arquitectos, y para el caso de "Plaza Pino Suárez" el proyecto lo desarrollo "Sánchez Arquitectos S.A. de C.V."

Se pensó en distintas alternativas planteadas con representantes de los comerciantes ambulantes.

Una opción fue la posibilidad de montar una serie de naves para alojar ahí a los comerciantes, estas naves estarían ubicadas sobre la plaza, en la misma área que tradicionalmente han ocupado con sus locales desmontables, pero con la diferencia de que se ubicarían en una nueva área techada perfectamente ordenados e identificados.

La opción que llamo más la atención a pesar de ser la más cara fue: un pasaje comercial sobre lo que en un principio pretendió ser un grupo de fuentes que en realidad sirven de lastre al cajón del metro. Esta solución daría una mejor circulación, dejando libre toda la periferia de la

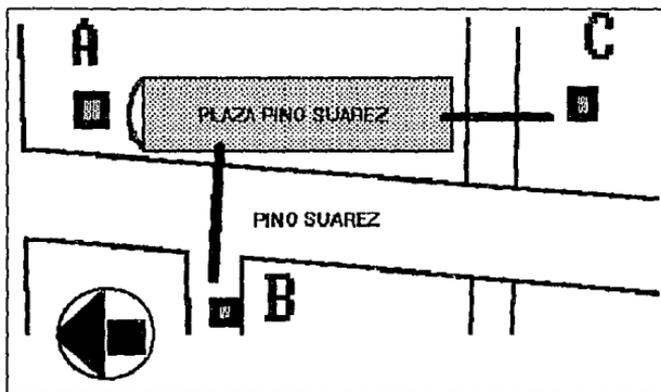
plaza, además de ser arquitectónicamente más ambiciosa en todos sus aspectos.

## 2. DESCRIPCIÓN DE EL PROYECTO

### 2.1. ARQUITECTÓNICO:

#### 2.1.1. FUNCIONAMIENTO:

Gracias a la busca de un flujo continuo de gente, nace la necesidad de crear una plaza comercial que contemple distintas combinaciones de trayectorias para el peatón.



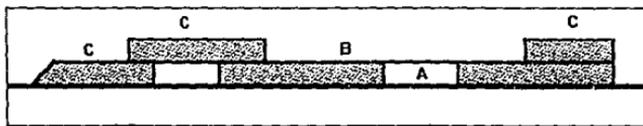
*Figura 1*

En la plaza existe un movimiento continuo de gente puesto que se trata de un punto de transbordo muy importante para la zona sur del centro de la ciudad; como antes dije se trata de una base para microbuses, la base de camiones de la ruta 100, y lo más importante la estación del metro Pino Suárez, mismos que garantizan un flujo abundante de consumidores para todos los comerciantes, de ahí que en la figura 1 se puede apreciar como se encuentran distribuidas las distintas terminales de transporte.

La letra A se refiere a la salida del metro Pino Suárez que tiene un acceso a la plaza por medio de una escalinata circular, la letra B corresponde a la terminal de ruta 100, la cual esta ligada a la plaza por un puente peatonal que permite cruzar la avenida Pino Suárez e ingresar a la plaza, y la C es la terminal de microbuses ligada a la plaza por medio de otro puente peatonal que sirve para cruzar la calle de Fray Servando T. de Mier, cubriendo de esta forma un perímetro saturado de gente, que requiere pasar de un medio de transporte a otro.

Con estas medidas se garantiza un traslado seguro al peatón que utiliza los puentes, y se consigue que circule la gente por los corredores del mercado, generando compradores en potencia.

De acuerdo con esta filosofía se planteo el recurso de crear pasillos en los cuales la gente transite libremente, pero siempre al lado de por lo menos un puesto de mercancía, o comida en el cual los peatones pueden ser clientes en potencia.



*Figura 2*

Con el propósito de obtener el mejor resultado en ventas, se colocaron estratégicamente los locales formando bloques, en los que se ofrecen distintos servicios, de acuerdo con lo que se muestra en la figura 2, el mercado se divide en distintas áreas, que son conocidas como "A", zona de baños que se encuentra en la planta baja de el mercado y tiene la finalidad de provocar el paso forzoso de la gente por las distintas zonas que componen el mercado, después tenemos la zona "B" que comprende todos los servicios de comida en el mercado, este tipo de comercio es el único que puede producir que la gente se traslade con el propósito de obtener sus servicios, por lo que se encuentra al centro del

pasaje comercial para aprovechar esta ventaja en beneficio de los demás comerciantes; por último se cuenta con tres niveles distintos de zonas "C" que son precisamente los comercios que componen el grueso de los puestos ambulantes.

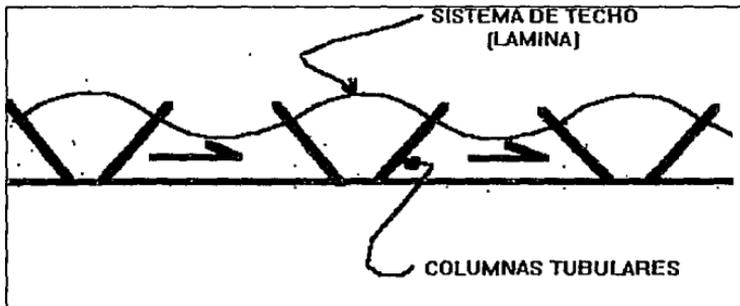
Se llegaron a acuerdos en el tamaño de pasillos, locales, accesos y baños. El número de locales se determinó de acuerdo a la demanda que existía entre los comerciantes ubicados en la explanada.

En lo que se refiere a los accesorios con los que contará el local al momento de entregar el mercado, se llegó a los siguientes acuerdos: protecciones necesarias en los locales a base de malla críba y herrería metálica, tamaño del baúl equipado con tapadera fabricada también en herrería metálica, diseño de exhibidores, alimentación y medición eléctrica independiente para cada local y en el caso de los locales destinados para comidas deberán contar con toma de agua y gas independientes; en lo que respecta a los servicios generales se acordaron los siguientes puntos: el mercado debe contar con iluminación total en la plaza, misma que se pretende obtener con lámparas de vapor de sodio colgadas de la estructura del mercado.

### 2.1.2. ASPECTO O FORMA:

En plaza Pino Suárez el sistema de techo debe dar la sensación de movimiento para invitar a la gente a circular por el interior de la plaza, también es necesario que físicamente sea ligero para no generar un sobre peso que ponga en peligro la estación del metro.

Como se puede observar en la figura 3 el sistema de techo tiene una forma o aspecto de ondas que suben y bajan dando la sensación de movimiento.



*Figura 3*

La estructura que es de tipo tubular, tiene el aspecto de "serpiente emplumada" u onda que sube y baja en repetidas ocasiones, esta sostenida por 2 filas de columnas las cuales están apoyadas en forma diagonal sobre los macizos de concreto que existen en la zona, dejándose notar una interesante estructura metálica fabricada a base de tubería de distintos diámetros y espesores; esta estructura se desplanta sobre plataformas que conservan diferentes niveles.

## 2.2. ESTRUCTURAL:

### 2.2.1. NIVELACIÓN DE PLATAFORMAS:

#### 2.2.1.1. Relleno con tepetate para dar nivel:

En la plaza algunas áreas funcionaban como depósitos de agua para fuentes. Los depósitos conservan una profundidad pequeña y constante por lo que no es costeable utilizar muros de nivelación para homogeneizar el nivel de la plataforma, pero son lo suficientemente profundas como para no considerar la posibilidad de rellenar con concreto.

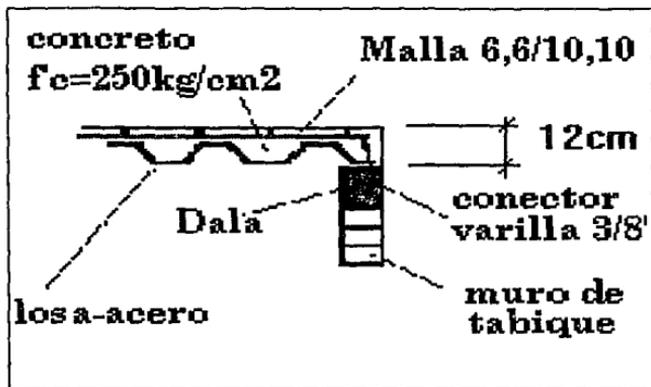
Por estas razones y por la necesidad de no rellenar con materiales pesados se autorizó el uso del tepetate como relleno de estas áreas.

#### 2.2.1.2. Muros de nivelación:

La mayor parte de la plaza se ubica sobre las plataformas o macizos de concreto mencionados, pero existen zonas en donde es necesario elevar el nivel del piso o crear una continuación de la plataforma existente para obtener el nivel que el proyecto requiere, por lo que se penso en un sistema de muros de enrase, que tienen la peculiaridad de ser relativamente baratos, rápidos de hacer y son lo suficientemente ligeros como para no crear problemas de sobrepeso sobre la estación del metro.

El sistema consiste en una dala de desplante, un muro de tabique para dar la elevación que se requiera y una dala de cerramiento que debe contar con una serie de conectores de varilla corrugada para darle continuidad a la losa acero.

La losa acero se debe colocar sobre la dala de cerramiento y con la ayuda de los conectores esta dala de cerramiento se integra a la losa y se obtiene mayor resistencia en la plataforma.



*Figura 4*

Este proceso se ilustra en la figura 4 y como norma se deben conservar distancias máximas de 3.10mts. entre muro y muro.

### 2.2.1.3. Armaduras de entrepiso:

Cuando nos referimos a obras como Pino Suárez en donde no existe una superficie virgen, en la que el proyectista este libre de proyectar cualquier idea que se le venga a la mente, sino que por el contrario es necesario ajustarse a una infinidad de parámetros que acotan y limitan las alternativas y las posibilidades del proyecto, como pueden ser el área disponible, los fondos económicos para realizar el proyecto, las estructuras existentes y algunos otros parámetros que también son dignos de tomarse en cuenta.

Nos encontramos en la necesidad de crear estructuras que además de cumplir con las especificaciones estructurales debe cubrir los lineamientos arquitectónicos y por esto es un reto lograr este tipo de obras.

De acuerdo con estas limitaciones, se observa que en lo que será la nueva Plaza Pino Suárez, existen grupos de fuentes fabricados con concreto simple y concreto armado, que por el alto costo que representa la demolición de estos elementos es necesario incluirlos dentro del nuevo proyecto, además de considerar que el peso que proporcionan a la estación del metro se debe conservar.

Las fuentes presentan varias superficies que en el proyecto arquitectónico se utilizarán como plataformas sobre las que se construirán los nuevos locales comerciales.

La solución por la que se optó en estos casos de discontinuidad de la plataforma a grandes alturas (5mts aprox.) fue: librar los claros con armaduras de alma abierta, fabricadas con acero A-36, se descartó los rellenos con tepetate, así como los muros de tabique para dar nivel por considerarse alternativas muy costosas por el tamaño de la superficie a librar y por el peso que representan sobre el "metro", además las armaduras ofrecen mayor velocidad y un mejor precio que las anteriores soluciones.

#### 2.2.1.3.1. Característicos:

Se trata de tres conjuntos de armaduras o puentes, en el sentido longitudinal libran un claro de dos entre ejes, es decir 12mts de distancia. En el sentido transversal cada puente tiene distintos anchos que van desde 15 hasta 25mts de longitud.

Las armaduras están fabricadas con perfiles laminados como son el ángulo, la placa y algunas vigas IPR's.

Las armaduras principales son de alma abierta y sus cuerdas superiores e inferiores están fabricadas cada una con dos ángulos de 6" X 6" X 1/2" espalda con espalda, unidas por diagonales y montantes fabricados con ángulos de distintos tamaños y espesores, conservando un peralte constante de un metro.

Las armaduras secundarias, también son de alma abierta, sus longitudes son menores y por lo tanto su peralte y perfiles son menores que los de las armaduras principales.

En otros casos se utilizaron como piezas secundarias vigas del tipo IPR de 8" X 5 1/2" X 29.5 kg/m.

Sobre las cuerdas superiores de todas las armaduras se soldaron conectores fabricados con ángulo de 4" X 4", para transmitir todos los esfuerzos cortantes de la losa a las armaduras, y poder funcionar como un sistema losa de sección compuesta.

#### 2.2.1.3.2. Anclaje:

Cada armadura se encuentra anclada por lo menos en uno de sus dos extremos con un macizo de concreto, puesto que existen intersecciones armadura con armadura en donde no hay anclaje con concreto. A este tipo de estructuras se les conoce como "estructuras mixtas", puesto que participan elementos de acero estructural A-36 y elementos de concreto.

Siempre que encontramos esta unión de estructuras, debe existir alguna pieza que sirva de anclaje entre una y otra.

Esta pieza de conexión se caracteriza por tener una superficie de preferencia rugosa que es la que esta en contacto con el concreto y otra superficie plana para soldar los elementos de la estructura de acero.

Cuando pretendemos unir piezas fabricadas en acero con macizos de concreto viejo, es práctica común utilizar taquetes expansivos, estos sirven como anclas que toman los esfuerzos cortantes y dan un buen agarre a la pieza de acero. Siempre y cuando el concreto tenga la suficiente capacidad al aplastamiento para recibir el peso de la nueva estructura.

En esta obra se debe utilizar taquetes expansivos en combinación con placas para el caso de concretos viejos y placas con anclas de varilla soldada para el caso de concretos nuevos, estos últimos se deben colar con las anclas sumergidas en el concreto.

#### 2.2.1.4. Nuevos pisos:

##### 2.2.1.4.1. Losa acero:

En toda la superficie del mercado, se deben colar pisos nuevos, con concretos de distinta  $f'c$ , dependiendo del tipo de sistema que se utilice para la nivelación del piso.

Para las armaduras de entepiso, y muros de nivelación, se utilizó concreto con una  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  que se debe verter sobre una superficie compuesta por lámina losa acero del tipo Romsa QL-99 del calibre 20 o similar que sirve para soportar las tensiones de la losa, acompañada esta con malla electrosoldada del tipo 6/6-10/10, que toma las tensiones que se generen por cambios de temperatura en el sistema de piso.

La malla debe calzarse para que después de colada la losa quede como se representa en la figura 4, es decir debe quedar al centro de la capa de compresión de la losa, nunca en la superficie, así como tampoco en la parte más profunda de la losa.

##### 2.2.1.4.2. Concreto de $f'c=150\text{kg/cm}^2$ :

Cuando el desnivel que presente algunas de las fuentes con respecto al nivel definitivo de la plataforma, es de 10 a 15 cms., se debe nivelar la plataforma con el colado de pisos con una resistencia a la compresión de  $150\text{kg/cm}^2$  acompañados por su correspondiente malla electrosoldada 6/6-10/10 que sirve para resistir tensiones provocadas por los cambios de temperatura y evitar que no se agriete la losa.

Este proceso también se utiliza para los casos de rellenos hechos con tepetate para dar nivel a la plataforma. Lo único que se debe tomar en cuenta es que, en lugar de picar el concreto existente hasta lograr una

rugosidad mínima de 6mm para garantizar una buena unión de concreto nuevo con concreto viejo, se debe colocar una capa de plástico sobre la superficie de tepetate con la finalidad de que no se segregue y se mezcle el concreto con el tepetate.

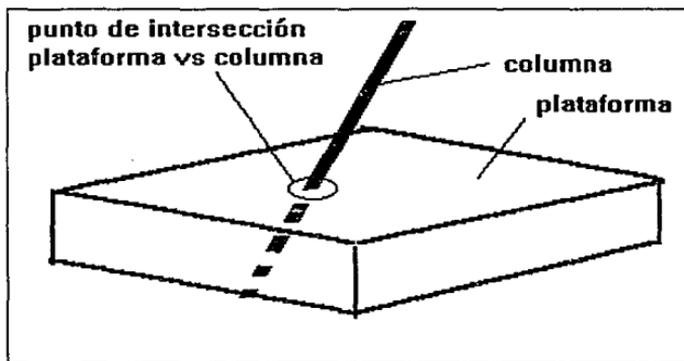
En todos los casos es necesario humedecer la superficie del colado y vibrar el concreto para obtener la calidad de concreto que el proyecto demanda de él.

## 2.2.2. APOYOS:

### 2.2.2.1. Distintas alturas:

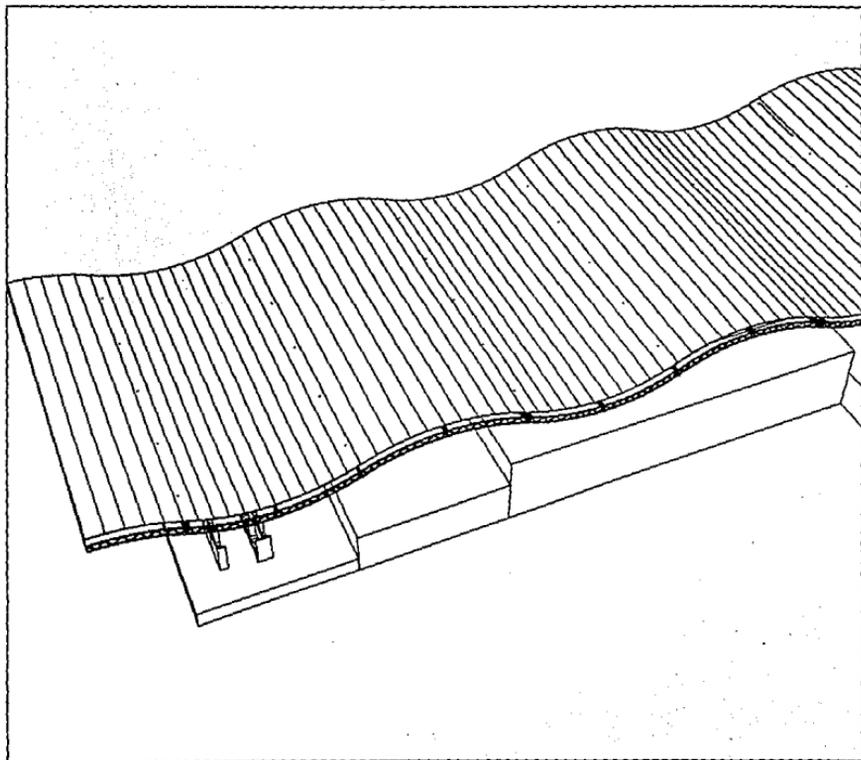
Como se puede observar en la figura 6 las columnas de la estructura de cubierta, nacen a distintas elevaciones.

Dependiendo de la plataforma sobre la que se pretende desplantar la columna, se determinara la longitud de la columna, puesto que entre más alto se encuentre la base de la columna, más corta tiene que ser la longitud de la columna y viceversa.



*Figura 5*

Figura 6



La placa base se ubica en el punto en donde intersectan la trayectoria de la columna con la superficie de la plataforma capaz de soportar los esfuerzos mecánicos que demanda la columna.

Para cada columna es necesario definir la altura exacta de la plataforma y de acuerdo con esto se define la ubicación y longitud de cada columna. Este proceso se entiende mejor con la ayuda de la figura 5 en la que se ilustra el punto en donde se intersectan la columna con la plataforma.

No en todos los casos el punto en el que intersecta la plataforma con la columna se encuentra una superficie capaz de soportar la carga y los esfuerzos mecánicos transmitidos por la columna, por esto en los casos en donde se presenta este fenómeno, se sigue la trayectoria de la columna hasta encontrar una superficie propia para colocar la placa base de la columna, logrando así ubicar la placa base en una nueva posición que sí cumple con los requisitos que exige el proyecto.

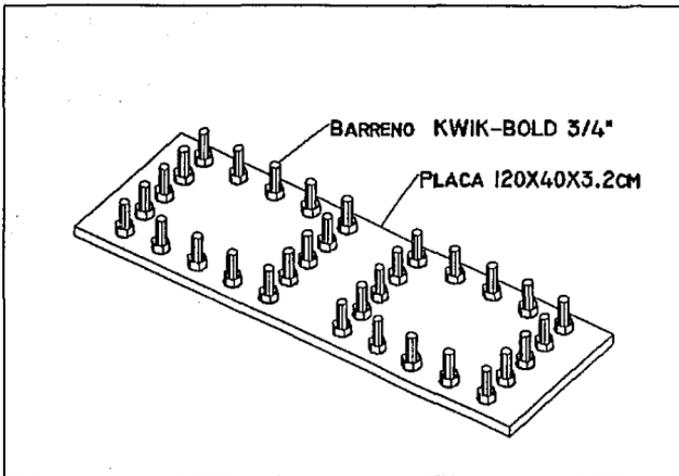
#### 2.2.2.2. Anclajes de placas base:

El proyecto inicial contempla que en todos los puntos de columnas apoyo se realizará sobre concreto armado con  $f'c$  mayor a 200 Kg/cm<sup>2</sup>, en donde el procedimiento a seguir es el siguiente:

Ubicar con precisión la posición de la placa de base para la columna.

Hacer los 30 barrenos para colocar los taquetes expansivos del tipo KWIK-BOLT (34-10) que se requieren por cada placa de 3.2X40X120cm de dimensiones estandar como se muestra en la figura 7.

Colocar una cama de Growting o estabilizador de volumen, para después sobre ella colocar la placa metálica de base con los 30 taquetes, y dejarla apretada y nivelada para esperar a que fragüe el Growting.



*Figura 7*

2.2.2.3. Requisitos para garantizar un buen apoyo:

Las característica que debe cumplir un apoyo para que sea confiable en esta obra son:

2.2.2.3.1. Peralte de la Losa:

El apoyo debe contar con un espesor mínimo para poder soportar las cargas a las que va a ser sometido, puesto que no existe terreno firme en el caso de esta obra, por estar ubicada justo arriba de la estación del metro Pino Suárez

### 2.2.2.3.2. Resistencia al aplastamiento y cortante:

El concreto sobre el cual se va a colocar la placa base y en el cual se debe barrenar para colocar los taquetes expansivos debe tener una resistencia mínima a la compresión de 200 Kg/cm<sup>2</sup>.

Para poder determinar la resistencia de un concreto viejo a la compresión existen varios tipos de pruebas que se pueden aplicar. La que se empleó en esta obra fue la extracción de corazones.

Esta prueba consiste en tomar una muestra *in Situó* del concreto en donde se debe apoyar la columna. Esto se realiza con una máquina extractora de corazones de concreto, la cual esta provista de una sierra de diamante circular que al momento de hincarse contra el concreto gira sobre su propio eje y genera un corte en el concreto de tal forma que se obtiene una probeta, posteriormente se somete la probeta a una prueba de deformación uniaxial, en donde el material se sujeta a una acción dirigida en una sola dirección que coincide con el eje de la probeta.

La prueba se realiza con el equipo correspondiente; aparatos perfectamente calibrados y apegados a las normas que se especifican para cada prueba en cuanto a la manera de cargar, forma y dimensiones de la probeta.

### 2.2.2.4. Problemas encontrados:

El proyecto ejecutivo, indica un apoyo de placa base conectada con taquetes expansivos a el concreto simple que existe en el área, esto sucede en un 50 % de los casos, pero en el otro 50 % hay concreto armado, en donde la broca de los taladros tiene problemas de penetración, dejando así muchos de los barrenos con una profundidad menor a los 5cm, el proyecto indica una profundidad de 20cm como mínimo aceptable para los barrenos. Por lo anterior, el anclaje queda reducido en su capacidad mecánica para la cual fue diseñada. Hubo necesidad de mover los barrenos.

La solución que se utilizó en los casos de baja capacidad para soportar los esfuerzos mecánicos de extracción y cortante, fue aumentar el área de contacto de la placa base con el concreto, de esta forma aumentó el tamaño de la placa hasta el tamaño en el que se pudieran alojar en esta los 30 barrenos necesarios para el correcto funcionamiento del apoyo.

Nota: Cuando se hacen tantos barrenos en una área tan reducida, el concreto pierde su resistencia, puesto que prácticamente se esta triturando en partes, por lo que se procuró hacer los barrenos más separados uno del otro. Aquellos que no cumplieran con las especificaciones de profundidad manejadas, se rellenaron con un aditivo expansor, para devolverle la resistencia a la compresión que es demandada al concreto.

#### 2.2.2.5. Paso de columnas a través de macizos:

Cuando la superficie de concreto sobre la cual corresponde ubicar una placa base no es lo suficientemente resistente para soportar los esfuerzos mecánicos que transmite una columna, se marcan estos puntos y se demuelen para permitir que la columna pase a través de las distintas losas (o puntos) que no cumplieron con la resistencia necesaria.

Posteriormente, cuando ya se colocó la columna y se tiene certeza de que la ubicación de la columna no cambiará, se procede a cerrar los huecos especialmente hechos para el paso de la columna.

Es necesario dejar una holgura que permita una libertad de movimiento de por lo menos 2" en cualquier sentido a la columna, por esta razón antes de colar el nuevo hueco, se envuelve la columna con material capaz de admitir los desplazamientos que demande la columna. En esta obra se utilizó unisel como frontera entre la columna y el colado de concreto.

## 2.2.3. COLUMNAS:

### 2.2.3.1. Características:

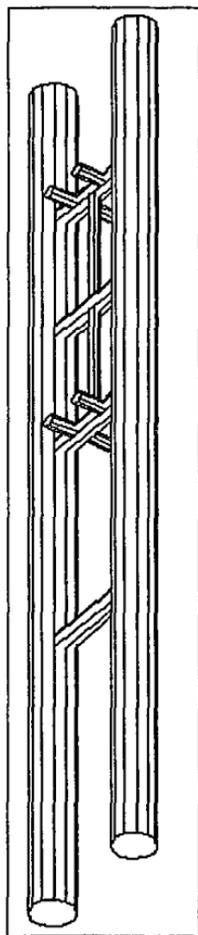
La principal característica de este proyecto son las columnas de apoyo, mismas que no son únicamente como el general, sino que su posición definitiva es inclinada, es decir, tiene componente vertical y horizontal.

La trayectoria de una columna, siempre se encuentra con el recorrido de la columna que le antecede por alguno de los dos extremos y a su vez con la trayectoria de la que precede por el otro extremo.

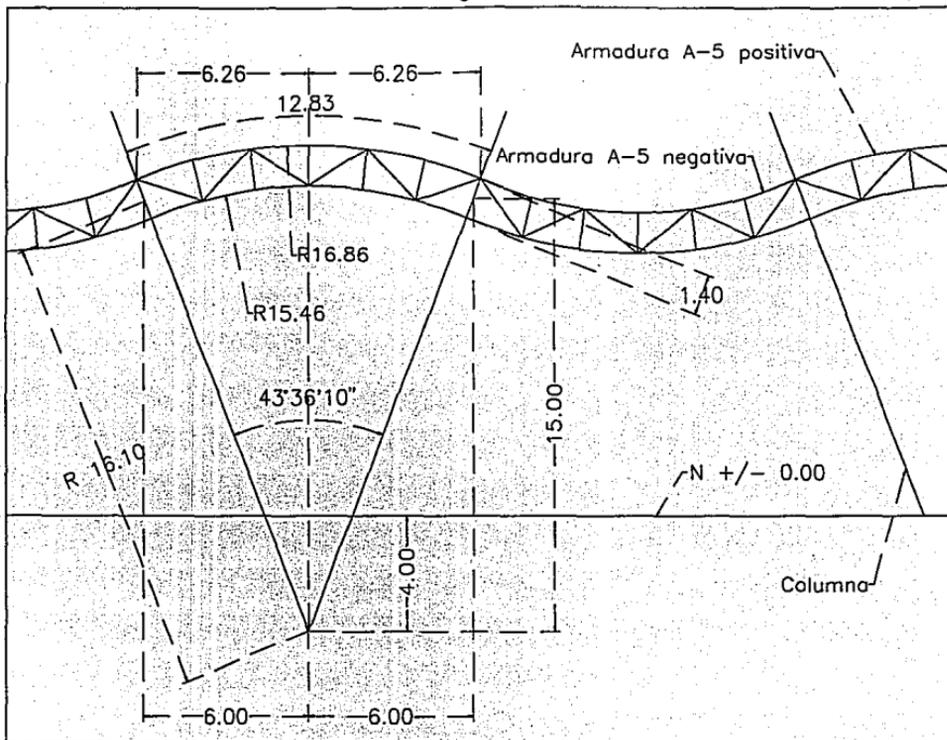
Al punto en donde se intersectan las dos trayectorias se llama foco, y en esta obra el foco se encuentra a 4mts por abajo del nivel 0.00 (nivel de piso).

De acuerdo con la figura 9, se puede observar la geometría que deben conservar las columnas para poder recibir las armaduras A-5 y darle continuidad a la estructura. También se observa que todas las columnas conservan una inclinación de  $21^{\circ} 48' 05''$  con respecto a la vertical y como consecuencia un ángulo de  $43^{\circ} 36' 10''$  entre dos columnas, este ángulo es constante ya sea para la intersección que se presenta en el nivel -4.00, como el que se presenta en el nivel 26.00.

*Figura 8*



# Figura 9



En la fabricación de columnas se emplearon tuberías cédula 40 con los siguientes diámetros: 2 tubos 8" de diámetro como cuerpo de la columna, y un tubo de 4" de diámetro como celosía, con una distribución de 1.20mts. En la figura 8 se puede apreciar los accesorios extras que se deben colocar a la columna con la finalidad de poder recibir las armaduras principales A-5.

### 2.2.3.2. Detalles de conexión:

#### 2.2.3.2.1. Conexión Superior:

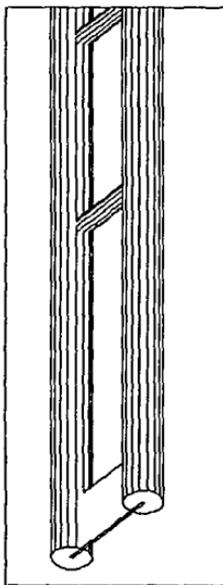
En la figura 8 se observan las preparaciones que se deben colocar en la columna antes de ser montadas, sirven para recibir las armaduras que conformarán la estructura principal.

Después de montada, soldada y apuntalada la columna se procede al montaje de la armadura A-5 positiva y A-5 negativa, pero como se puede observar en la figura 12, no es posible montar las armaduras A-1 si no están montadas y soldadas las armaduras A-5, puesto que las cuerdas superiores e inferiores de la armadura A-1 se sueldan mitad a las armaduras A-5 y mitad a los accesorios de la columna.

#### 2.2.3.2.2. Conexión Inferior:

Como se explico anteriormente las columnas se desplantan sobre una placa base o placa de apoyo, misma que transmite los esfuerzos mecánicos al concreto.

La conexión de la columna con la placa base es el punto en el que mayores



*Figura 10*

esfuerzos se registran de toda la estructura, por lo que en la placa de 1.6mm de espesor soldada a los dos tubos, transmitirán más uniformemente los esfuerzos de la columna a la placa base, esta placa de refuerzo se ilustra en la figura 10.

#### 2.2.4. ARMADURAS PRINCIPALES:

Las armaduras tienen las características que se muestran en la figura 11, con variantes de peralte, rolado de cuerdas, diámetros de las piezas y también la distancia entre los tubos que forman las cuerdas.

##### 2.2.4.1. A-5:

Es la única de las armaduras principales que sus cuerdas están roladas, al igual que todas las armaduras esta compuesta por dos tubos en la cuerda superior y dos tubos para la cuerda inferior, unidos por separadores que se encuentran en la intersección del montante con las cuerdas y para rigidizar la celosía encontramos diagonales que se unen a las terminaciones de los montantes.

Toda la tubería es Ced. 40, las cuerdas son de 2 $\frac{1}{2}$ " de diámetro, los montantes y las diagonales son de 2" de diámetro.

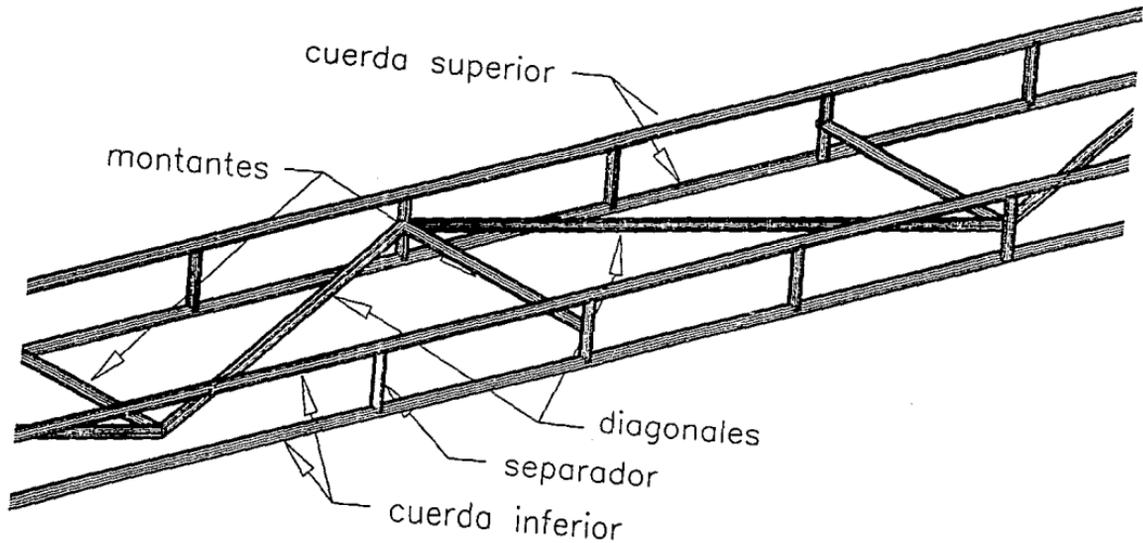
En la armadura varía la posición de las diagonales dependiendo de la armadura, ya sea cóncava o convexa, también llamadas positiva o negativa. La armadura tiene una separación entre cuerdas superiores e inferiores de 0.20mts de centro a centro de tubo y un peralte de 1.40mts. también de centro a centro de tubos. La longitud total de la armadura es de 12mts.

##### 2.2.4.2. A-1:

Este tipo de armadura se forma con tres piezas que son: una armadura central es parte del tablero interior y dos armaduras laterales o exteriores, que forman los dos tableros exteriores.

Toda la tubería es Ced. 40, las cuerdas, los montantes y las diagonales son de 2 $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

Figura 11



La armadura tiene una separación entre cuerdas de 0.32mts de centro a centro de tubo y un peralte de 1.40mts, también de centro a centro de tubos. La longitud total de la armadura es de 25.80mts incluyendo la armadura central y las dos puntas.

El peralte de las armaduras de punta inicia con 1.40mts y termina con 0.40mts.

El detalle de conexión entre armaduras A-5s y A-1 con la columna se ilustra en la figura 12.

#### 2.2.4.3. A-8:

Este tipo de armadura también se forma con tres piezas que son: una armadura central parte del tablero interior y dos armaduras laterales o exteriores, que forman los dos tableros exteriores.

Toda la tubería es Ced. 40, las cuerdas son de 2 1/2" de diámetro, los montantes y las diagonales son de 1 1/2" de diámetro.

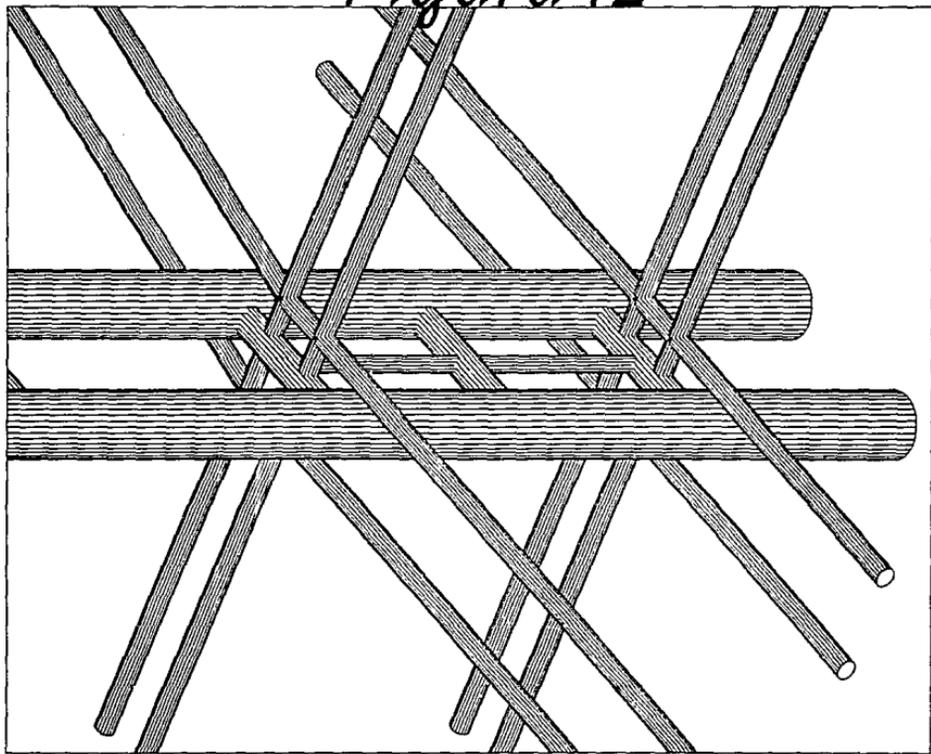
La armadura tiene una separación entre cuerdas superiores e inferiores de 0.20mts de centro a centro de tubo y un peralte de 0.90mts, también de centro a centro de tubos. La longitud total de la armadura es de 25.80mts incluyendo la armadura central y las dos puntas.

El peralte de las armaduras de punta inicia con 0.90mts y termina con 0.40mts.

#### **2.2.5. ARMADURAS SECUNDARIAS:**

Todas las armaduras de menor importancia, tanto por capacidad de carga como por dificultad de montaje, se pueden considerar como armaduras secundarias (A-2, A-3, A-4, A-6 y A-7), estas tienen la característica de tener roladas las cuerdas y en todos los casos la geometría de una armadura positiva no coincide con la de una negativa, esto es si se coloca una armadura positiva sobre una negativa se puede

Figura 12



observar que no coincide el radio de las cuerdas, cosa que no sucede en la armadura A-5. Las armaduras secundarias positivas son más grandes que las negativas gracias a que el eje de simetría<sup>1</sup> de la estructura se encuentra en el centro del peralte de las armaduras A-5. Las cuerdas superiores de todas las armaduras deben conservar la misma altura, la cuerda inferior varía su radio y por esta razón no coinciden el radio de las cuerdas en las piezas positivas con las cuerdas de las piezas negativas.

Los diámetros de tubería empleados para fabricar las distintas armaduras secundarias varían desde cuerdas de 1<sup>1/2</sup>" hasta diagonales y montantes de 3/4".

#### 2.2.6. TECHUMBRE DE LÁMINA:

Como principal alternativa se tomó la opción de utilizar perfiles acanalados, y de estos se eligió la lámina R-72, Calibre #24 que tiene un ancho efectivo de 72cm y un peralte de 2.46cm.

Esta lámina tiene la característica de poderse colocar en el sentido transversal de la techumbre y de esta forma la lámina va describiendo la trayectoria de las armaduras roladas, haciendo así un solo elemento armadura-lámina, las cuales ésta sujetas a través de pijas auto-taladrantes, con un sello de neopreno para no permitir el paso de el agua y sella perfectamente el orificio que le hace a la lámina y a las cuerdas superiores de la estructura. Este sello se refuerza con la aplicación de alguna pasta impermeable, en este caso se utilizó "SikaFlex" para lograr la impermeabilización de todos los traslapes que existen entre lámina y lámina además de sellar las perforaciones hechas por las pijas.

La pija tiene una rondana 3/4" para darle un mayor agarre a la lámina, puesto que en caso de vientos fuertes sin una buena superficie de sujeción la lámina puede desgarrarse y desprenderse de la estructura. Esta lámina está calculada para soportar vientos de 200 k.p.h. esto se

---

<sup>1</sup>Nota: ver figura 9

logra colocando más cerca o más distantes las pijas una de la otra, de acuerdo con los manuales de los fabricantes (IMSA).

El aspecto del mercado una vez terminada de colocar la lámina se ilustra en la figura 6, en donde se puede apreciar la forma ondulante que tiene el techo de este mercado.

### **3. FABRICACIÓN:**

#### **3.1. PLANOS DE TALLER**

En la fabricación de estructuras de acero lo primero que debe tenerse en cuenta es: los planos estructurales son únicamente planos de referencia, de el entendimiento y la factibilidad de estos se desprenden todos los lineamientos que se deben seguir para la fabricación o el dibujo de los planos también llamados de detalle.

Un vez terminada la tarea de dibujar los planos de taller, para lo cual fue necesario solucionar todos los detalles de conexiones, que en algunos casos no se encuentran especificados en los planos estructurales, se procede a la cuantificación del material que se utilizará para la creación de la estructura.

Los planos de taller, se denominan de esta forma puesto que especifican con todo detalle todos los aspectos que se deben vigilar en la fabricación de taller.

Dentro de estos aspectos se encuentran el dibujo de plantillas de corte, también se muestran el tipo y número de piezas que deberán fabricar, marcas de identificación, dimensiones de cada una de las partes que constituyen una armadura, localización y tamaño de cada armadura, secuencia de fabricación de las piezas, la forma de montaje de estas, esto incluye el orden del montaje el cual esta en función de la facilidad con la que se pueden ir colocando las piezas.

Los planos de taller deberán estar debidamente revisados y autorizados por la supervisión, con la finalidad de poder comenzar la fabricación de las piezas.

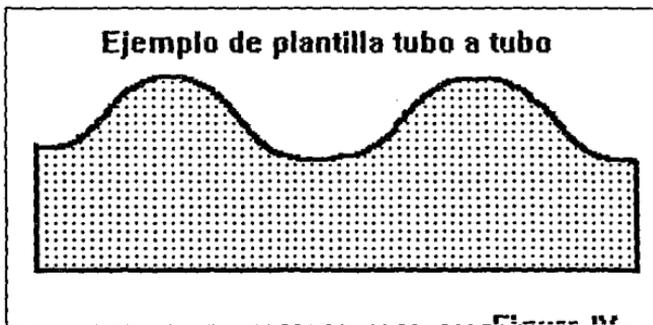
El orden de la fabricación se debe planear de acuerdo a la secuencia de montaje, de esta forma, se programa la fabricación de un tablero de columnas, y simultáneamente se deberán estar fabricando las armaduras principales y posteriormente las armaduras secundarias, procurando que en el momento en que se este montando algún elemento

simultáneamente se esta fabricando el siguiente elemento que por programa se deberá montar, así se logra minimizar los tiempos muertos de la gente, y de las piezas que se van fabricando, también se procura no tener en obra un stock de piezas que no se van a colocar de inmediato, dando prioridad a la fabricación de las piezas que sí son críticas para el montaje de la estructura.

De acuerdo con este razonamiento las piezas que tenían mayor importancia en su fabricación son las columnas, seguida por las armaduras principales A-5 y A-1, por estas razones primero se enfocó el interés, en la fabricación de estas armaduras, dejando en segundo término las armaduras secundarias.

### 3.2. PLANTILLAS Y ESCANTILLONES

Las plantillas en el caso de cortes y empates de tubo con tubo, son muy necesarias y se encuentran en los planos de taller, se trasladan a plantillas de cartón o madera, escala 1 a 1 puesto que de un buen corte sobre el tubo, depende una buena soldadura y una buena calidad en el trabajo disminuyendo los problemas de porosidad y falta de penetración que se presentan con mucha frecuencia en la soldadura.



*Figura 13*

En la figura 13 se muestra un ejemplo de plantilla, que como se puede observar se trata de el corte que se debe hacer a un tubo para poder recibir a otro tubo, estas plantillas se corrigen un poco con el ensayo de el corte y la presentación de un tubo con el otro para certificar que embonen perfectamente las dos piezas.

Los escantillones son piezas muestra de gran utilidad que sirven para uniformizar las dimensiones entre piezas del mismo tipo, además de facilitar la fabricación de todos los elementos que componen las armaduras (montantes, separadores, diagonales, cuerdas, etc.).

En la fabricación de estructuras metálicas y en especial en el caso de armaduras, es práctica común dibujar sobre el suelo la armadura a una escala de 1 a 1 con la finalidad de colocar sobre el dibujo las piezas de la armadura.

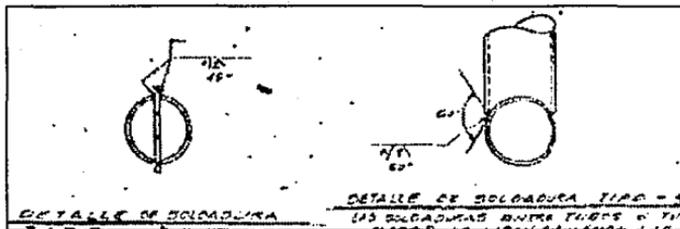
Utilizando este sistema, es posible fabricar una armadura con relativa facilidad, además de que posteriormente esta primer armadura, sirve de muestra para las subsecuentes armaduras, puesto que sobre la primera se fabrican todas las demás piezas, dando como resultado conservar la misma geometría.

### 3.3. HABILITADO DEL TUBO:

Los cortes que se realizaron al tubo, son con un ángulo diferente a 0° grados, se les conoce como "boca de pescado", el cual es un corte que se hace, en las puntas al tubo para que cuando se unan los elementos de igual o distinto diámetro, haya una holgura constante, que por especificación es de 1/8".

Cabe también señalar que el corte llamado "boca de pescado" tiene un bisel a 60 grados para lograr una penetración completa de soldadura, en la unión de los elementos.

En la figura 14 se muestra un ejemplo de especificaciones para corte y soldadura en tubos que se manejaron en este proyecto.



*Figura 14*

### 3.4. HABILITADO:

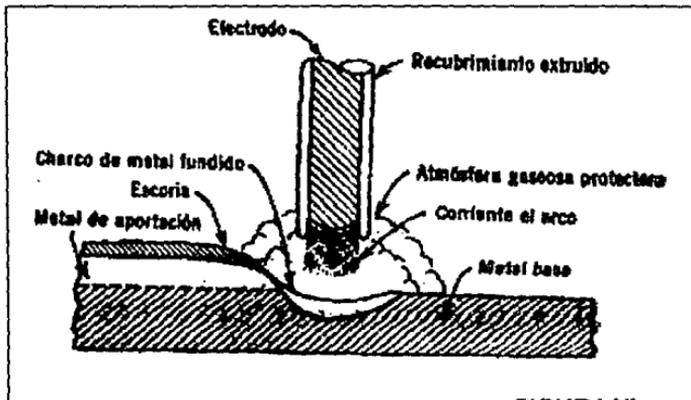
Las cuerdas superiores e inferiores fueron roladas en frío con una máquina llamada roladora, esta tiene tres rodillos, dos en la parte baja y un tercero que de acuerdo al tórque que se le imprima, será el radio con el que se rolarán las piezas.

Para lograr una buena fabricación de las piezas, es necesario tener una buena plantilla sobre la cual se colocarán las piezas y se soldaran unas con otras alternadamente, para evitar que el calor que produce la soldadura deforme la geometría de la pieza, por ello se deben puntear primero los elementos, en forma alternada para lograr una buena rigidez, y posteriormente se deben soldar todos las conexiones alternadamente para evitar deformaciones en la geometría de la armadura.

### 3.5. SOLDADURA

#### 3.5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS:

La soldadura es el proceso de conectar piezas de metal entre sí por medio de la aplicación de calor, ya sea con o sin presión.



*Figura 15*

En la figura 15 se presentan los elementos que componen el fenómeno de la soldadura de arco con electrodo protegido por un recubrimiento extruido este produce una atmósfera gaseosa protectora que contribuye para estabilizar el arco y para protegerlo de los gases atmosféricos y de un rápido enfriamiento, mejorando así la calidad de la soldadura dejando una capa de escoria que posteriormente es necesario retirar para continuar con el proceso de soldado.

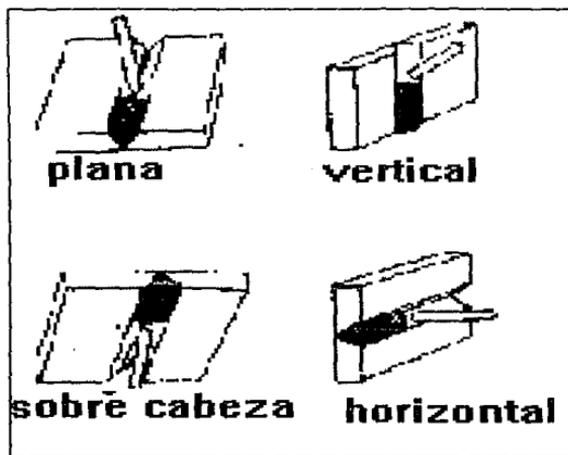
Para esta obra se utilizó únicamente soldadura de arco metálico, en la cual el calor se genera por medio de un arco eléctrico formado entre el electrodo de acero y las partes que se van a soldar. El calor del arco

funde simultáneamente el metal base y el electrodo, y el campo electromagnético conduce el metal fundido de la varilla de soldadura (electrodo) hacia el metal base, mientras que el operador mueve el electrodo, manual o automáticamente, a lo largo de la soldadura con una velocidad adecuada y depositando la cantidad necesaria de metal de aportación.

### 3.5.2. POSICIONES PARA SOLDAR:

Por lo común, la soldadura se efectúa en cuatro posiciones: plana, horizontal, vertical y sobre cabeza.

Las soldaduras verticales y sobre cabeza son posibles debido a que el metal fundido es conducido de la varilla a la conexión por el campo electromagnético y no por la acción de la gravedad.



*Figura 16*

La posición de la soldadura afecta la facilidad y velocidad de aplicación, por lo que es importante procurar la posición más sencilla de soldado, para conseguir la mejor calidad y el menor costo de la soldadura.

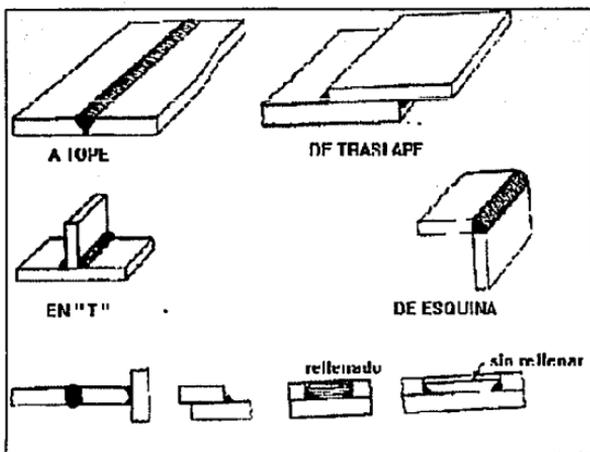
### **3.5.3. TIPOS DE ELECTRODOS:**

Los electrodos usados para la soldadura de arco pueden ser varillas de acero desnudas o bien recubiertas con distintos compuestos minerales; en la soldadura con electrodos recubiertos parte del recubrimiento se funde, formando una capa fluida de escoria, y otra parte forma una atmósfera gaseosa protectora alrededor del arco metálico. La protección gaseosa sirve para estabilizar el arco y para protegerlo de los gases atmosféricos. La escoria fundida, de menor densidad que el metal fundido, sube a la superficie, retardando la rapidez de enfriamiento del metal de soldadura y protegiéndolo de una exposición indeseable a los gases atmosféricos.

La composición química del metal de la soldadura puede controlarse por medio de la composición del recubrimiento. El uso de electrodos recubiertos resulta en soldaduras de mejor calidad que las que pueden obtenerse con electrodos desnudos, y por esta razón casi toda la soldadura de arco moderna se hace con electrodos recubiertos.

### **3.5.4. TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS:**

Aunque mediante el proceso manual se obtienen soldaduras de buena calidad, en el taller se obtienen mejores resultados y más económicos utilizando equipo de soldadura semiautomático o automático.



*Figura 17*

Algunos tipos de juntas soldadas se representan en la figura 17 y son las siguientes: a tope, de traslape, en "T", de esquina, así como cuatro tipos básicos de soldaduras: de preparación, filete, tapón y ranura.

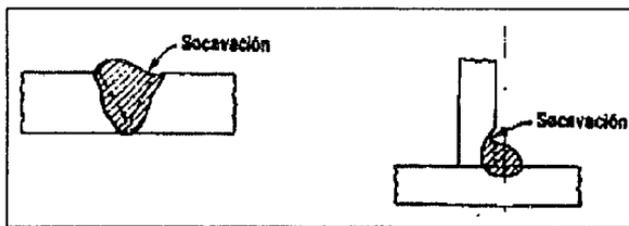
Para obtener una buena soldadura se deben vigilar varios detalles implicados en el proceso, tales como posición al soldar, preparación del metal antes de soldar, ajuste de las juntas, tipo y tamaño del electrodo, uso de equipo de corriente alterna o directa y la polaridad adecuada del metal base, el ajuste de la corriente y del voltaje para cada soldadura en particular, velocidad de depósito del metal de aportación, número de pasos para formar una soldadura, el mantenimiento de un arco estable y forma adecuada de la soldadura.

### 3.5.5. DEFECTOS EN LA SOLDADURA:

Los defectos más importantes por el uso de una técnica inadecuada para realizar la soldadura son, socavación, falta de fusión y penetración, inclusión de escoria y porosidad.

#### 3.5.5.1. La socavación:

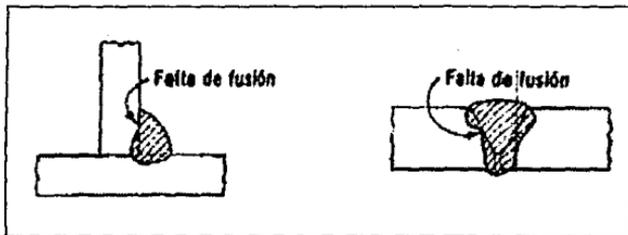
Se define como el quemar excesivamente el metal base. La tendencia a la socavación depende en mayor o menor grado de las características del electrodo y de la posición al soldar; frecuentemente es causada por corrientes y longitudes de arco excesivas. La socavación, fácilmente detectable por inspección visual, puede corregirse depositando metal de aportación adicional después que la superficie se ha limpiado adecuadamente.



*Figura 18*

### 3.5.5.2. La falta de fusión:

Se define como la falla del metal base y del metal de aportación para fundirse en algún punto de la junta. Este defecto no es común en las soldaduras de arco, a menos que las superficies que se suelden estén recubiertas con materiales extraños que eviten la fusión en ese punto. Si las superficies están adecuadamente limpias y se seleccionan correctamente el tamaño del electrodo, la velocidad y la corriente, se asegurará una completa fusión.



*Figura 79*

### 3.5.5.3. La penetración incompleta:

Se define como la falla del metal base y del metal de aportación para fundirse en la raíz. Este defecto puede deberse a un mal diseño de la preparación, tal como una dimensión excesiva de la cara de la raíz, una abertura insuficiente en la raíz o un ángulo insuficiente de la preparación, o puede deberse a una técnica inapropiada, como el uso de un electrodo de diámetro excesivamente grande, velocidad excesiva, o corriente insuficiente.

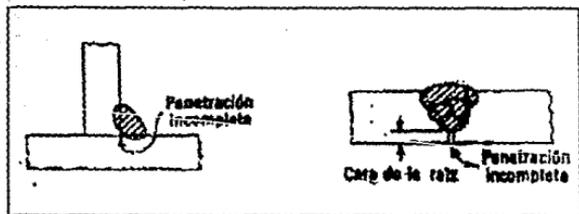


Figura 20

#### 3.5.5.4. Las inclusiones de escoria:

Se definen como óxidos metálicos y componentes sólidos encontrados en ocasiones como inclusiones alargadas o globulares. Estos óxidos son el resultado de reacciones químicas entre el metal, aire y el recubrimiento del electrodo durante el depósito y solidificación del metal de aportación. Puede evitarse en gran parte mediante la selección de la composición química del electrodo y de su recubrimiento, de modo que no reaccionen con los elementos contenidos en el metal base, también la falta de limpieza es un factor determinante en la inclusión de escoria. Como la escoria tiene una densidad menor que el metal fundido, usualmente sube a la superficie. Un enfriamiento rápido y un ángulo insuficiente de la preparación pueden evitar que la escoria suba a la superficie; las inclusiones de escoria representan un problema particular en las soldaduras verticales y sobre cabeza.

#### 3.5.5.5. La porosidad:

Se define como la presencia de vacíos globulares o bolsas de gas en el metal de soldadura. El gas puede ser atrapado en el metal de soldadura como resultado de una solubilidad reducida al enfriarse la soldadura, o por la formación de gases debido a reacciones químicas. La porosidad se debe frecuentemente al uso de corrientes o longitudes de arco excesivas.

### **3.5.6. PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR:**

Una vez terminada de armar la celosía, se procede al soldado definitivo de las juntas. Es necesario que antes de iniciar el soldado de la junta se esmerile el punto de soldadura que se aplicó anteriormente, puesto que no es de buena calidad y puede generar problemas de falta de penetración o escoria.

Después de soldar, el laboratorio aplica las pruebas necesarias para garantizar que las conexiones cumplen con las exigencias de proyecto, generalmente se aplica una inspección visual, y en algunos nudos se aplican líquidos penetrantes, dependiendo de los resultados, se incrementa el control de calidad con cualquier método, ó se disminuye haciendo menos pruebas.

En caso de encontrar fallas en la soldadura, se deberá reparar la conexión con la solución que marque la supervisión. Terminada la reparación se vuelven a realizar pruebas a las conexiones reparadas para verificar la confiabilidad de la soldadura.

### **3.6. LIMPIEZA Y PRIMARIO**

#### **3.6.1. ASPECTOS QUE SE DEBEN VIGILAR PARA OBTENER UNA BUENA PROTECCIÓN AL ACERO:**

- La preparación previa del acero para el pintado.
- El tipo de pintura.
- El medio ambiente al que estará expuesto el acero.

#### **3.6.2. PROCEDIMIENTOS DE PREPARACIÓN:**

- Retirar el aceite con disolventes.
- Eliminación de la suciedad, del óxido y de la cascarilla suelta de laminado con un cepillo de alambre.
- Tratado con chorro de arena.
- Limpieza con baño químico
- Fosfatación.

### 3.6.3. MEDIOS AMBIENTES:

Dependiendo del medio ambiente en el que se encuentre la obra, se determina el procedimiento de preparación que se utilizará para limpiar el acero; estos se pueden clasificar en:

- Interiores secos o regiones áridas.
- Zonas rurales o de industrias ligeras, normalmente secas.
- Húmedas frecuentemente.
- Continuamente húmedas.
- Productos químicos corrosivos.

### 3.6.4. LIMPIEZA Y PRIMARIO EN LA FABRICACIÓN PARA EL CASO DE PLAZA PINO SUÁREZ:

Este punto es importante por lo que se debe vigilar que no presente deficiencias en su calidad.

Para iniciar con la limpieza de la pieza debe estar totalmente terminada.

La escoria se elimina con cincel y martillo, después de retirarla se realiza una limpieza general de la pieza que puede ser mecánica o con líquidos disolventes, en esta obra se utilizó únicamente la limpieza mecánica y básicamente se utilizó "la carda", que es un disco de cepillo de alambre, que se monta en una esmeriladora de mano; en los lugares en donde no es posible utilizar "la carda", se limpia con un cepillo de alambre de mano, que tiene más fácil acceso a los lugares estrechos de la armadura.

Una vez revisada la pieza, se procede a pintar con pintura anti-oxidante, que a diferencia de la pintura esmalte tiene muy buena adherencia a la superficie del acero y deja una superficie rugosa, que permite un buen agarre a la pintura de acabado, que generalmente es de tipo esmaltada. Tanto la pintura primaria como la de acabado, es posible aplicarlas con brocha o con pistola conectada a un compresor de aire.

Es recomendable dejar las puntas o conexiones de la armadura libres de oxido, limpiar con carda y cepillo, además se debe de dejar sin pintar puesto que con la temperatura que se produce al establecer el arco eléctrico se enciende la pintura generando una llama que no permite tener una buena apreciación de la soldadura al fundirse, generando problemas de calidad en la aportación de soldadura.

La mejor práctica es pintar en taller las armaduras con pintura anti-oxidante, transportarlas, y en la obra después de montar y soldar la conexión, pintar la pieza con la pintura de acabado, de esta forma no se maltrata la pintura de acabado durante el traslado, montaje o soldado.

## **4. MONTAJE:**

### **4.1. PROBLEMÁTICA**

#### **4.1.1. PROBLEMAS DE ESPACIO:**

Uno de los problemas en obra fue que el espacio de la zona de trabajo dentro de la plaza se encontraba reducido tanto por vendedores ambulantes, mismos que fueron reubicados en la misma plaza fuera de la zona de trabajo, como por el continuo paso peatonal y el tránsito vehicular de sus alrededores. Como resultado tenemos una área muy reducida de trabajo confinada por un tapial que solo permitía el paso de maquinaria y material.

Una vez reubicados los vendedores ambulantes se llegó al acuerdo de permitir el libre paso de maquinaria y materiales, este movimiento se efectuó generalmente durante la noche.

Así los suministros y el montaje de piezas que requieran de mayor área para maniobras de grúa, quedaron restringidos a la noche.

El tipo de grúa se determinaba según la ubicación y el peso de la pieza que se trate, algunas piezas debían colocarse en lugares muy alejados de los caminos de acceso para las grúas convencionales, teniendo que montarlas con grúas de mayor capacidad para poder librar las grandes distancias.

La mayor parte de la estructura se montó con grúas móviles con capacidad de 10 Ton, y se ayudó con plumas distribuidas a lo largo de toda la obra para tener diferentes frentes de trabajo.

#### 4.1.2. PROBLEMAS DE PROYECTO:

La cubierta tiene una pendiente mínima de 1% con la finalidad de poder desaguar la precipitación pluvial y eliminar posibles encharcamientos sobre la cubierta, los cuales producen goteras, además de generar un aceleramiento en el proceso de oxidación de la estructura, que a la larga pueden poner en peligro la estabilidad de la techumbre.

En el sentido longitudinal de la cubierta, existen "valles bajos" y "valles altos", por lo que el agua puede fluir ya que existen pendientes pronunciadas. Por el contrario en el sentido transversal, la pendiente que se maneja en el proyecto era un cero constante, es decir es completamente horizontal, y ello no permite el flujo de agua, generando así los problemas mencionados.

La solución al problema fue: mover el "foco" o punto de intersección que se genera entre dos columnas ubicadas en el mismo eje longitudinal, 0.16 mts. hacia abajo, esto con la finalidad de generar una pendiente del 1% , puesto que el claro que existe entre un eje de columnas y el otro es de 16 mts. La armadura A-1 une una columna con la otra. La cual tiene una pendiente del 1% logrando con ello que las armaduras que se coloquen y estén conectadas a esta armadura conservarán la misma pendiente, y en consecuencia la lámina que se colocará sobre las cuerdas superiores de las armaduras tendrán pendiente constante mínima para que deslice el agua.

Para lograr este cambio de pendiente, fue necesario cambiar la ubicación de las placas base de todo un eje longitudinal, así como la longitud de las columnas que pertenecen a ese eje.

#### 4.1.3. PROBLEMAS DE AVANCE:

El avance en el montaje de este tipo de estructura depende directamente de la velocidad con la que se coloquen las columnas, las armaduras principales, una vez terminadas de colocar y soldar estas piezas, se procede a colocar las armaduras secundarias y por último se coloca la lamina o techumbre.

Para evitar esta secuencia se procura crear frentes alternativos que no dependan tan directamente uno de otro.

En la figura 21 se muestran los dos frentes de trabajo que se propuso para acelerar la tarea de montaje y de esta manera se crearon cuatro cuadrillas ubicadas en cada extremo totalmente independientes una de otra con lo que fue posible aumentar el avance global de la obra.

#### 4.2. EQUIPO

Para el montaje de columnas, armaduras principales y secundarias, se utilizaron distintos equipos, mismos que se describen a continuación:

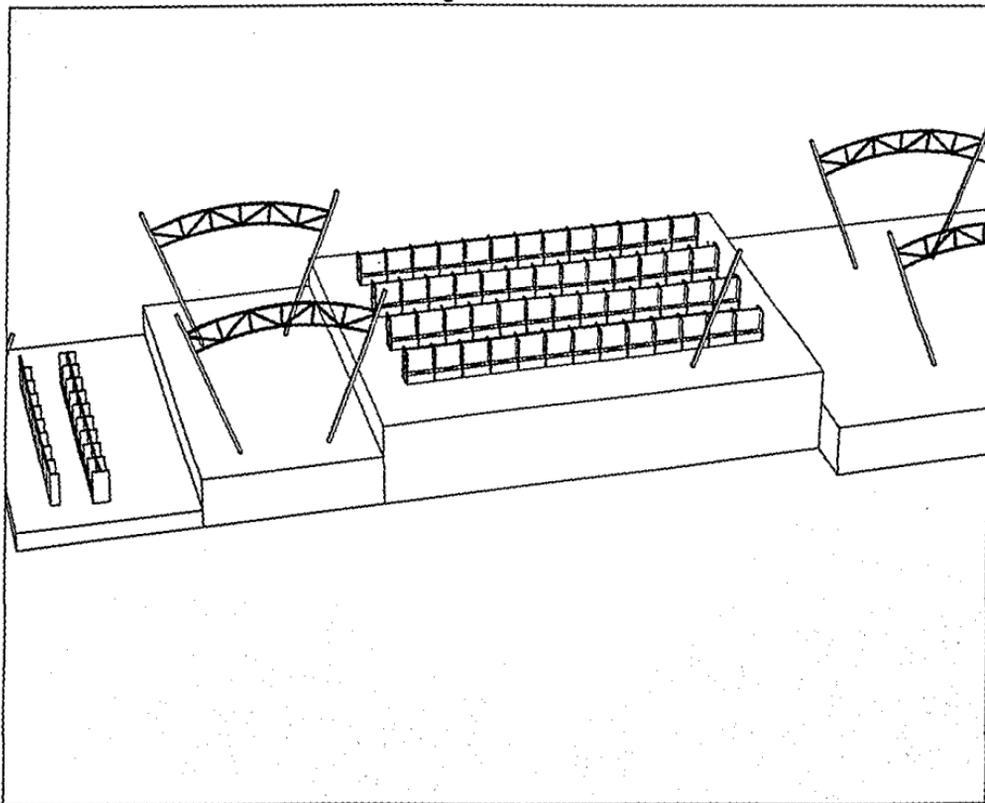
##### 4.2.1. PLUMAS:

Son pies derechos contruidos a base de celosía con ángulos o redondos de acero, o tubos huecos e incluso para pequeñas elevaciones se emplean postes metálicos o de madera.

Se disponen con vientos sujetando el cabezal, de forma que el trabajo de la pluma se puede suponer como: compresión concéntrica.

Los cables sólo pueden resistir tensiones y éstas se combinan con la compresión que soporta la pluma de modo que su resultante sea vertical e igual al peso que se eleva más la fuerza de tensión.

Figura 21



La pluma consta de por lo menos una polea en la punta superior, para que por ella pase el cable que se unirá al elemento que se desea mover, este cable en su otro extremo, podrá estar ligado a un templador sujeto a la misma pluma, o podrá pasar por otra polea y así llegar a algún sistema de tracción como puede ser un malacate.

En esta obra se utilizaron mucho las plumas, puesto que los claros que tenían que librar las grúas, eran considerables y por lo tanto requerían grúas de gran capacidad para poder librar estos grandes claros, encareciéndose el montaje. De esta forma el empleo de las plumas en las áreas donde el acceso de las grúas era muy difícil fue la mejor alternativa para el montaje de las armaduras principales.

#### 4.2.2. GRÚAS:

Se definen como: máquina para levantar y trasladar pesos. Generalmente está formada por un soporte-bastidor, que puede ser fijo o móvil; una cabina, que envuelve la estructura principal y contiene las unidades motoras y sus mandos, y un aguilón, sobre el cual se mueven los cables a los que se enganchan distintos accesorios de trabajo. Las grúas pueden ser:

##### 4.2.2.1. Fijas:

Sirven para levantar grandes en radios relativamente pequeños pesos.

##### 4.2.2.2. Giratorias:

Las compuestas por un aguilón montado sobre un eje vertical giratorio. Pueden levantar pesos y transportarlos de un punto a otro, dentro del círculo descrito por el aguilón. La forma más sencilla de este tipo es la grúa de pared, cuyo aguilón gira alrededor de dos cojinetes fijos en la pared; su amplitud de giro es generalmente de uno 180 grados.

Las grúas en que el aguilón se mantiene fijo sobre la columna y ésta es la que gira se denominan grúas de columna giratoria; antiguamente se

montaba la columna dentro de un pozo de fábrica, pero en la actualidad se prefiere que gire dentro o con una armazón de apoyo.

Las grúas giratorias de mástil, consisten en un mástil sobre el que se apoya una pluma inclinada provista de su correspondiente aparejo; son muy usadas en la construcción, en el manejo de materiales y en los talleres, a causa de su fácil montaje y gran radio de acción. Finalmente, se incluye en este grupo las grúas sobre placas de rodadura, llamadas así por montarse el mecanismo sobre una plataforma giratoria; se emplean en almacenes y muelles.

#### 4.2.2.3. Correderas:

Son las que pueden desplazarse sobre una superficie o terreno. Las grúas flotantes se montan en una plataforma giratoria que se fija sobre una caja flotante. Por lo general carecen de propulsión propia, por lo que se trasladan de un lugar a otro mediante remolcadores; se emplean en trabajos portuarios y en astilleros. Las grúas orugas son unidades autopropulsadas montadas sobre orugas parecidas a las utilizadas en los tanques.

La energía necesaria para la autopropulsión es suministrada por el mismo motor que se utiliza para levantar las cargas; este tipo de grúas es ideal para trabajar en suelos blandos, en los que es muy importante la amplia distribución del peso. Dentro de este mismo grupo esta la grúa que en lugar de tener orugas tiene neumáticos y es ideal para transportarse sobre pavimentos y suelos uniformes, también se conocen con el nombre de "patos".

Las grúas de puente consisten en una plataforma horizontal montada sobre dos soportes, que pueden estar fijos o bien estar provistos de ruedas que les permiten correr sobre carriles. Por encima de esta plataforma se desplaza un carrillo que lleva un dispositivo para elevar o bajar la carga y un motor de accionamiento, mediante el cual es capaz de transportarla; este tipo de grúa se emplea en patios de montaje, talleres, puertos, estaciones, etc.

Si el transporte ha de hacerse en locales en los que por la altura del techo y otras circunstancias no es posible el uso de la grúa de puente, se emplea entonces la grúa de velocípedo, la cual rueda sobre un riel terrestre y por arriba va aprisionada entre dos carriles mediante una polea horizontal.

#### **4.3. PROCEDIMIENTO:**

##### **4.3.1. TRAZO:**

Cuando se inicia una obra, es indispensable realizar un trazo preliminar para ubicar la posición en este caso de las placas que servirán de base o apoyo a toda la estructura.

La ubicación exacta de placas y columnas se obtiene de realizar un trazo con aparatos de precisión como lo son el tránsito y el nivel, se define también un banco de nivel definitivo, y a partir de este, se obtienen las elevaciones de cada uno de los elementos estructurales para la construcción del inmueble.

##### **4.3.2. APOYOS:**

Para el montaje de columnas, el primer requisito que se debe cumplir es un buen apoyo; es decir que la placa base cuente con todos los taquetes expansivos bien apretados y apoyada sobre terreno firme.

##### **4.3.3. COLUMNAS:**

Las columnas se colocan formando tableros a base de cuatro columnas, en donde dos de estas encuentran sus trayectorias en un punto imaginario por arriba de ellas o por abajo, dependiendo del eje que se trate. Así se obtienen dos pares de columnas que son totalmente paralelas entre sí y permiten el montaje de dos armaduras del tipo A-5, que pueden ser positivas o negativas dependiendo de la trayectoria de las columnas.

Posteriormente se coloca otro par de columnas que generarán con el tablero de columnas antes colocado un nuevo tablero, el cual permitirá la colocación de un nuevo par de armaduras del tipo A-5.

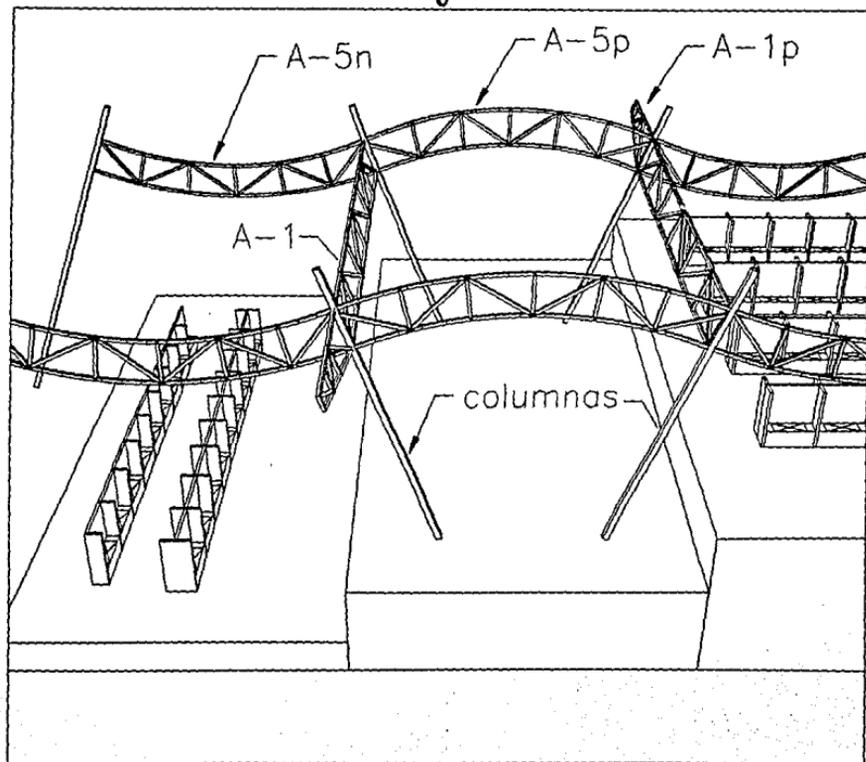
Para la ubicación de las columnas en el espacio es necesario "plomearlas", así como alinearlas con respecto al eje longitudinal y transversal de la obra, para que las armaduras A-5 y A-1 (armaduras principales) pueden tener una buena conexión con la columna, también es importante la longitud de la columna, puesto que todas las placas de base están ubicadas a distintas elevaciones, a diferencia de la elevación constante a la que se deberán encontrar las armaduras principales.

En la figura 22 se muestra en forma esquemática lo mencionado anteriormente.

El montaje de todas las columnas se realizó con ayuda de grúa, porque no fue posible utilizar otro sistema de montaje, el primer paso para colocar la columna consistió en sujetarla desde el extremo superior, para así poder levantarla con el brazo de la grúa y desplazarla al sitio en donde esta la placa base, después de alinear la columna con el eje longitudinal de la plaza, se procede a la aplicación de unos puntos de soldadura entre la columna y la placa base, controlando de esta manera los movimientos que tendrá la columna, posteriormente con ayuda del peso propio y el brazo de la grúa se da la inclinación que pide el proyecto logrando ubicar la columna exactamente en su lugar, terminando esta maniobra se colocan juego de puntos de soldadura entre la placa base y la columna, estos sirven para garantizar que no se modificará la posición de la columna.

Como medida de seguridad siempre se procuró que al terminar el montaje de cualquier columna, esta debería quedar apuntalada por medio de algún elemento metálico, para garantizar la estabilidad de la columna y la seguridad en la obra.

Figura 22



El apuntalamiento se conserva hasta qué el tablero de columnas, se encuentre totalmente rigidizado por todo el conjunto de armaduras principales y secundarias.

#### **4.3.4. ARMADURAS PRINCIPALES:**

Como ya se menciona el paso siguiente a la colocación del tablero de columnas es el montaje de las armaduras A-5 mismas que se montaron con la ayuda de grúa y en algunos casos con plumas, lo cual permitía poder utilizar las grúas en otras actividades.

Las armaduras principales son las primeras que se montan, y por lo tanto de un buen montaje, de ellas depende la buena alineación de las demás armaduras.

De acuerdo con los planos estructurales el siguiente paso, después de el montaje de las armaduras A-5, era la colocación de las armaduras A-1 y las A-8, los dos tipos de armaduras tienen la peculiaridad de ser muy largas (16 mts ), e ir en el sentido transversal de la plaza comercial, obligando estas dos razones a utilizar dos grúas (una de cada lado de la plaza).

Para no ocupar mayor mente las grúas en esta tarea, se optó por montar estos dos tipos de armaduras con plumas y de esta forma aprovechar las grúas para abrir más frentes de trabajo.

#### **4.3.5. ARMADURAS PRINCIPALES DE PUNTA:**

Simultáneamente con las armaduras principales fue posible montar las armaduras A-1P y A-8P de los extremos, estos tableros exteriores son totalmente independientes a los tableros interiores.

Estas armaduras también se montaron con la ayuda de grúa, y lo más delicado en el montaje de ellas, fue el alineamiento que deben conservar con las armaduras interiores y de esta forma obtener una pendiente e inclinación constante a lo largo de toda la techumbre en el sentido transversal.

#### 4.3.6. ARMADURAS SECUNDARIAS:

Una vez concluido el montaje de las armaduras principales se procedía a montar armaduras secundarias, se considera concluido el montaje de armaduras primarias cuando nos tenemos colocadas todas las armaduras A-1, A-5 y A-8 del tablero, este tablero se debe parecer al que se ilustra en la figura 23.

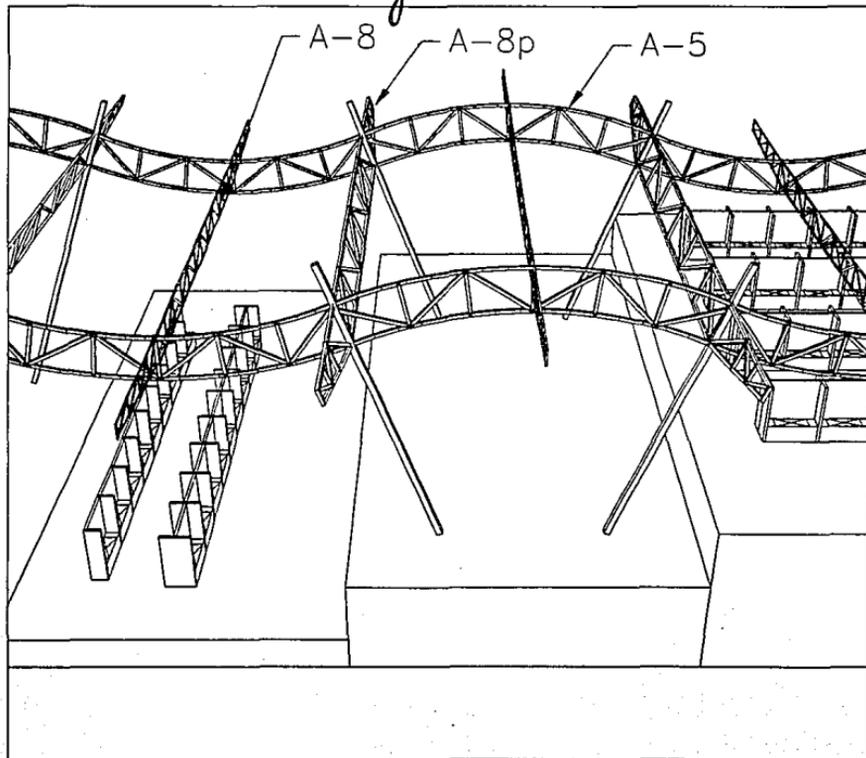
Se entiende por armaduras secundarias a las armaduras del tipo A-2, A-3, A-4, A-6, y A-7. Todas estas son armaduras que tienen sus cuerdas superiores e inferiores rolandas; existen dos clases de armaduras: "las positivas" y "las negativas", se diferencian una de la otra por la geometría de la celosía y/o la longitud de la pieza.

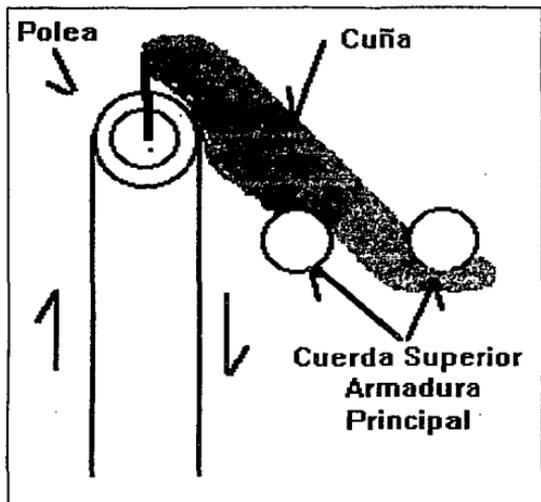
Si las columnas del entre eje se van separando, la armadura que corresponde colocar es del tipo "positiva", si por el contrario las columnas tienden a juntarse el tipo de armadura es "negativa".

Estos tipos de armaduras por ser tan ligeras, era posible levantarlas con el auxilio de poleas o garruchas como la que se muestra en la figura 24, estas se colocaban en las cuerdas superiores de las armaduras principales y las armaduras secundarias desde la plataforma del mercado se subían simplemente con la ayuda de dos personas que aplicaran fuerza hacia abajo a un extremo de la cuerda mientras que por el otro extremo de la cuerda subía la armadura hasta llegar al lugar en el que se planea colocarla, recibíendola un soldador que la alinea y coloca en posición aplicando unos puntos de soldadura.

El sistema tiene ventajas sobre la pluma como son el no ser necesario perder mucho tiempo en el desplazamiento de el sistema, además de ser muy económico. Su principal desventaja es el límite que existe en el peso que es posible levantar, dado que es bajo, quedo restringido su uso a las armaduras secundarias.

Figura 23





*Figura 24*

Las armaduras se montaron con el auxilio de "piezas" que se soldaban provisionalmente a la estructura, y ellas facilitaban el montaje de las armaduras, en algunos casos se utilizaban para apoyar o cargar las armaduras y posteriormente alinearlas correctamente, en otros casos servían para tener un punto de apoyo en el cual hacer palanca o ejercer presión para realizar un correcto montaje, una vez alineada la pieza se procede a colocar puntos de soldadura entre la nueva pieza y las existentes, con la finalidad de concluir el montaje de la nueva armadura.

En todos los casos, antes de iniciar con el montaje de cualquier armadura, era indispensable que las piezas de las que dependa la armadura, se encontraran soldadas al 100% en todas sus conexiones para poder garantizar la estabilidad del sistema. Por esta razón existían cuadrillas independientes de soldadores, los cuales iban tras las

cuadrillas de montaje, soldando todas las piezas que se montaran y tras de estos el equipo de supervisión de soldaduras, aplicando pruebas de radiografías y líquidos penetrantes para poder determinar la calidad en prácticamente el 100% de las conexiones.

Después de obtener los resultados del laboratorio, otra cuadrilla de soldadores venía reparando todos los defectos marcados por la supervisión, dejando terminadas todas las conexiones de la estructura con la calidad que exigía el proyecto.

En la figura 25 se muestra un tablero totalmente terminado, el cual consta de columnas, armaduras principales tanto interiores como exteriores y también se dibujan la armaduras secundarias de todo el tablero.

#### 4.3.7. PINTURA:

Las cuadrillas de pintores tenían a su cargo limpiar la escoria en todas las conexiones terminadas y revisadas por la supervisión, esta limpieza se efectuaba con cincel y martillo, para después limpiar la conexión con carda y/o cepillo para poder aplicar la pintura anticorrosiva o primaria y proteger de la oxidación a la conexión.

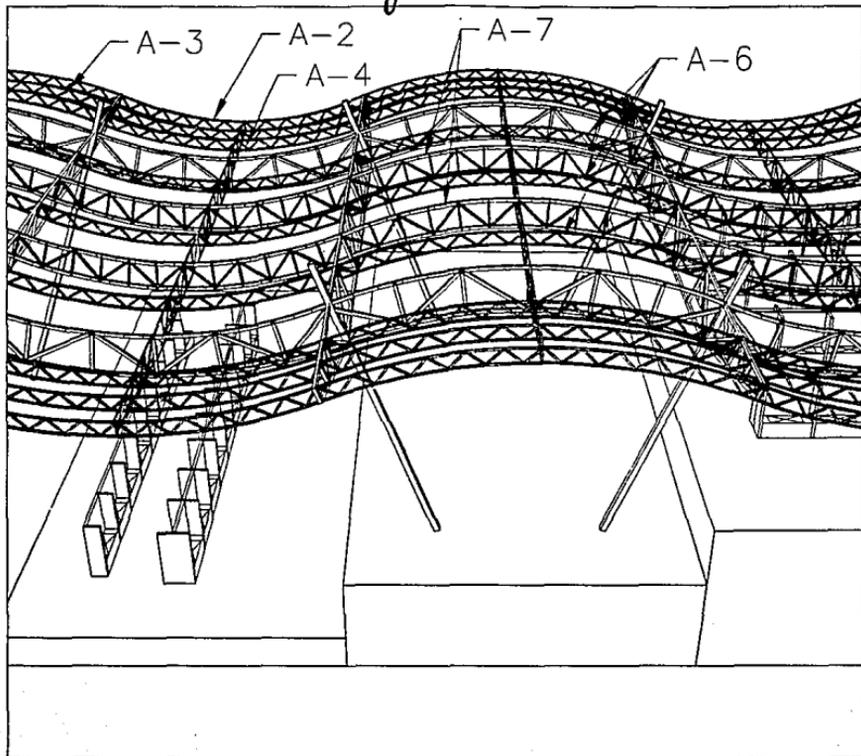
Al momento de cerrar un tablero con todas sus armaduras, el procedimiento a seguir era colocar cuadrillas de pintores aplicando las dos manos de pintura esmalte blanco que pedía el proyecto.

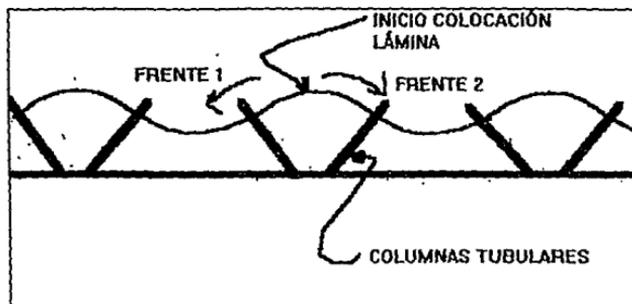
Terminada la aplicación de pintura se procede a la fijación de la lámina que servirá de techo para toda la plaza comercial.

#### 4.4. CUBIERTA

Para poder iniciar el montaje de la cubierta, se debe tener terminada al 100% el área que se pretende techar, esto es montaje, soldadura y pintura terminadas. Se procura tener amplias zonas con la estructura terminada para no detener el avance de los colocadores de lámina, ya que esta labor es muy sencilla..

Figura 25





*Figura 26*

Para la colocación de esta lámina se debe procurar iniciar su colocación al centro de la techumbre, puesto que así se generan dos frentes de trabajo, uno a cada extremo como se describe en la figura 26, con este sistema se obtiene minimizar los tiempos muertos y se tiene la posibilidad de aumentar la colocación de lámina.

## 5. CONTROL DE CALIDAD:

### 5.1. PRUEBAS DE CALIDAD A LAS SOLDADURAS

Usualmente se obtienen soldaduras satisfactorias cuando se utiliza un procedimiento adecuado y las soldaduras son realizadas por operarios competentes; la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) ha desarrollado Procedimientos Estándar de Calificación, consistentes en dos partes: Calificación de los procedimientos y calificación del operario. La calificación de los procedimientos trata de las propiedades del metal base y del de aportación, del tipo y tamaño de los electrodos, del tipo de preparación y de la posición de soldar, de la corriente y voltaje a usar y de los usos posibles del precalentamiento o del tratamiento térmico de las partes después de soldar.

La calificación del operario requiere que el soldador realice ciertos especímenes de prueba, las soldaduras de prueba deben simular el tipo y las condiciones de la soldadura en campo, y se suministran diferentes calificaciones para los distintos tipos de soldadores; numerosas comparaciones hechas entre los resultados obtenidos con especímenes de prueba y especímenes reales de campo, indican que los operarios que hacen buenos especímenes de prueba también hacen en general buenas soldaduras en el campo. Sin embargo, no es suficiente confiar en la calificación del soldador, sino debe mantenerse una inspección adecuada de todas las soldaduras en la estructura para asegurarse de que sean satisfactorias.

#### 5.1.1. CONTROL ANTERIOR A LA SOLDADURA:

El control anterior a la soldadura debe afectar: a las materias primas utilizadas (carburo, oxígeno, metales de base, metales de aportación o electrodos...), al material (soplete, válvula reductora, generador, generatriz de corriente...), a la calidad de la mano de obra así como al examen de los planos de la construcción, con el fin de comprobar si la disposición de las soldaduras está de acuerdo con lo que recomienda la técnica. Este último punto tiene una importancia capital ya que decide el tipo de unión a adoptar, el metal a emplear, el tipo de montaje y las

condiciones de ejecución. Esta misión debe realizarla el perito en soldadura.

### **5.1.2. CONTROL DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA:**

Los controles efectuados durante la ejecución de la soldadura son principalmente de inspección, lo que permite asegurar la perfecta ejecución de la unión. Así pues, en este tipo de control, se tiene en cuenta la correcta utilización de la materia prima y, sobre todo, una observación rigurosa de los métodos de unión fijados en principio. Eventualmente pueden ir acompañados de ensayos semi-destructivos o destructivos, comprobando la constancia del valor profesional de los soldadores y el perfecto funcionamiento de las máquinas de soldar. Una soldadura realizada a gran velocidad, normalmente, no alcanza a todo el espesor (defecto de penetración) o produce una fusión parcial de los bordes a unir (pegadura). Por el contrario, las soldaduras ejecutadas con lentitud resultan, en general, sobrecargadas y recalentadas (defectos de homogeneidad fisicoquímica).

### **5.1.3. CONTROL DESPUÉS DE LA SOLDADURA:**

Existen muchos tipos de controles para una soldadura ya aplicada, pueden ser destructivo, semi-destructivo o no destructivo.

#### **5.1.3.1. El control destructivo:**

Este tipo de control se aplica en la fabricación en serie, cuando todas las unidades son idénticas, esto ocurre en la construcción de botellas de butano, pequeños recipientes a presión, etc.

#### **5.1.3.2. El control semi-destructivo:**

El control se realiza sobre muestras sacadas previamente de regiones dudosas, sin producir la destrucción de la junta, con la posibilidad de rehacer nuevamente el cordón de soldadura continuo en el lugar donde se efectuó el examen.

### 5.1.3.3. El control no destructivo:

#### 5.1.3.3.1. Método Visual:

Es el método más simple y requiere una persona competente que observe al soldador en operación mientras lleva a cabo su trabajo. Es el método más rápido y económico.

#### 5.1.3.3.2. Método de las partículas magnéticas:

En este método se colocan limaduras de hierro sobre la soldadura, y se sujetan a una corriente eléctrica; las configuraciones adoptadas por las limaduras indicarán la presencia de grietas. En soldaduras de varios cordones, debe examinarse cada uno de ellos para inspeccionar adecuadamente la soldadura.

#### 5.1.3.3.3. Método de la tintura penetrante:

Se aplica una tintura a la superficie de la soldadura, la que penetra en las grietas que pueden existir. Se elimina el sobrante y se coloca un material absorbente sobre las soldaduras. La cantidad de tintura que brote fuera de las grietas indicará su profundidad.

#### 5.1.3.3.4. Método ultrasónico:

Un desarrollo reciente en la fabricación del acero también es aplicable a la inspección de soldaduras, aunque se requiere un equipo de alto costo. En este método se envían ondas de sonido a través del material, y los defectos afectan el intervalo de tiempo de la transmisión del sonido, el cual identificará los mencionados defectos.

#### 5.1.3.3.5. Método radiográfico:

Este método puede emplear rayos X o rayos gamma para reproducir la figura de la soldadura sobre una película. Se aplica mejor esta técnica en las soldaduras a tope, en donde la fotografía mostrará únicamente el material de aportación. No es adaptable a soldaduras de filete, porque el metal base también se proyectará en la fotografía. El uso de esta

técnica en el campo está limitado por los espacios libres requeridos para el equipo y la película.

Estos métodos de prueba no destructivos pueden usarse para suplementar la inspección visual o para una revisión aleatoria de los procedimientos de soldadura.

#### 5.1.3.3.6. Calibradores:

Se usan para determinar si los tamaños y perfiles de las soldaduras son adecuados.

### 5.2. PRUEBAS DE DEFORMACIÓN UNIAXIAL:

Para el caso del acero, por lo regular se aplican pruebas de carga para someter la probeta a tensión, estas pruebas se efectúan en la Máquina Universal y con los resultados de las pruebas se puede hacer una gráfica de carga-deformación que nos expone de forma objetiva la manera de comportarse el material.

Otro aspecto interesante en el fenómeno de la deformación de un material, es la relación de éste con el tiempo; es decir, conocer qué pasa con la deformación a través del tiempo.

De estas pruebas se puede obtener la resistencia que tienen las conexiones soldadas y se pueden saber los esfuerzos que puede soportar la estructura.

### 5.3. PRUEBAS DE CARGA:

Esta clase de prueba se realiza una vez terminada la obra, y corresponde a cargar físicamente la estructura con la carga para la que esta diseñada por metro cuadrado.

Esta prueba se hace colocando una fracción del peso con cualquier material, ya sea sacos de cemento, agua, o cualquier otro material que sea posible transportar para poder cargar la estructura uniformemente.

Se toman las lecturas de las deformaciones que sufrió la estructura cuando esta totalmente cargada.

Se mantiene la estructura cargada por un intervalo de tiempo, se vuelve a tomar lecturas.

Después de un lapso de tiempo se comienza a descargar la estructura y posteriormente se registran las deformaciones que presenta.

Con este procedimiento se puede saber cual fue la máxima deformación y cual es la capacidad de recuperación de la estructura; es decir se sabe el tamaño de la deformación permanente que no regreso a su posición inicial.

## **6. CONCLUSIONES:**

A continuación se exponen las ventajas y desventajas que presentan las estructuras fabricadas en acero:

### **6.1. VENTAJAS:**

#### **6.1.1. VERSATILIDAD ARQUITECTÓNICA:**

Como su nombre lo indica el acero tiene la característica de ser muy apropiado para fabricar estructuras o figuras muy caprichosas que en otros sistemas es prácticamente imposible formar.

La variedad de perfiles que se consiguen comercialmente y la facilidad para cortar y soldar estos perfiles, hacen que se pueda construir prácticamente cualquier figura o estructura que el arquitecto imagine.

#### **6.1.2. FABRICACIÓN EN TALLER:**

Gracias a la facilidad de fabricar en taller, se pueden obtener avances muy considerables, con respecto a otros tipos de estructura, puesto que se puede programar la fabricación de tal manera que se pueda producir en serie y lograr una calidad y cantidad muy superior a la obtenida en actividades realizadas en obra.

Esta característica que tienen las armaduras de acero, permiten realizar otras actividades simultáneas a la vez que se fabrican las piezas, y se puede trabajar en obras en las que no se cuenta con el suficiente espacio.

#### **6.1.3. LIGEREZA:**

Cuando se tienen problemas con la capacidad de carga del terreno o como en este caso en donde se aprovecha una cimentación pre-existente para desplantar en ella la una nueva construcción; las estructuras de acero presentan una gran ventaja con respecto a otros sistemas, puesto que el peso por metro cuadrado de área techada es mucho menor que la mayoría de las demás opciones, permitiendo

aprovechar la cimentación existente, realizando únicamente una estructura de anclaje.

#### **6.1.4. RAPIDEZ DE MONTAJE:**

Gracias a la posibilidad de fabricar en taller, es posible aumentar la velocidad para montar las piezas que suministra el taller y olvidarse en la obra de las cuadrillas de fabricación. Creando únicamente cuadrillas de montaje y soldadura definitiva, que tienen un rendimiento mayor cuando sólo se dedican a una tarea.

Las armaduras, por tener la cualidad de ser ligeras son muy rápidas de montar y fáciles de manejar agilizando aún más el montaje.

#### **6.1.5. ALTA RESISTENCIA A SISMOS:**

Por el bajo peso que se obtiene edificando en acero, se puede hablar de ser muy poco afectadas por los sismos; en comparación con otros sistemas mucho más pesados, el acero tiene una gran capacidad para aceptar deformaciones, cosa que no sucede por ejemplo con el concreto.

En contraste son mucho más sensibles al viento que las estructuras más pesadas.

#### **6.1.6. FÁCIL DESMANTELAMIENTO:**

En la actualidad muchas de las edificaciones se construyen consientes del nuevo dinamismo de las ciudades, por esta causa un edificio se considera que tiene una vida útil de X número de años, al finalizar esta vida útil se valora la facilidad o dificultad que presenta la estructura para ser desmontada o demolida. Dependiendo del costo de demolición, el predio tiene un mayor o menor valor en relación con otros predios, por esta razón es importante la facilidad de desmantelamiento que se consigue fabricando estructuras diseñadas con acero estructural.

## 6.2. DESVENTAJAS:

### 6.2.1. BAJA RESISTENCIA A LA INTEMPERIE:

Este es una grave desventaja que presentan los elementos fabricados en acero, puesto que después de fabricar la estructura es necesario aplicar una cubierta protectora sobre la superficie de acero, esta protección depende del tipo de clima y agentes a los que se intente proteger de un ataque a la estructura:

Cuando se trata de oxidación, si el clima es muy húmedo es necesario efectuar una limpieza a fondo sobre la superficie en la que posteriormente se aplicara la pintura que protegerá a la estructura, esta pintura se debe aplicar periódicamente a lo largo de la vida útil de la estructura.

#### 6.2.1.1. Protección contra fuego:

Cuando se trata de fuego, es necesario proteger a la estructura contra el calor del fuego, con la finalidad de aislarla lo más posible contra el daño producido por el calor; esta protección debe garantizar dos horas de protección en las que no se debe dañar la estructura.

Como se puede observar las estructuras fabricadas en base a acero, dependen de un mantenimiento de por vida, factor que se traduce en desventaja en comparación con otros sistemas.

### 6.2.2. PERSONAL CALIFICADO:

Cuando en algún proceso interviene la gente, el buen funcionamiento de las cosas depende en mucho del aspecto humano; cuando hablamos de estructuras de acero en México asociamos a esta idea mucho personal calificado, esquema que debe cambiar como sucede en los países desarrollados, puesto que en estos países se cuenta con la tecnología suficiente y el apoyo financiero para adquirir maquinaria capaz de minimizar el empleo de mano de obra y lograr de manera definitiva restar importancia a los caprichos de los trabajadores. Logrando con estas medidas aumentar el rendimiento en la fabricación, reducir costos

y elevar la calidad de la soldadura, los cortes y las preparaciones en cada pieza que se fabrique con acero.

### 6.3. COMENTARIOS:

Valorando las ventajas y desventajas que tiene el empleo de acero en las estructuras se puede observar que es un recurso muy valioso en el ramo de la construcción y que en algunos casos es la única manera de poder edificar las nuevas y caprichosas geometrías que propone la reciente generación de arquitectos que buscan siempre algo novedoso y distinto a lo convencional.

Esta es una obra que se encuentra terminada y en funcionamiento desde agosto de 1993; obra política en la que la prioridad era terminar en el tiempo que marca el programa para reubicar a los comerciantes ambulantes del centro de la ciudad de México.

Con la creación de obras como esta que sirven para mejorar el entorno social y político de la ciudad se consigue por un lado: generar fuentes de trabajo para mucha gente que en el proceso de obra trabaja en la edificación de dichas obras, y por otro lado se consigue normatizar el comercio en la zona centro de la ciudad de México.

El mercado como se menciona en la introducción de esta tesis tiene la peculiaridad de estar fabricado sobre la estación del metro en un conjunto de fuentes de concreto, este hecho determinó que el proyecto se debía ajustar a las limitaciones que marcaba el sitio en el que se propuso edificar el mercado.

De acuerdo con las limitantes y los lineamientos que para su construcción demandaban el predio y los comerciantes ambulantes, se logró proyectar un mercado cuya techumbre debía fabricarse en "tubería de acero estructural", misma que cumple con todas las condiciones antes expuestas. Se analizaron otros tipos de techumbre y se determinó que la más adecuada por rapidez, peso, y versatilidad arquitectónica era la fabricada a base de acero.

## **7. BIBLIOGRAFÍA:**

**LAS SOLDADURAS**

**D. SEFERIAN, P. CHEVENARD, J. AZCUE.**

**URMO, S.A. DE EDICIONES**

**INGENIERÍA DE OBRA 1975**

**EDICIONES DEUSTO S.A.**

**DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO**

**BRESLER, LIN Y SCALZI**

**ED. LIMUSA**

**CONSTRUCCIONES METÁLICAS**

**FERNANDO RODRÍGUEZ - AVILA AZCÚÑAGA**

**PATRONATO DE PUBLICACIONES DE LA ESCUELA ESPECIAL DE**

**INGENIEROS INDUSTRIALES 1958**

**INTRODUCCION AL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES**

**AGUSTIN DEMENECHI COLINA**

**ROBERTO MAGAÑA DEL TORO**

**HECTOR SANGINES GARCÍA**

**U.N.A.M.**