

Índice

Página

Introducción	I
---------------------------	----------

1) Generalidades

1.1) Antecedentes.....	1
1.2) Descripción del predio.....	1
1.3) Estudios previos.....	3
Figura 1.2 Perfil estratigráfico en sondeo SPE-6	5
1.4) Nivelación de terreno.....	8
1.5) Cimentación.....	9

2) Proyecto ejecutivo

2.1) Cubicación de materiales.....	14
2.2) Cubicación de placa para los marcos rígidos de la nave industrial.....	15
Tabla 2.1A Cubicación marco de 28 m	18
Tabla 2.1B Cubicación marco de 28 m (continuación)	19
Tabla 2.4A Cubicación marco de 38 m	21
Tabla 2.4B Cubicación marco de 38 m (continuación).....	22
Tabla 2.6 Concentrado del tonelaje de los 9 sistemas de marcos MA-1 y los 5 sistemas de marcos MA-2	24
2.3) Cubicación de perfiles estructurales para soporte de la cubierta y cuarto de máquinas.....	25
2.4) Cubicación de estructura para fachada y tonelaje total.....	27
Tabla 2.12 Tonelaje total de materiales	28
2.5) Programación de actividades.....	29
2.6) Costeo de insumos menores.....	31
2.7) Sueldos y utilidad.....	33
2.8) Presupuesto para concurso.....	36

3) Armado y montaje

3.1)	Habilitado de materiales y armado.....	38
3.2)	Montaje de columnas.....	49
3.3)	Montaje de trabes.....	51
3.4)	Montaje de puntales (strut), largueros y contraflambeos.....	55
3.5)	Montaje, estructura menor de cuarto de máquinas.....	57
3.6)	Instalación del sistema de contraventeo.....	60
3.7)	Montaje de estructura para recibir fachada de lámina.....	61

4) Supervisión de obra

4.1)	Coordinación de actividades.....	66
4.2)	Suministro de insumos menores.....	71
4.3)	Revisión de soldaduras.....	72
4.4)	Supervisión de maniobras de montaje.....	81
4.5)	Conciliación de estimaciones.....	81

5) Comentarios y conclusiones

5.1)	Comentarios.....	83
5.2)	Conclusiones.....	86

Anexo A.- Planos

Plano 1.1	Levantamiento topográfico
Plano 1.2	Ubicación de sondeos de penetración estándar
Plano 1.3	Planta de la nave y del predio
Plano 1.4	Planta de cimentación
Plano 2.1	Despiece de marco de 28 m
Plano 2.2	Sistema de marcos combinados de 28 m y 38 m
Plano 2.3	Planta de cubierta de la nave industrial
Plano 2.4	Ejes de estructura para fachadas

Plano 2.5 Ejes de estructura para fachadas

Plano 3.1 Planta para ubicación de huacales que recibirán las anclas
AN-3 y AN-4

Anexo B.- Tabla 2.13

Tabla 2.13 Programa de barras

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

El trabajo que desarrolle como tesis, tiene como principal objetivo que el lector adquiera los conocimientos necesarios para poder elaborar la cubicación, presupuesto, armado y montaje de una estructura metálica, de marco rígido tipo Butler, cabe mencionar que el ingeniero que pretenda llevar a cabo un proyecto como el que se presenta a continuación, es indispensable que sea hábil en la interpretación de planos estructurales y arquitectónicos.

En el primer capítulo de Generalidades, se tocan temas relacionados con el inicio del proyecto, revisando aspectos de los antecedentes del mismo, como lo es la factibilidad de llevar a cabo el proyecto, que vaya de acuerdo a las necesidades del cliente, posteriormente repasaremos aspectos como es la descripción del predio, en donde se encontrará el plano de ubicación en la ciudad de Querétaro, Querétaro de la nave industrial que presento, así como el levantamiento topográfico que se hizo para este proyecto, dentro de los estudios previos veremos el plano de ubicación de los sondeos de penetración estándar realizados para el estudio de mecánica de suelos que se llevó a cabo, así como el perfil stratigráfico de un sondeo como ejemplo.

Posteriormente podemos apreciar fotografías que nos muestran al predio nivelado, listo para iniciar los trabajos de excavación para las zapatas, así como figuras extraídas de planos donde podemos revisar el diseño de zapatas, dados y anclas que integrarán este proyecto, pudiendo apreciar finalmente un plano en planta de la ubicación de zapatas, dados y anclas.

En el segundo capítulo, Proyecto Ejecutivo, presento la metodología para llevar a cabo la cubicación de la estructura metálica, costearla y llegar a un precio de concurso.

Detallo la metodología para hacer el despiece de cada marco, para llevar a cabo la cubicación de todo el material que interviene en el proyecto, paso a paso veremos como podemos formar tablas de excel, que nos agilizarán el trabajo pudiendo

cuantificar los diferentes elementos que tenemos en el diseño, como lo son las columnas, semitrabes, trabes, montenería, sistemas de contraflamdeo y contraventeo, así como la estructura a partir de vigueta IPR de un cuarto de máquinas y la estructura de la fachada de vigueta IPR y canal mon-ten, con estos datos llegaremos a un precio de venta.

Junto con nuestro presupuesto debemos presentar al cliente un programa de obra, el cual estableceremos mediante un programa de gráfica de barras rectangulares, buscando el adecuarnos a las 14 semanas que el cliente tiene programadas para llevar a cabo el suministro, armado y montaje de la estructura objeto de este trabajo, ya que detrás de nosotros vienen otros contratistas, traslapando sus actividades con las nuestras conforme les vamos dando tramo para trabajar, como lo son la pintura y laminado de techumbre y fachada.

En el tercer capítulo, Armado y Montaje, presento la metodología para realizar el armado de los diferentes elementos que integran a cada marco, como lo son columnas y trabes, así como el montaje de estos marcos y elementos adicionales, como lo es, una estructura que servirá de fachada al cubrirla con lámina y una estructura simple a partir de viguetas IPR para un área adyacente a la nave principal.

Se presenta la manera de armar cada elemento que integra nuestro proyecto ya sean columnas o trabes, proporcionando algunos detalles técnicos para llevar a cabo los trabajos, como recomendaciones de la forma como debe soldarse los elementos para evitar que se recalienten y tuerzan, también presento los detalles de montaje de columnas y trabes, paso a paso hasta la instalación del sistema de contraventeo y armado de una estructura muy sencilla para la fachada de lámina.

En el cuarto capítulo, Supervisión, se presentan aspectos de supervisión durante los procesos de armado y montaje, repasando temas de seguridad en el desarrollo de la obra.

Reviso en la coordinación de actividades, el uso de la bitácora de obra como instrumento de comunicación con la residencia de obra (el cliente), brevemente repaso la mejor forma de manejar nuestros consumibles como gas, oxígeno y soldadura, en el subcapítulo de la revisión de soldaduras presento tres pruebas diferentes para la calificación de soldaduras con sus informes, así como una guía practica para hacer la supervisión ocular de soldaduras, presento en el subcapítulo de supervisión de maniobras de montaje aspectos de seguridad que se deben tomar en cuenta antes de iniciar la maniobra de montaje, por último, en conciliación de estimaciones presento la negociación a la que se llegó con el cliente para asegurar contar con flujo de efectivo durante el transcurso de los trabajos, con el objetivo de llevar a buen termino el armado y montaje de la estructura metálica tipo Butler de 10,813.60 m².

En comentarios y conclusiones abordo temas de solución de algunos contratiempos que se llegan a presentar en la realización de las diferentes actividades, como lo sería el quitar una soldadura mal aplicada, que no paso control de calidad, o el enderezado de un elemento (columna o semitrabe) que se tuerza al momento de ser soldado, para el caso de que se presente un desajuste entre las dos columnas que recibirán una trabe, al no quedar milimétricamente bien alineada un ancla y por consiguiente, se encuentre más abierta o cerrada la placa base y columna, dándonos una variación al momento de armar las trabes, antes de ser montadas.

Al final de este trabajo se encuentra la bibliografía que sirvió de apoyo para la realización de esta tesis, en donde se encontrarán direcciones de páginas electrónicas en Internet, las cuales podrán ser visitadas por el lector, sobre todo a aquel que le interese conocer pesos teóricos de perfiles comerciales, estructurales, tubería, o placa.

1) GENERALIDADES

Presentaré las etapas iniciales para llegar a la realización de este proyecto, la construcción de una nave industrial de marco rígido tipo Butler de 10,813.60 m².

1.1) Antecedentes

Una importante planta embotelladora de refrescos, debido a su expansión en la región del Bajío requiere aumentar su capacidad de producción y almacenaje por lo que necesita la construcción de una nave industrial.

Esta compañía cuenta con un departamento de construcción, el cual se encarga del diseño del proyecto, dirección de obra y supervisión de los proyectos, además selecciona a los diferentes contratistas que deberán participar en un proyecto específico, así como despachos externos para las diferentes especialidades en ingeniería como lo son; topografía, mecánica de suelos, cálculo estructural.

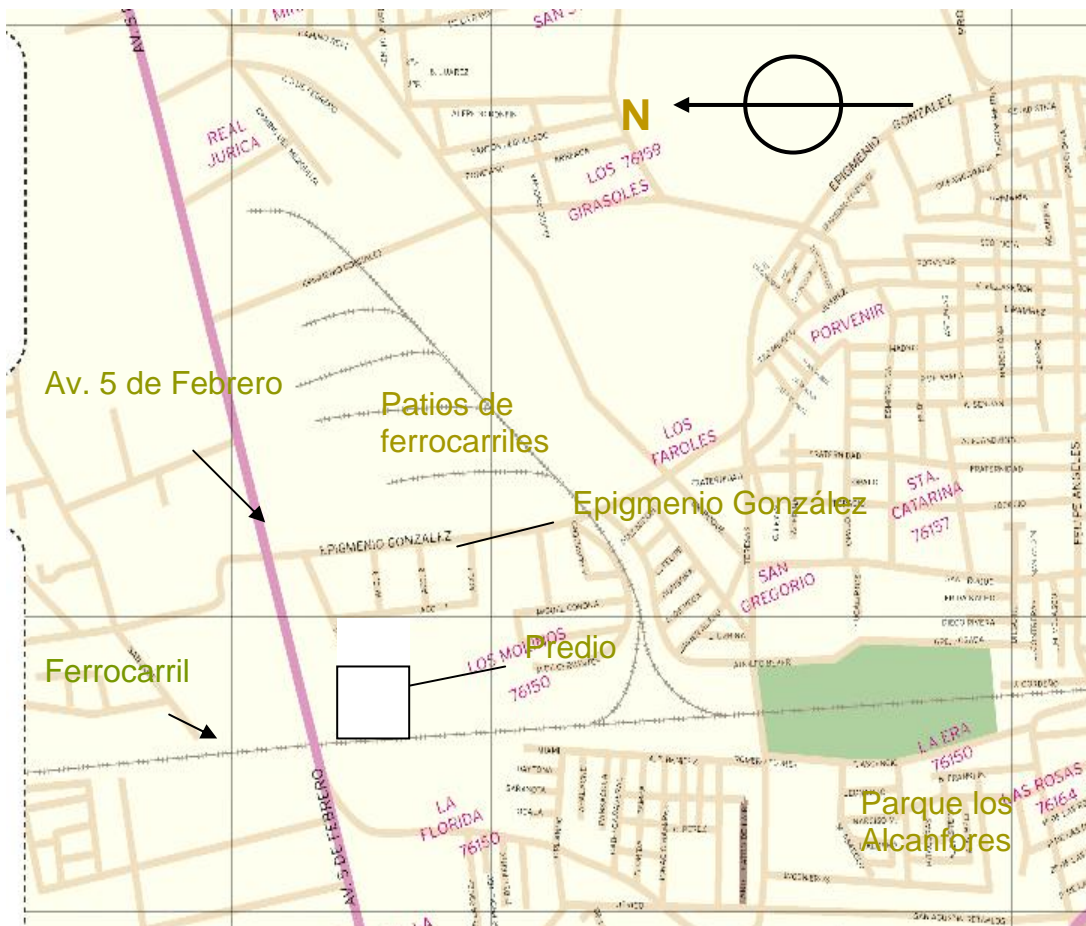
Este proyecto se realiza tomando en cuenta las maniobras de almacenaje y equipos que estarán operando dentro de esta nave, en donde se requieren alturas de 9 m y claros mínimos entre columnas de 27 m en una dirección, el total de la superficie a techar es de 10,813.60 m². El diseño de esta nave por así convenir a las necesidades del cliente, tiene dos secciones, la primera de 5460 m² que cuenta con nueve marcos, en donde cada marco está diseñado, con dos claros de 38 m de distancia a ejes de columnas y un remate a muro de colindancia de 15 m, (cuarto de máquinas) y distancia entre marcos a 7.50 m, en su segunda sección cuenta con 5353.60 m² en donde tenemos 14 marcos con dos claros entre columnas de 28 m a ejes y distancia entre marcos de 7.50 m, rematando en un ultimo marco a 5.60 m, como se aprecia en el plano 1.3

1.2) Descripción del predio

Antes de iniciar un proyecto en un predio específico, es necesario hacer los estudios de factibilidad correspondientes, en donde debemos revisar el Reglamento de Construcción del Municipio donde se llevará a cabo la obra, empezando por el uso de suelo, normatividad de construcción en el área específica del predio seleccionado, e inclusive

verificando si se requieren estudios de impacto ambiental dependiendo del proyecto que se pretende llevar a cabo, una vez que encontramos que es factible llevar a cabo el proyecto en el predio seleccionado podemos iniciar con los estudios previos. El estudio de factibilidad por lo general lo lleva a cabo la compañía constructora contratada por el cliente, en este caso en particular, como el cliente cuenta con un departamento de construcción mencionado con anterioridad, este departamento se encargo de realizar los estudios de factibilidad, contratación con despachos externos de estudios de topografía, mecánica de suelos y cálculo estructural.

En el mapa 1.1 se puede ubicar el predio en la ciudad de Querétaro, en la colonia de los molinos, cercano a los patios de ferrocarriles.



Mapa 1.1 Ciudad de Querétaro, ubicación de predio

En el plano 1.1 se presenta el levantamiento topográfico del predio y terrenos aledaños para expansiones futuras.

Se cuenta con un predio de 127.09 m x 147 m el cual cumple con los requisitos necesarios para llevar a cabo el proyecto de una nave industrial de 10,813.60 m², el cual cuenta con servicios de agua, luz y drenaje, con vías de acceso pavimentadas ya que se encuentra en una zona industrial de Querétaro, teniendo como colindancia al Norte la Av. 5 de Febrero, al Sur la planta Kellogs de México, al Este se dispone de terrenos para expansión futura y al Oeste se encuentra la vía del ferrocarril México-Querétaro, como lo podemos apreciar en la figura 1.1

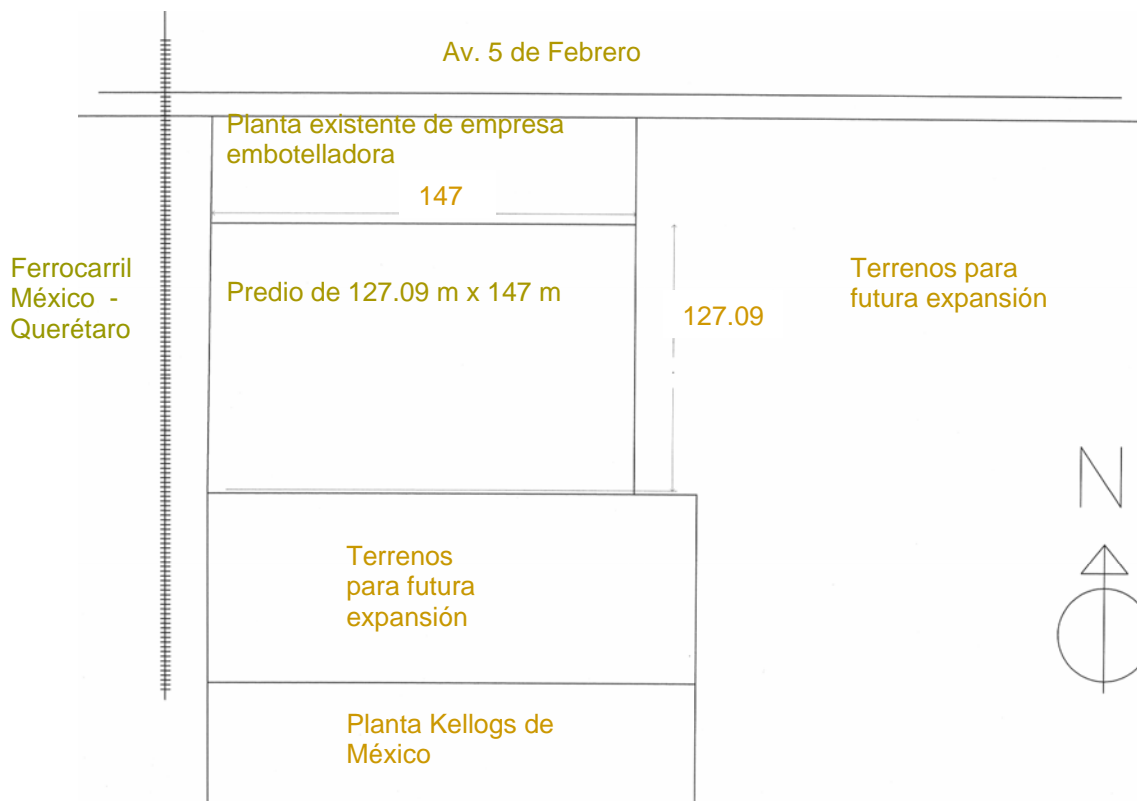


Figura 1.1 Croquis de ubicación del predio

1.3) Estudios previos

Basándose en los planos del proyecto de la nave industrial, proporcionados por el departamento de construcción del cliente, se hicieron los estudios correspondientes de topografía y mecánica de suelos, con estos resultados el despacho de cálculo estructural diseño la cimentación y la estructura metálica de la nave en cuestión, emitiendo planos para su construcción.

En el estudio de mecánica de suelos se hicieron diez sondeos exploratorios para investigar las características del subsuelo, la profundidad máxima a la que se llevaron fue de 16.2 m respecto a su brocal. Para conocer la estratigrafía del subsuelo se realizaron diez sondeos de penetración estándar (SPE-1 a SPE-10) llevados a profundidades que variaron entre 15 y 16.2 m, combinando el muestreo mediante la prueba de penetración estándar con el avance con broca tricónica o drag en los depósitos duros, o un barril con broca de diamante para tomar muestras de roca.

Para apoyar el piso de las estructuras será necesario hacer plataformas y nivelarlas con rellenos compactados, para lo cual se pueden utilizar los materiales de corte. El despalme estimado será del orden de 20 cm como máximo, aunque habrá algunos lugares en donde no sea necesario hacerlo. Estos suelos superficiales de color café oscuro solo podrán usarse en jardinería.

Los suelos producto de los cortes podrán utilizarse en su mayoría para formar los terraplenes compactados. Únicamente será necesario desperdiciar todos los fragmentos de roca que tengan un diámetro igual o superior a 6", esta selección se hará con equipo mecánico y a mano, los materiales restantes podrán utilizarlos en la formación de las terracerías, es de esperarse que los materiales que se obtengan sean predominantemente de comportamiento granular, por lo que para compactarlos será necesario añadirles materiales finos productos de banco. En la primera etapa de la obra en promedio se utilizaron 40% de materiales traídos de banco y 60% de materiales del lugar.

La estratigrafía del subsuelo corresponde con un depósito de pie de monte cuyo espesor varía entre 2.4 y más de 15 m. Está formado por limo y arena mezclados y cementados en proporciones variables, que forman desde suelos medianamente densos hasta 1.2 m de profundidad hasta muy densos y cementados. Estos materiales cubren a un depósito de roca caliza y de lutita de muy alta resistencia al esfuerzo cortante.

En la figura 1.2 encontramos como ejemplo el sondeo SPE-6 con su perfil estratigráfico y en el plano 1.2 la localización de los 10 sondeos llevados a cabo en el predio.

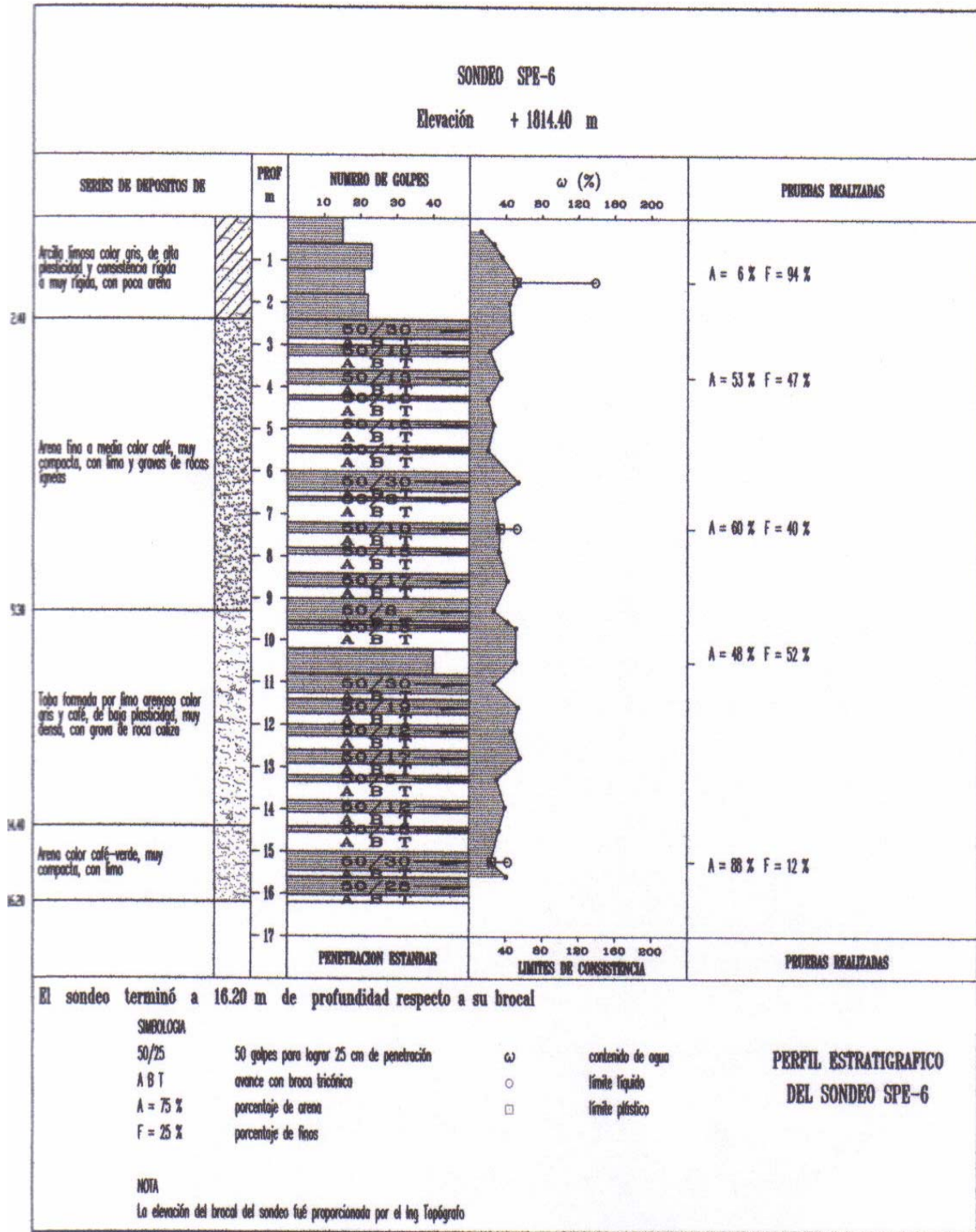


Figura 1.2 Perfil estratigráfico en sondeo SPE-6

Descripción estratigráfica de la zona baja

SPE – 6

Elevación + 1814.40

DEPOSITO	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
I	De 0.00 a 2.40	Arcilla limosa color gris, de alta plasticidad y consistencia rígida, con poca arena. El número de golpes obtenido en la prueba de penetración estándar varió entre 15 y 23.
II	De 2.40 a 9.30	Arena fina a media color café, muy compacta, con limo y grava de roca ígnea. El número de golpes obtenido en la prueba de penetración estándar resultó superior a 50.
III	De 9.30 a 14.40	Toba formada por limos arenosos color gris y café, de baja plasticidad, muy densa, con grava de roca caliza. El número de golpes obtenido en la prueba de penetración estándar resultó superior a 50.
IV	De 14.40 a 16.20	Arena color café verde, muy compacta, con limo. El número de golpes obtenido en la prueba de penetración estándar resultó superior a 50.

No se encontró el nivel del agua superficial en ninguno de los sondeos realizados. Por la alta permeabilidad de los materiales que constituyen el subsuelo, seguramente se encuentra a una profundidad mucho mayor que la explorada.

La interpretación estratigráfica descrita es fundamental para el diagnóstico del comportamiento de las estructuras en proyecto, que estará determinado por el espesor, compresibilidad y resistencia de los depósitos del subsuelo.

De la descripción hecha se concluye que el subsuelo es de buena calidad, de alta resistencia al esfuerzo cortante y de baja a muy baja deformabilidad.

La solución de cimentación para las estructuras será con zapatas aisladas, apoyadas en los depósitos de suelos densos o de roca que se encuentran superficialmente, diseñadas con la capacidad de carga obtenida de 40 ton/m², para la combinación más desfavorable de cargas permanentes y accidentales, este esfuerzo podrá incrementarse hasta un 25%.

Para efectuar el diseño estructural de las zapatas se usará un módulo de reacción de 20 kg/cm³.

Si alguna zapata está sometida a fuerzas de tensión su profundidad de apoyo deberá estudiarse con más detalle.

Las cepas para colar las zapatas las podrán hacer con taludes verticales hasta un metro de profundidad, aunque debe quedar claro que puede haber algo de sobre-excavación que se producirá al retirar las piedras de sus paredes, el fondo de cada zapata deberán atacarlo con herramientas manuales o rompedoras neumáticas exclusivamente.

Está prohibido hacer la excavación del fondo de las cepas con equipo pesado de construcción, como retroexcavadoras.

Una vez alcanzado el nivel de apoyo de cada zapata se limpiará a mano para retirar los fragmentos de piedra o suelos sueltos, y se colará una plantilla de mortero de cemento pobre de 100 kg/cm² con el espesor que resulte. Por ningún motivo se permitirá nivelar el

fondo de las cepas con arena o suelos sueltos que compensen alguna sobre - excavación para colar una plantilla de espesor uniforme.

1.4) Nivelación de terreno

Con los resultados del estudio topográfico se iniciaron los trabajos de limpieza, nivelación, compactación del predio como se aprecia en la foto 1.1.



Foto 1.1 Panorámica del predio nivelado, al fondo se aprecia la nave existente propiedad de la misma embotelladora

En el plano 1.3 podemos apreciar la superficie que ocupará la nave industrial dentro del predio, así como los ejes donde se proyectaron los marcos de 28 m y los de 38 m, con un remate de 15 m al muro de colindancia.

1.5) Cimentación

Una vez nivelado el terreno es posible ubicar donde se excavarán las zanjas para el armado y colado de las zapatas, desde donde se desplantarán las columnas metálicas que conformarán la nave industrial.

En toda obra es importante la coordinación de las actividades que intervendrán en ella, para esto, la dirección de obra elabora su programa de obra con fechas de inicio y terminación de las diferentes actividades, en los diferentes sectores que componen la obra, logrando con esto dar tramo de obra para las actividades que vienen posteriormente, así se puede apreciar en la foto 1.2, como se inició el montaje de columnas y travesaños mientras se continuaba haciendo zanjas, armado y colado de las zapatas desde donde se desplantarán muros y marcos subsecuentes.



Foto 1.2 Se aprecian montículos de las zanjas para zapatas enfrente de columnas ya colocadas

En la figura 1.3, tenemos la planta y corte de las zapatas aisladas que conformarán a la cimentación, según los planos del proyecto tenemos ZA-1, ZA-2, ZA-3, ZA-4, ZA-5, ZA-6 y ZA-7, las mismas que podremos ubicar en el plano 1.2 de cimentación.

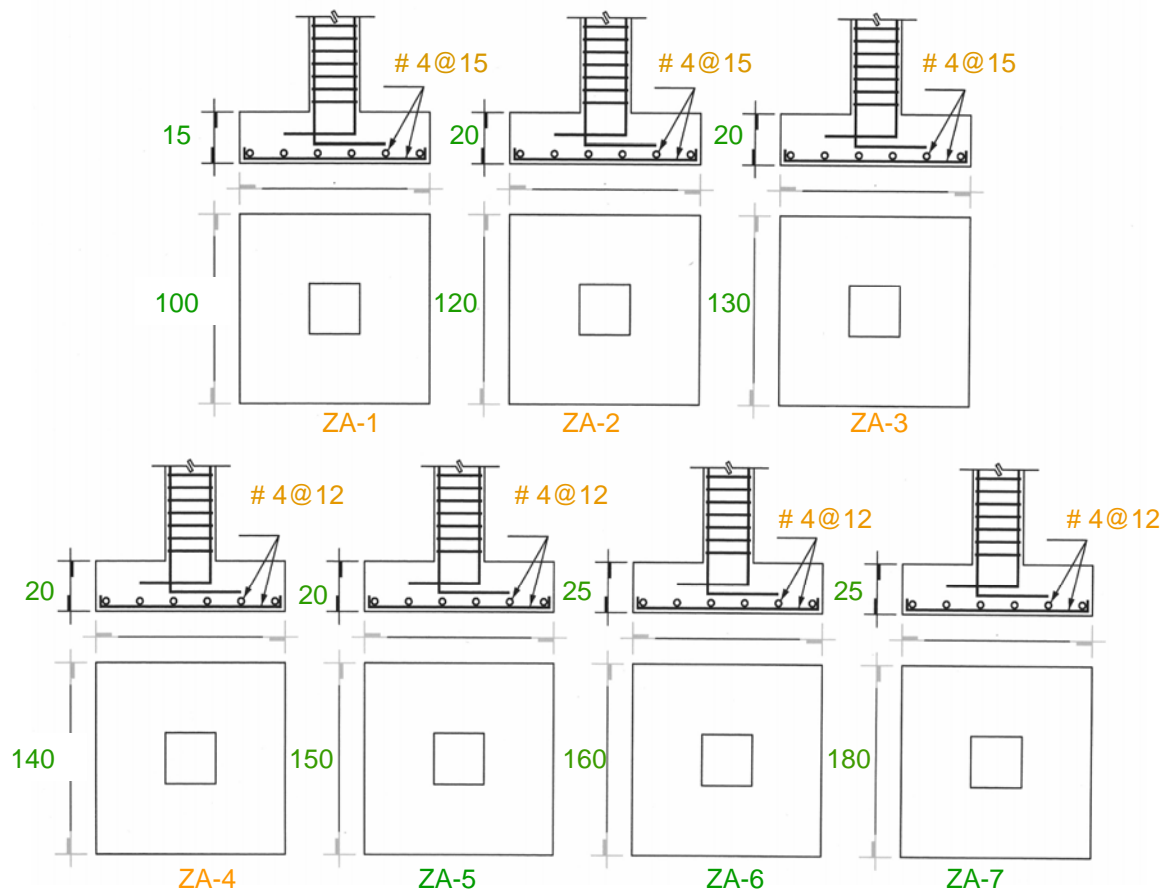


Figura 1.3 Zapatas aisladas que se diseñaron para esta nave en particular

En la figura 1.4 se pueden apreciar los diferentes diseños de las zapatas corridas, muro perimetral y castillo de muro perimetral.

Para recibir las placas ancla en donde se desplantarán las columnas metálicas que soportaran a la nave, tenemos los detalles de los dados D-1, D-2, D-3, D-4 y D-5 como se aprecia en la figura 1.5, de los cuales se encuentra especificada su ubicación en el plano 1.4 de la cimentación.

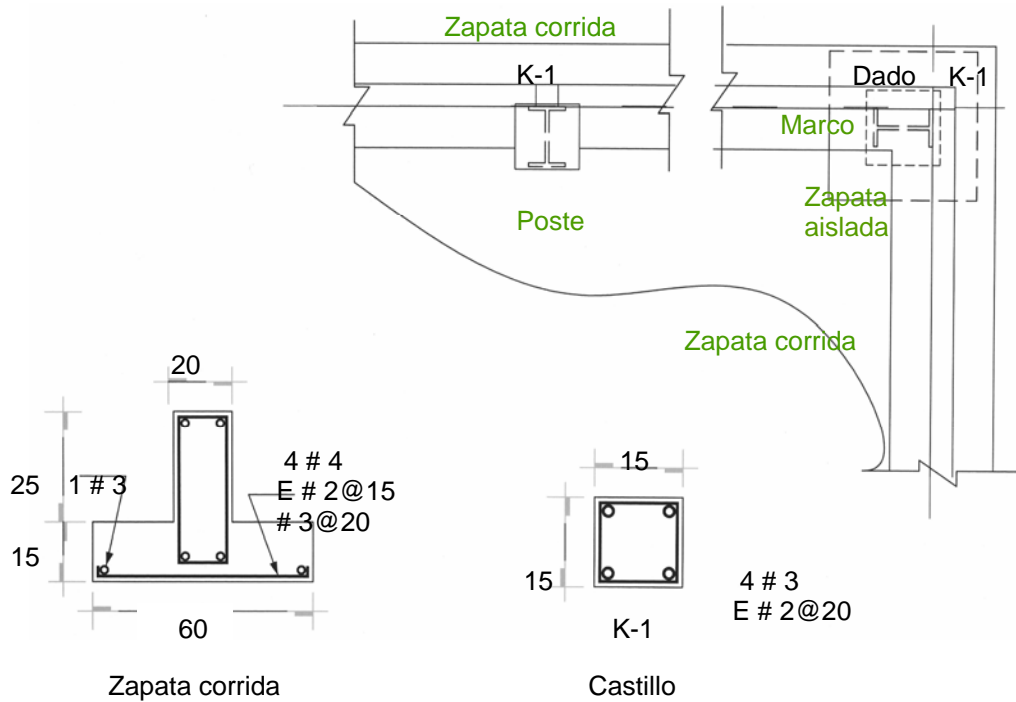


Figura 1.4 Detalles del diseño de la cimentación, zapatas corridas y castillo para muro perimetral

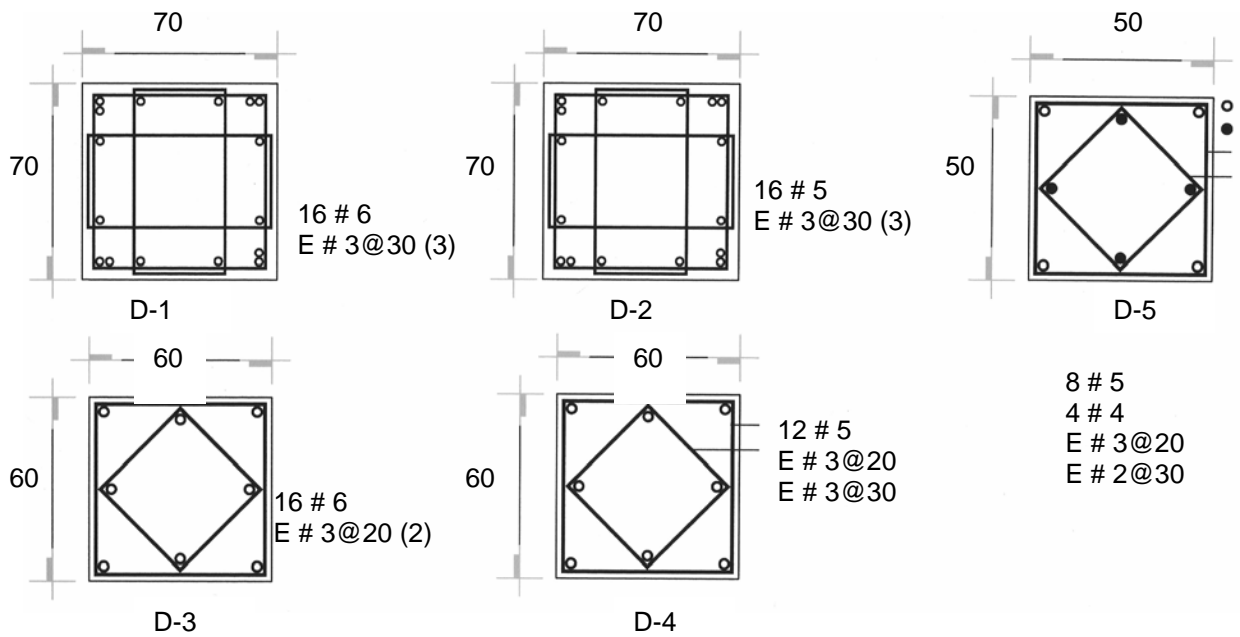


Figura 1.5 Detalle de dados, dimensiones, tipo de armado y especificación del armado

Encontramos en los planos estructurales diferentes dimensiones de zapatas aisladas, dados y anclas, teniendo en la figura 1.6 las anclas AN-1, AN-2, AN-3 y AN-4 donde se pueden revisar en detalle, y se podrá localizar su ubicación en el plano 1.4

Como podemos apreciar en la figura 1.6 tenemos cuatro tipos de anclas, sin embargo al revisar el plano 1.4 de cimentación, encontramos que en las especificaciones de las zapatas y dados, que recibirán las anclas para el desplante de las columnas metálicas de nuestros marcos de 28 y 38 m, solo se utilizarán las anclas AN-3 y AN-4, las anclas AN-1 como se puede apreciar en la figura 1.6 son de un diseño muy simple y esto se debe a que son las que recibirán a las columnas de vigueta IPR que cargarán la estructura para la lámina de la fachada desmontable.

En el caso de las anclas AN-2, las cuales podemos ubicar en el plano 1.4 de cimentación, estas se encuentran pegadas al muro de colindancia, en el eje "F", en donde se desplantarán columnas de vigueta IPR, las cuales recibirán traveses de vigueta IPR para armar la estructura de 15 m de claro del cuarto de máquinas.

En el plano 1.4 encontramos la planta de cimentación, en la cual podemos ubicar claramente la cantidad y tipo de anclas que se requieren para la construcción de esta nave industrial, con los detalles de los diferentes tipos de anclas que se utilizarán (figura 1.6), estaremos en posibilidad de hacer un despiece exacto de los materiales que intervendrán y sus dimensiones para así poder cuantificarlos y poder cotizarlos.

En el siguiente capítulo, Proyecto Ejecutivo, presentaré la forma de hacer el despiece y su ubicación por elemento estructural, para con estos datos, obtener el costo de materiales que requeriremos para llevar a cabo la construcción de la nave industrial citada, con esto se calculan los tiempos de fabricación y montaje, para finalmente poder llegar a un precio para concursar la obra.

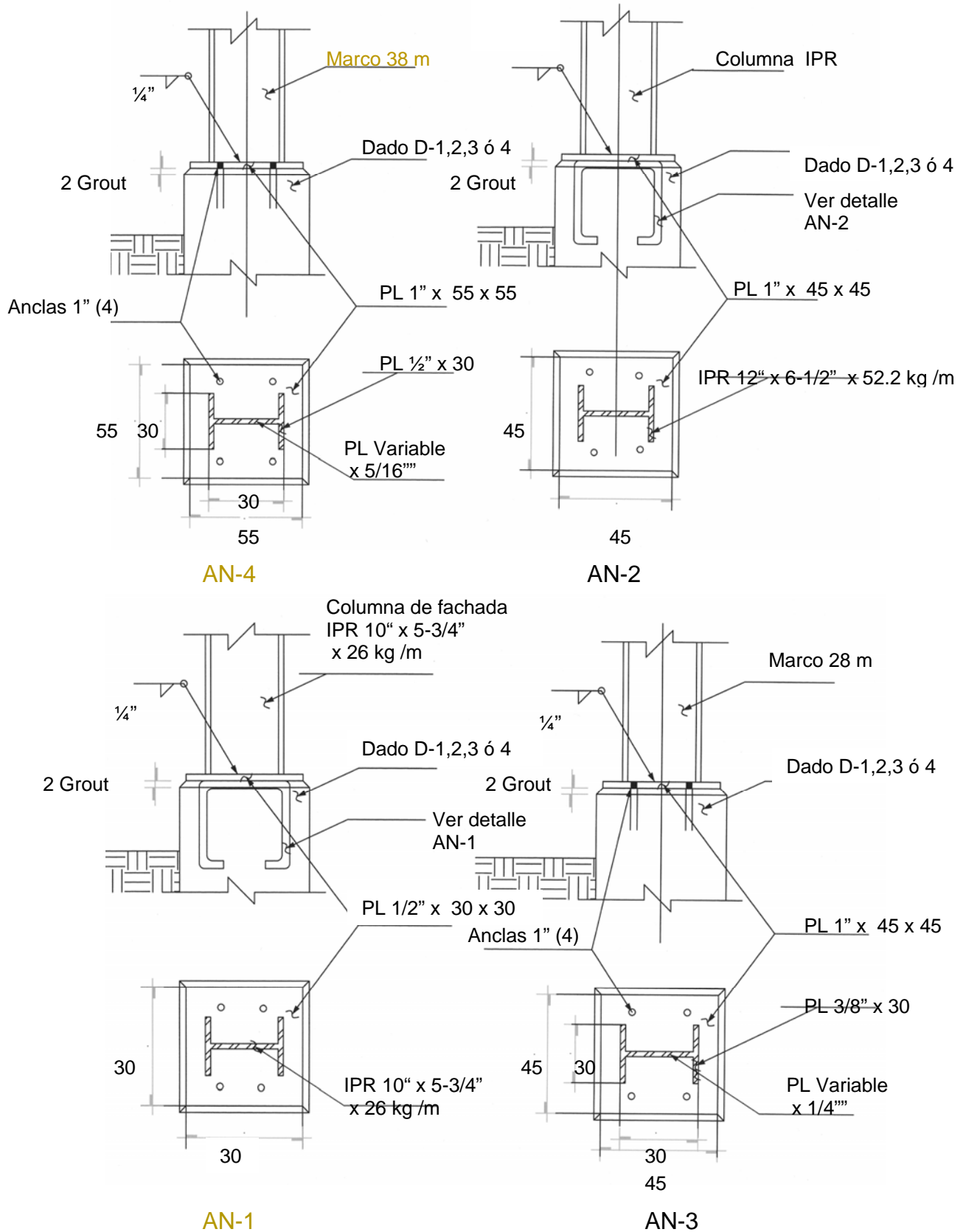


Figura 1.6 Diferentes tipos de anclas y sus especificaciones, de como deberán quedar ahogadas en los dados

2) PROYECTO EJECUTIVO

En este capítulo presentaré la metodología para llegar a un precio de venta, con el cual se pueda concursar la nave industrial descrita en el capítulo anterior, en donde veremos como podemos cubicar los diferentes materiales que integran al proyecto.

2.1) Cubicación de materiales

Como contratista en estructuras metálicas, nuestro trabajo comienza al recibir los planos estructurales elaborados por el despacho de cálculo estructural, para la cuantificación de los diferentes perfiles estructurales que integran un proyecto específico, con estos datos se calculará un presupuesto para concursar la obra. Para la elaboración del presupuesto debemos empezar por cuantificar el acero de nuestro proyecto, para lo cual se hace un despiece ya sea en planos o en computadora, con la ayuda de programas como el AutoCad. Es más práctico dimensionar cada elemento que queramos cuantificar, recordando que requerimos en los perfiles estructurales su longitud y en placas el espesor y área que se diseñó, ya que nos basaremos en tablas de pesos teóricos, emitidas por Altos Hornos de México S.A. (AHMSA), tomando en cuenta que estas tablas las podemos obtener de los proveedores de acero en toda la República, o en Internet. Por ejemplo encontramos que en la página del grupo Collado www.gcollado.com no solo tenemos el peso teórico por longitud de perfil o peso por área de placa, también tenemos dimensiones del perfil al corte, como lo es, por ejemplo, el caso de una vigueta IPR que a continuación podemos apreciar en la figura 2.1, de donde se obtienen los siguientes datos: espesor de alma, espesor del patín, ancho del patín, peralte de la vigueta y el área de la sección.

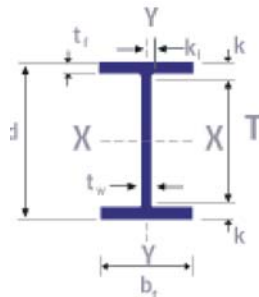


Figura 2.1 Corte seccionado de vigueta IPR, como aparece en tablas del grupo Collado en su página de Internet www.gcollado.com

Para hacer la cubicación debemos familiarizarnos con los planos, estudiarlos en detalle entendiendo como se diseñaron las conexiones entre elementos y pensando en el proceso constructivo que seguiremos, al estar estudiando los planos es recomendable llevar un borrador a la mano para anotar todos los perfiles y placas que están interviniendo en el detalle o sección que estamos estudiando del plano, para no omitir ningún material.

Una vez que tengamos el total de metros lineales de un perfil dado o área de una placa, elaboraremos una tabla, en la cual multipliquemos la longitud o superficie calculada, por el peso teórico en tablas, obteniendo así el peso total del perfil o placa, que utilizaremos en el armado de columnas, traveses y conexiones de esta nave industrial tipo Butler. Finalmente, éste tonelaje lo multiplicamos por el precio por kg de acero, que esté en el mercado, y así obtendremos el costo del material.

2.2) Cubicación de placa para los marcos rígidos de la nave industrial

Para nuestro proyecto, que es un diseño de marcos rígidos con sección variable tipo Butler, encontramos sistemas que constan de dos marcos de 28 m y sistemas combinados que constan de dos marcos de 28 m y dos de 38 m, basta con hacer el despiece de un marco de 28 m y otro de 38 m y multiplicar por la cantidad de marcos que encontramos en los sistemas que tenemos en el proyecto, tomando en cuenta que el despiece del marco de 38 m es el mismo procedimiento con diferentes dimensiones que el de 28 m, en este trabajo presentaré el despiece de un marco de 28 m y el proceso de su cubicación el cual encontramos en el plano 2.1 con escala 1:100.

Para este proceso se obtuvieron los archivos electrónicos en formato de AutoCad de los planos estructurales de la planta industrial antes mencionada, con los archivos electrónicos se obtuvo la información para las figuras y planos que aparecen en este trabajo, editando en escala el proyecto original elaboramos nuestros planos de taller que en esta primera instancia nos servirán para la cubicación de los materiales que intervienen en estos marcos, como se menciona antes con el auxilio de la computadora es posible calcular las áreas y longitudes de los elementos a cubicar, para vaciar estos datos en tablas de calculo y con esto tener la cubicación de materiales.

En la figura 2.3 que muestra los cortes F-F, B-B, D-D, encontramos las especificaciones de placa que se deberán utilizar como se aprecia en la figura 2.2

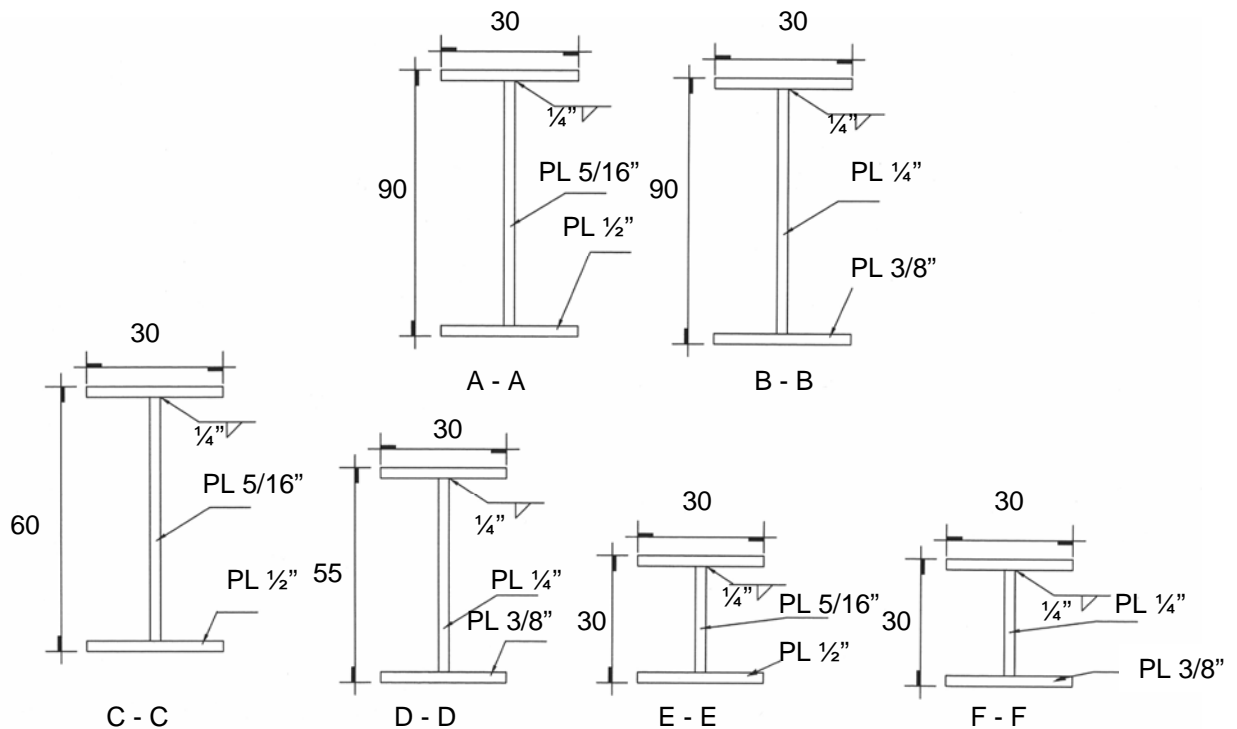


Figura 2.2 Secciones de marcos con especificaciones de dimensiones y espesores de placa, así como detalles de aplicación de soldadura

En nuestra cubicación nominaremos cada elemento del marco, para facilitar la comprensión del proceso como se ve en la figura 2.3 y el plano 2.1, de este modo vaciaremos en las tablas correspondientes las áreas obtenidas de cada elemento del marco, lo cual es muy útil ya que podremos tener el peso desglosado por columna, por semitrabe y por trabe, esto es muy importante para el proceso de armado y montaje, el cual describiremos con más detalle en el siguiente capítulo. Esto se debe a que es preciso contar con equipos y accesorios adecuados para el manejo seguro de cada elemento al estar efectuando el armado o el montaje, como ejemplo encontramos; estrobos de cables de acero, grúa viajera, grúas para montaje de elementos, en el entendido de que algunos de estos equipos se pueden rentar y su costo varía según su capacidad de carga.

Así que daremos la siguiente simbología: 1.- columna de colindancia, A.- rodilla con primera sección de trabe, B.- sección de trabe media, B.- sección de trabe media, C.- rodilla con cuarta sección de trabe, 2.- columna intermedia, y cortes F-F, B-B, D-D para poder interpretar la figura 2.3.

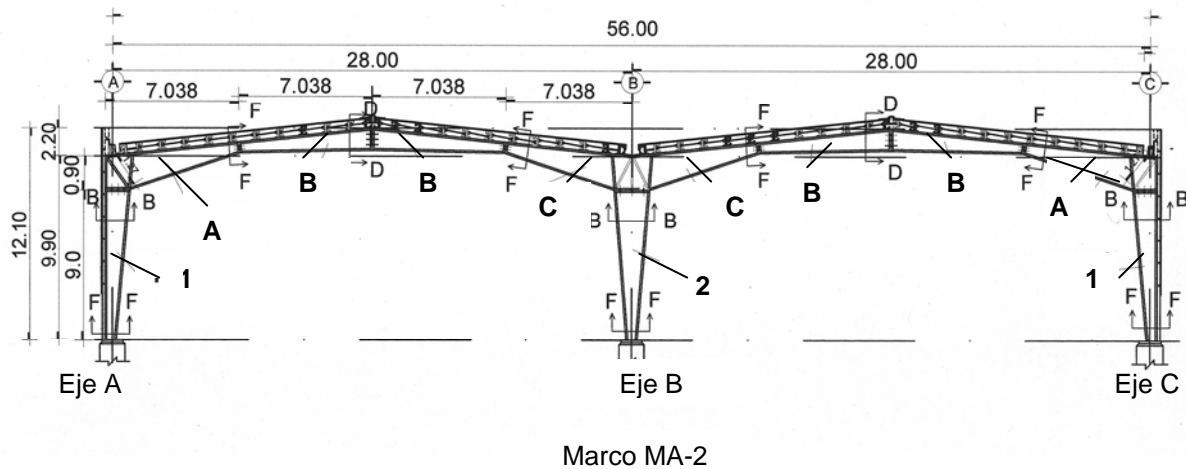


Figura 2.3 Marcos de 28 m con cortes F-F, B-B, D-D y cotas para cubicación

Mostraré el despiece de este marco en el plano 2.1 y vaciaremos las áreas obtenidas de cada elemento en la tabla 2.1, quedando la lista de materiales de la siguiente manera; placa base de 1" de espesor, placa del alma de las columnas y traveses de 1/4" de espesor y placa de 1/2" en conexiones de columna a trabe y de semitrabe a semitrabe, patines de columnas y traveses de placa de 3/8". Con los totales en kilogramos de cada elemento que intervienen en el armado del marco podemos concentrarlos en la tabla 2.2 y obtener el peso total de un sistema de dos marcos de 28 m cada uno.

Efectuando el mismo procedimiento para el marco de 38 m encontramos que los materiales que lo integran son; placa base de 1" de espesor, placa del alma de las columnas y traveses de 5/16" de espesor y placa de 5/8" en conexiones de columna a trabe y de semitrabe a semitrabe, patines de columnas y traveses de placa de 1/2".

Como podemos apreciar a simple vista la diferencia entre los materiales que integran a un marco y a otro son los espesores, además obviamente, de las dimensiones de las

Sección	Descripción	Elemento	Especificaciones	Dimensiones	Área en m ²	Peso en kg / m ²	Peso en kg	Peso del sistema de dos marcos de 28 m en kg	Peso del sistema de dos marcos de 28 m para un sistema combinado de y dos de 38 m en kg	
1	Columna de colindancia	Patín izquierdo	Placa 3/8"	8.9873 m x 0.30 m	2.7	74.7	201.69	403.38	201.69	
		Patín derecho	Placa 3/8"	9.0073 m x 0.30 m	2.7	74.7	201.69	403.38	201.69	
		Alma	Placa 1/4"	Variable	5.22	49.8	259.96	519.912	259.95	
		Placa base	Placa 1"	0.45 m x 0.45 m	0.203	199.21	40.34	80.68005	40.34	
		Placa de conexión	Placa de 1/2"	0.90 m x 0.30 m	0.27	99.61	26.89	53.7894	26.89	
		Total	Columna 1					730.57		
		A	Rodilla y primera sección de trabe	Patín superior	Placa de 3/8"	7.1021 m x 0.30 m	2.13	74.7	159.11	318.222
Patín inferior	Placa de 3/8"			6.399 m x 0.30 m	1.92	74.7	143.42	286.848	143.424	
Alma	Placa 1/4"			Variable	4.87	49.8	242.53	485.052	242.526	
Atiesador diagonal	Placa de 3/8"			1.2452 m x 0.1469	0.36	74.7	26.89	53.784	26.892	
Continuación patín columna interior	Placa de 3/8"			1.0339 m x 0.1469	0.3	74.7	22.41	44.82	22.41	
Continuación patín columna exterior	Placa de 3/8"			0.8746 m x 0.30 m	0.26	74.7	19.42	38.844	19.422	
Placa de conexión	Placa de 1/2"			0.90 m x 0.30 m	0.27	99.61	26.89	53.7894	26.8947	
Placa de conexión con trabe media	Placa de 1/2"			0.30 m x 0.30 m	0.09	99.61	8.96	17.9298	8.9649	
Total	Semitrabe A							649.64		
B	Trabe media			Patín superior	Placa de 3/8"	7.0959 m x 0.30 m	2.13	74.7	159.11	636.444
		Patín inferior	Placa de 3/8"	7.0182 m x 0.30 m	2.11	74.7	157.62	630.468	630.468	
		Alma	Placa 1/4"	Variable	2.85	49.8	141.93	567.72	567.72	
		Placa de conexión al centro	Placa de 1/2"	0.55 m x 0.30 m	0.165	99.61	16.44	65.7426	65.7426	
		Placa de conexión con primera trabe	Placa de 1/2"	0.30 m x 0.30 m	0.09	99.61	8.96	35.8596	35.8596	
Total	Semitrabe B					484.06				

Tabla 2.1A Cubicación de materiales para el armado de los marcos rígidos tipo Butler de 28 m

Sección	Descripción	Elemento	Especificaciones	Dimensiones	Área en m ²	Peso en kg / m ²	Peso en kg	Peso del sistema de marcos de 28 m en kg	Peso para el sistema combinado de marcos de 28 m y 38 m en kg	
C	Rodilla y última sección de trabe	Patín superior	Placa de 3/8"	7.1021 m x 0.30 m	2.13	74.7	159.11	318.222	477.333	
		Patín inferior	Placa de 3/8"	6.8387 m x 0.30 m	2.05	74.7	153.14	306.27	459.405	
		Alma	Placa 1/4"	Variable	4.48	49.8	223.10	446.208	669.312	
		Atiesador diagonal	Placa de 3/8"	0.9783 m x 0.1469 m	0.28	74.7	20.92	41.832	62.748	
		Continuación patín de columna interior	Placa de 3/8"	0.9337 m x 0.1469 m	0.28	74.7	20.92	41.832	62.748	
		Continuación patín de trabe superior	Placa de 3/8"	0.8746 m x 0.30 m	0.26	74.7	19.42	38.844	58.266	
		Placa de conexión	Placa de 1/2"	0.45 m x 0.30 m	0.13	99.61	12.95	25.8986	38.8479	
		Placa de conexión con trabe media	Placa de 1/2"	0.30 m x 0.30 m	0.09	99.61	8.96	17.9298	26.8947	
		Total	Semitrabe C					618.52		
		2	Columna intermedia	Patín izquierdo	Placa 3/8"	8.9923 m x 0.30 m	2.7	74.7	201.69	201.69
Patín derecho	Placa 3/8"			8.9923 m x 0.30 m	2.7	74.7	201.69	201.69	201.69	
Alma	Placa 1/4"			Variable	5.22	49.8	259.96	259.95	259.95	
Placa base	Placa 1"			0.45 m x 0.45 m	0.2	199.21	40.34	40.34	40.34	
Placa de conexión	Placa de 1/2"			0.90 m x 0.30 m	0.27	99.61	26.89	26.89	26.89	
Total	Columna 2					730.57				

Tabla 2.1B Cubicación de materiales para el armado de los marcos rígidos tipo Butler de 28 m

semitrabes que componen a cada una de las traves, ya que una salva una distancia a ejes de 38 m y el otro de 28 m.

Material	Sistema de dos marcos de 28 m (peso en kg)
Placa 1"	121
Placa 1/2"	298
Placa 3/8"	3966
Placa 1/4"	2279
Total	6664

Tabla 2.2 Concentrado del peso de placas para un sistema de dos marcos de 28 m

Una vez que tenemos el peso total de un sistema de dos marcos de 28 m debemos estudiar el plano de cimentación (plano 1.2), para definir cuantos sistemas de doble marco de 28 m tenemos y poder multiplicarlo por la cantidad de sistemas que se requieren en el proyecto de esta planta industrial, con esto obtendremos el tonelaje total de este sistema de marcos de 28 m.

Revisando el plano 1.2 encontramos que tienen 5 sistemas de marcos dobles de 28 m y 9 sistemas combinados, compuestos de dos marcos de 28 m y dos marcos de 38 m con un remate a muro de 15 m, por lo que nuestros totales por sistema de marcos los multiplicaremos por la cantidad de sistemas que se requerirán para formar toda la nave industrial, ver tabla 2.3.

Material	Sistema de dos marcos de 28 m (peso en kg)	Número de sistemas	Peso en kg
Placa 1"	121	5	605
Placa 1/2"	298	5	1490
Placa 3/8"	3966	5	19830
Placa 1/4"	2279	5	11395
Total			33320

Tabla 2.3 Peso total de cinco sistemas de dos marcos de 28 m

Sección	Descripción	Elemento	Especificaciones	Dimensiones	Área en m ²	Peso kg / m ²	Peso en kg	Peso del sistema de marcos de 38 m en kg
4	Columna de colindancia	Patín izquierdo	Placa 1/2"	9.0073 m x 0.30 m	2.7	99.61	268.95	268.947
		Patín derecho	Placa 1/2"	8.9873 m x 0.30 m	2.7	99.61	268.95	268.947
		Alma	Placa 5/16"	Variable	5.14	62.25	319.97	319.965
		Placa base	Placa 1"	0.55 m x 0.55 m	0.3025	199.2	60.26	60.261025
		Placa de conexión	Placa de 5/8"	0.90 m x 0.30 m	0.27	124.5	33.62	33.6177
		Total	Columna 4					951.74
F	Rodilla y primera sección de trabe	Patín superior	Placa 1/2"	9.6093 m x 0.30 m	2.8828	99.61	287.16	287.155708
		Patín inferior	Placa 1/2"	8.8581 m x 0.30 m	2.6574	99.61	264.70	264.703614
		Alma	Placa 5/16"	Variable	6.27	62.25	390.31	390.3075
		Atiesador diagonal	Placa 1/2"	1.2452 m x 0.1469	0.36	99.61	35.86	35.8596
		Continuación patín	Placa 1/2"	1.0339 m x 0.1469	0.3	99.61	29.88	29.883
		de columna interior					0.00	0
		Continuación patín	Placa 1/2"	0.8746 m x 0.30 m	0.26	99.61	25.90	25.8986
		de columna exterior					0.00	0
		Placa de conexión	Placa de 5/8"	0.90 m x 0.30 m	0.27	124.5	33.62	33.6177
		Placa de conexión con trabe media	Placa de 5/8"	0.30 m x 0.30 m	0.09	124.5	11.21	11.2059
Total	Semitrabe F					1078.63	0	
E	Trabe media	Patín superior	Placa 1/2"	9.6063 m x 0.30 m	2.882	99.61	287.08	1148.30408
		Patín inferior	Placa 1/2"	9.5424 m x 0.30 m	2.863	99.61	285.18	1140.73372
		Alma	Placa 5/16"	Variable	4.02	62.25	250.25	1000.98
		Placa de conexión al centro	Placa de 5/8"	0.60 m x 0.30 m	0.18	124.5	22.41	89.6472
		Placa de conexión con primera trabe	Placa de 5/8"	0.30 m x 0.30 m	0.09	124.5	11.21	44.8236
		Total	Semitrabe E					856.12

Tabla 2.4A Cubicación de materiales para el armado de un marco rígido tipo Butler de 38 m

Sección	Descripción	Elemento	Especificaciones	Dimensiones	Área en m ²	Peso kg / m ²	Peso en kg	Peso del sistema de marcos de 38 m en kg	
D	Rodilla y última sección de trabe	Patín superior	Placa de 1/2"	9.5349 m x 0.30 m	2.86	99.61	284.88	854.6538	
		Patín inferior	Placa de 1/2"	9.227 m x 0.30 m	2.7681	99.61	275.73	827.191323	
		Alma	Placa 5/16"	Variable		5.85	62.25	364.16	1092.4875
		Atiesador diagonal	Placa de 1/2"	0.9698 m x 0.1469 m	0.285	99.61	28.39	85.16655	
		Continuación patín de columna interior	Placa de 1/2"	0.9302 m x 0.1469 m	0.27	99.61	26.89	80.6841	
		Continuación patín de trabe superior	Placa de 1/2"	0.8746 m x 0.30 m	0.26	99.61	25.90	77.6958	
		Placa de conexión	Placa de 5/8"	0.45 m x 0.30 m	0.13	124.51	16.19	48.5589	
		Placa de conexión con trabe media	Placa de 5/8"	0.30 m x 0.30 m	0.09	124.51	11.21	33.6177	
		Total	Semitrabe D					1033.35	0
		3	Columna intermedia	Patín izquierdo	Placa de 1/2"	8.993 m x 0.30 m	2.7	99.61	268.95
Patín derecho	Placa de 1/2"			8.993 m x 0.30 m	2.7	99.61	268.95	537.894	
Alma	Placa 5/16"			Variable		5.14	62.25	319.97	639.93
Placa base	Placa 1"			0.55 m x 0.55 m	0.3025	199.21	60.26	120.52205	
Placa de conexión	Placa de 5/8"			0.90 m x 0.30 m	0.27	124.51	33.62	67.2354	
Total	Columna 3					951.74			

Tabla 2.4B Cubicación de materiales para el armado de un marco rígido tipo Butler de 38 m

En la tabla 2.4 podemos encontrar el mismo concentrado del despiece que se hizo en la tabla 2.1, pero en este caso es con las dimensiones y espesores del diseño del sistema de dos marcos de 38 m.

En la tabla 2.5 concentraremos el tonelaje del despiece del sistema de marcos de 38 m obteniendo datos de la tabla 2.1 y 2.4 incluyendo la columna compartida por los dos sistemas, el de 28 m y 38 m, ver plano 2.2.

Material	Sistema de dos marcos de 38 m (peso en kg)
Placa 1"	180.78
Placa 1/2"	6471.53
Placa 5/8"	362.27
Placa 5/16"	3442.67
Total	10457.25

Tabla 2.5 Concentrado del peso de placas para un sistema de dos marcos de 38 m

Debido a que el sistema en que se encuentran los dos marcos de 38 m, está en un sistema combinado con dos marcos de 28 m, concentraremos el tonelaje de los dos sistemas para crear el sistema combinado y así poderlo multiplicar por los 9 ejes de los sistemas combinados que encontramos al revisar la planta del plano 1.2 de cimentación, en la tabla 2.6 podemos ver la concentración del sistema combinado, haciendo notar que en el plano 2.2 la tercer columna de derecha a izquierda (columna 3) está compartida por los dos sistemas, el de 28 m y el de 38 m, por lo que no se tomó en cuenta en la cubicación de los dos marcos de 28 m, para el sistema combinado, debido a que ya se consideró en la cubicación del sistema de dos marcos de 38 m.

Si estudiamos la tabla 2.1 en la última columna de la derecha, podemos apreciar que en el concepto de columna de colindancia tenemos considerados solamente los pesos de una sola columna de colindancia, en lugar de dos columnas que lleva el sistema de dos marcos de 28 m, como se puede apreciar en la figura 2.3.

Cubicación de anclas y cartabones, si revisamos el plano 1.2 de cimentación vemos que tenemos 60 dados donde se ahogarán nuestras anclas, las cuales están diseñadas de 1.20 m de longitud incluyendo 12 cm de cuerda a base de redondo de 1" de diámetro, si

Material	Peso para el sistema combinado de marcos de 28 m y 38 m en kg	Sistema de dos marcos de 38 m peso en kg, T-2.5	Total de los dos sistema en kg	Número de sistemas	Total de los 9 sistemas en kg	Total de los 5 sistemas en kg, T-2.3	Total de placa en kg para la nave
Placa 1"	80.68	180.78	261.46	9	2353.14	605	2958.14
Placa 5/8"		362.27	362.27	9	3260.43		3260.43
Placa 1/2"	256.95	6471.53	6728.48	9	60556.32	1490	62046.32
Placa 3/8"	3563.15		3563.15	9	32068.35	19830	51898.35
Placa 5/16"		3442.67	3442.67	9	30984.03		30984.03
Placa 1/4"	1999.45		1999.45	9	17995.05	11395	29390.05
Total	5900.23	10457.25	16357.48	9	147217.32	33320	180537.32

Tabla 2.6 Concentrado de los cinco sistemas de dos marcos de 28 m y nueve sistemas combinados de dos marcos de 28 m y dos marcos de 38 m

consideramos que son 60 anclas entre la AN-3, AN-4 y cada una cuenta con 4 anclas tenemos:

$$60 \times 4 = 240 \text{ anclas} \times 1.20 \text{ m} = 288 \text{ m de redondo } \varnothing \text{ de } 1''$$

Para obtener el peso en kg, de tablas tenemos el peso por metro de redondo \varnothing de 1", por lo que nos queda.

$$288 \text{ m} \times 3.97 \text{ kg / m} = 1143.36 \text{ kg de } \varnothing \text{ de } 1''$$

Por proyecto debemos instalar cuatro cartabones de placa de 5/8" de 0.10 m x 0.30 m a cada columna, los cuales van soldados al alma, dos de cada lado, por lo que su cubicación sería:

$$60 \times 4 = 240 \text{ cartabones} \times 0.015 \text{ m}^2 = 3.6 \text{ m}^2$$

Para obtener el peso en kg, de tablas tenemos el peso por m² de placa de 5/8".

$$124.51 \text{ kg / m}^2 \times 7.2 \text{ m}^2 = 896.47 \text{ kg}$$

2.3) Cubicación de perfiles estructurales para soporte de la cubierta

Para la cubicación de los elementos estructurales que integran la cubierta nos podemos referir al plano 2.3, en él, encontramos los detalles y especificaciones de los siguientes elementos; largueros, contraflambeos, struts y contraventeos, del recuadro de partes y simbología de este plano obtenemos la tabla 2.7 donde podemos familiarizarnos con la simbología.

Simbología	Descripción	
ST-1 / ST-2	Mon - ten 8MT-14	Strut
CV-1 / CV-2	Redondo de 1"	Contraventeo
L-1 / L-2	Mon - ten 8MT-14	Largueros
CF-1	ángulo < de 1 1/2" x 1/8"	Contraflamdeo

Tabla 2.7 Elementos estructurales para cubierta

Al revisar el plano 2.3 sacando las longitudes de cada elemento, y con los pesos teóricos por metro lineal de cada elemento calculamos la tabla 2.8 para obtener el tonelaje de los elementos que integran la cubierta.

Simbología	Descripción	Total ml	kg/ml	Peso en kg
L -1	Mon-ten 8 MT 14	9208	5.62	51748.96
ST-1 / ST-2	Mon-ten 8 MT 14	813.6	5.62	4572.43
CV-1 / CV-2	Redondo 1"	1361.46	3.97	5405.00
CF-1	< de 1 1/2" x 1/8"	1456	1.83	2664.48
Total				64390.87

Tabla 2.8 Cubicación perfiles estructurales cubierta

Revisando los detalles de conexiones en los planos estructurales encontramos elementos como los clips de ángulo < 4" x 0.20 x 1/4", que sirven de conexión del 8 MT-14 con los patines superiores de los marcos, los apoyos del contraventeo que son medias lunas de placa 1/4", ver figura 3.16, ángulos de < 3" x 1/2" y placa de 1/4" para conexión de marcos con struts ver figura 3.12, de tal manera que podemos cuantificarlos desarrollando la siguiente tabla 2.9.

Material	Elemento	Total ml	kg/ml ó kg/m ²	Peso en kg
< 4" x 1/4"	Clips	428.48	9.9	4241.952
Placa de 1/4"	Apoyo contraventeo	22.58	49.8	1124.484
Placa de 1/4"	Conexión struts	7.2	49.8	358.56
< 3" x 1/2"	Conexión struts	36	14	504
Total				6228.996

Tabla 2.9 Cubicación de conexiones de la cubierta

Por último en lo que respecta a la estructura sólo nos queda cubicar el remate a muro perimetral de 15 m que será usado como cuarto de máquinas, el cual está diseñado con columnas IPR y traveses del mismo material, ver figura 3.15, para lo cual se presenta la tabla 2.10.

Simbología	Descripción	Total ml	kg/ml	Peso en kg
TA-4	IPR 12" x 6 1/2" (52.2 kg/m)	135	52.2	7047
CA-1	IPR 12" x 6 1/2" (52.2 kg/m)	108.9	52.2	5684.58
AN-2	Placa de 1" x 0.45 m x 0.45 m	1.83	199.21	364.5543
Conexiones	Angulo < 4" x 1/2"	10.5	19	199.5
Conexiones	Placa de 1/2"	1.3	99.61	129.493
Total				13425.1273

Tabla 2.10 Cubicación cuarto de máquinas

2.4) Cubicación de estructura para la fachada y tonELAJE total

En el plano 2.3 encontramos los ejes donde están proyectadas tanto fachadas como divisiones dentro de la nave industrial, si revisamos, los planos 2.4 y 2.5 tienen el diseño de éstas, y los ejes donde se ubicarán, las cuales están integradas por canal mon-ten, viguetas IPR, largueros, etc. como podemos ver en la tabla 2.11 en donde calculamos su cubicación.

Simbología	Descripción	Total ml/m ²	kg/ml ó m ²	Peso en kg
PT-1/PT-2/PT-3	IPR 10" x 5 3/4" x 32.9 kg/m	290	33	9,570.00
L-2	Mon-ten 8MT 14	4117	5.62	23,137.54
CF-1	< 1 1/2" x 1/8"	665	1.83	1,216.95
Conexiones	< 3" x 1/4"	600.82	7.29	4,379.98
Conexiones	Placa 1/4"	110	49.8	5,478.00
AN-1	Placa 1/2" 0.30 x 0.30	1.98	99.61	197.23
AN-1	Redondo 1"	88	3.97	349.36
TA-3	Mon-ten 8MT 14 (2)	858	5.62	4,821.96
Total				49,151.02

Tabla 2.11 Cubicación para estructura de fachada

Se presenta la tabla 2.12 con los tonelajes totales de cada material, los cuales provienen de los diferentes conceptos que se vaciaron en las tablas y cálculos que se presentaron en este capítulo, con esta metodología estamos en posición de tener datos a la mano de una manera rápida para elaborar el pedido de materiales, conocer pesos de diferentes elementos que intervendrán en el proceso de armado como lo veremos en el capítulo 3.

En toda cubicación debemos aumentar un porcentaje que va del 3% al 8% en el tonelaje total de los materiales debido a que dependiendo de los materiales que intervengan tendremos desperdicios y descalibres, estos últimos son producto de la diferencia que hay entre las tablas de pesos teóricos y el peso real que se factura al entregar el material.

Material	De tabla 2.6 en kg	De capítulo 2 Página 19 en kg	De tabla 2.8 en kg	De tabla 2.9 en kg	De tabla 2.10 en kg	De tabla 2.11 en kg	Tonelaje total en kg	Precio por kg	Costo materiales
Placa 1"	2958.14				364.55		3322.69	\$ 10.03	\$ 33,326.58
Placa 5/8"	3260.43	896.47					4156.90	\$ 10.03	\$ 41,693.71
Placa 1/2"	62046.32				129.49	197.23	62373.04	\$ 9.85	\$ 614,374.44
Placa 3/8"	51898.35						51898.35	\$ 9.85	\$ 511,198.75
Placa 5/16"	30984.00						30984.00	\$ 9.85	\$ 305,192.40
Placa 1/4"	29390.05			1483.04		5478.00	36351.09	\$ 9.85	\$ 358,058.24
Redondo 1"		1143.36	5405.00			349.36	6897.72	\$ 8.00	\$ 55,181.76
< 4" x 1/2"					199.50		199.50	\$ 9.85	\$ 1,965.08
< 4" x 1/4"				4241.95			4241.95	\$ 8.10	\$ 34,359.80
< 3" x 1/2"				504.00			504.00	\$ 8.00	\$ 4,032.00
< 3" x 1/4"							4379.97	\$ 8.00	\$ 35,039.76
< 1 1/2" x 1/8"			2664.48			1216.95	3881.43	\$ 8.00	\$ 31,051.44
IPR 12" x 6 1/2"					12732.00		12732.00	\$ 8.50	\$ 108,222.00
IPR 10" x 5 3/4"						9570.00	9570.00	\$ 8.50	\$ 81,345.00
Mon-ten 8MT 14			56321.39			27958.54	84279.93	\$ 9.00	\$ 758,519.37
Tonelaje total							315772.57		
Total de materiales									\$ 2,973,560.32

Tabla 2.12 Tonelaje total de los materiales de la estructura de marco rígido tipo Butler, fachadas y su costo, estos precios son más IVA

2.5) Programación de actividades

Para este proyecto, el estimado de tiempo que el cliente proponía para tener la estructura terminada, para posteriormente cubrirla con lámina, fue de 14 semanas; partiendo de esta base desarrollamos nuestro programa de trabajo en una gráfica de barras rectangulares, el cual es el que más se utiliza debido a que es sencillo de visualizar, ya que muestra fechas de inicio y de terminación de cada actividad. Indica también las actividades en las cuales se empalma el trabajo, las actividades que se traslapan y por qué cantidad de tiempo y las actividades que deben quedar terminadas antes de que se comiencen otras, una vez elaborada la relación de actividades que intervienen en el proceso basándose en la experiencia con relación al rendimiento de los trabajadores damos fechas de inicio y terminación de cada actividad, en un primer borrador (cálculo) se puede detectar que nos estamos alargando en alguna actividad específica, debido al tonelaje que tenemos que procesar lo que nos da la pauta para revisar el estimado de trabajadores que debemos contratar y dependiendo de la actividad que se nos este alargando sabremos que especialidad requerimos para agilizar dicha actividad, de tal forma que al asignar más personal a cierta actividad recalculamos los tiempos, así por ejemplo si tenemos un soldador, con tres ayudantes y un armador y vemos que el armado de un elemento nos toma 2:30 hrs si proponemos otra cuadrilla igual podremos pensar en casi duplicar la producción, logrando reducir los tiempos a casi la mitad.

De esta forma vamos proponiendo en nuestro programa de barras los inicios y terminaciones de actividades y en aquellas que se traslapan estudiamos la posibilidad de contratar más personal, de tal forma que después de hacernos varios planteamientos llegamos al que más se ajuste a los tiempos que el cliente requiere.

Por otra parte, si analizamos el costo de mano de obra de la tabla 2.15, quitando el del residente y el sobrestante que son los de confianza para la ejecución y supervisión de las actividades, el costo total de mano de obra representa el 8.8% del total presupuestado para concursar la estructura, así que es recomendable contratar una o dos cuadrillas de más ya que si terminamos antes de lo programado significa ahorro en sueldos, e indirectos, además en el supuesto caso de que alguno de los trabajadores

renuncie repentinamente no nos afecte en nuestro programa de obra, ya que las multas por retrasos son mucho más elevadas que lo que se pueda pagar teniendo una cuadrilla de más.

Una vez elaborado el programa, revisando cuidadosamente cada una de las actividades a ejecutar, llegamos a la conclusión de cuanto personal requerimos y de que especialidad, en este caso en particular se va a requerir de 3 soldadores con un armador, un montajista, un ayudante “A” y un “B” cada uno y una cuadrilla extra de armador, montajista y ayudante “A” y “B”, cuadrilla que en la etapa de producción en taller se ocupará principalmente del habilitado de materiales y apoyo para maniobras de montaje de patines sobre almas, volteado de columnas y semitrabes para ser soldadas.

Basándonos en las actividades de montaje de columnas y trabes, vamos a necesitar de armadores por lo que calculamos que con 4 con sus ayudantes “A” respectivamente, podemos cubrir las maniobras que se requieren para esta actividad, y por último para el caso del montaje de largueros, contraflameos y contraventeo serán necesarios cuatro montajistas y sus ayudantes.

Como podemos apreciar en la tabla 2.13, en el programa de avance de gráfica de barras conforme se vayan desarrollando las diferentes actividades que se realizarán se deben ir abriendo los frentes que sean necesarios, asignando los trabajos a las cuadrillas formadas de soldadores, armadores, montajistas y ayudantes, según la actividad que deba ser atacada, no obstante la especialidad de cada individuo para la que sea contratado, en ciertas actividades se requiere del apoyo de todos los trabajadores distrayéndolos de sus actividades, para realizar aquellas actividades que así lo requieran, regresando a sus labores asignadas posteriormente, esto es muy importante, ya que debemos contar con gente que además de tener una especialidad, tenga la capacidad y actitud de apoyar en otras áreas dentro del proyecto.

Hacer un programa de barras minuciosamente diseñado es muy importante debido a que podemos ahorrar mucho dinero en tiempos muertos, atrasos de obra que conllevan a multas. Inclusive se puede llegar a perder la concesión de la obra si no se entrega un programa de obra satisfactorio al cliente.

Una ventaja más de llevar este tipo de programación de gráficas de barras, es que podemos representar con una barra debajo de la programada los avances reales de cada actividad lo que nos facilita la supervisión y coordinación de actividades así como la compra oportuna de materiales e insumos que se necesitarán con anticipación, previendo el posible desabasto de algún material en específico, el cual nos pueda retrasar una o varias actividades o que tengamos que recurrir a comprarlo con proveedores que tienen precios más elevados, afectando nuestro presupuesto.

Por otro lado, aún cuando cada estructura cuenta con un diseño propio, el conservar estos programas de barras de cada estructura realizada a lo largo del tiempo de desarrollar la actividad de estructurista, se convierten en una gran ayuda para la programación de nuevos contratos.

2.6) Costeo de insumos menores

En el proceso de habilitado, corte y armado se utilizan diversos insumos como lo son: soldadura, tornillos, tuercas, discos de corte y piedras cónicas, gas butano, gas carbónico, oxígeno y guantes, equipo de protección, además de la subcontratación del taller de torno para hacer las roscas de 12 cm de longitud en un extremo de los Ø de 1” de las anclas que formarán los huacales, renta del hiab, grúa y andamios por hora, día o mes según sea la necesidad, en la tabla 2.14 podemos encontrar el cálculo de estos insumos.

Para el cálculo de insumos menores basándonos en la experiencia del rendimiento de soldadura, oxígeno, dióxido de carbono, calculamos que cada marco de 28 m necesitará 60 kg de soldadura y el de 38 m 81.40 kg, por lo tanto tenemos:

Para marcos de 38 m tenemos 18 x 81.40 kg = 1,465.20 kg
 Para marcos de 28 m tenemos 28 x 60.00 kg = 1,680.00 kg
 Total..... 3,145.20 kg

Por lo que 3,145.20 kg/15 kg (carrete) = 209.68 carretes de soldadura

Para estructura de cuarto de máquinas y fachadas calculamos $220 \text{ kg} / 15 \text{ kg} = 14.66$ carretes, teniendo un total de 225 carretes.

El CO₂ de la soldadora de micro alambre rinde alrededor de 4 carretes y medio por lo que calcularemos $225 / 4 = 56.25$ tanques de dióxido de carbono.

El oxígeno para el equipo de oxicorte rinde medio tanque para un marco de 38 m y un 40% para un marco de 28 m, así que podemos calcular:

$$\begin{array}{r} 28 \text{ marcos} \times 0.4 = 11.20 \text{ tanque de oxígeno} \\ 18 \text{ marcos} \times 0.5 = 9.00 \text{ tanques de oxígeno} \\ \text{Total} \qquad \qquad \qquad 20.20 \text{ tanques de oxígeno} \end{array}$$

Para el corte de viguetas IPR de estructura de cuarto de máquinas y fachada calculamos otros 6 tanques, teniendo un total de 27 tanques de oxígeno, para el caso del gas butano para la mezcla del equipo de oxicorte tenemos un rendimiento mayor en una relación de 4 tanques de oxígeno por una de gas butano, así tenemos: $27 / 4 = 6.7$ tanques de butano.

A continuación podemos revisar en la tabla 2.14 los costos de varios insumos que en realidad representa el 4.3% del precio final con el que se está concursando la obra. Más adelante veremos una costumbre que hay en el medio para la cotización del kg de acero para concursar las obras, con esta forma de cotizar podemos dar precios de una forma muy rápida, por ejemplo; si en obra el cliente quiere saber en ese momento sobre cuanto le costará una estructura para techar una superficie cualquiera y nos da como datos que serán columnas y traveses de marco rígido como la de nuestro trabajo y que tienen calculados sobre 50 toneladas, en ese momento podemos darle el siguiente precio, si sabemos que la placa de tablas 2.12 nos cuesta alrededor de \$10.00 podemos dar el siguiente precio: $\$20.00/\text{kg} \times 50,000 \text{ kg} = \$1,000,000.00$ en el cual incluimos, mano de obra, pintura primaria, soldadura, oxígeno, etc.

Descripción	Costo	Cantidad	Unidad	Total
Soldadura lincon	\$ 360.00	225	Carrete 15 kg	\$ 81,000.00
Pintura anticorrosiva	\$ 629.00	45	20 litros	\$ 28,305.00
Tuercas	\$ 2.70	1724	Piezas	\$ 4,654.80
Tornillos	\$ 8.78	1004	Piezas	\$ 8,815.12
Torneado roscas	\$ 30.00	240	Piezas	\$ 7,200.00
Conos desbaste	\$ 65.00	35	Piezas	\$ 2,275.00
Gas carbónico	\$ 527.00	57	Tanque	\$ 30,039.00
Gas butano	\$ 90.00	7	Tanque 20 kg	\$ 630.00
Oxígeno	\$ 428.00	27	Tanque	\$ 11,556.00
Guantes	\$ 30.54	25	Pares	\$ 763.50
Pechera	\$ 33.00	3	Piezas	\$ 99.00
Mangas	\$ 33.00	3	Pares	\$ 99.00
Polainas	\$ 33.00	3	Pares	\$ 99.00
Lentes	\$ 29.00	10	Piezas	\$ 290.00
Cascos	\$ 38.54	20	Piezas	\$ 770.80
Caretas de mica	\$ 86.36	5	Piezas	\$ 431.80
Lineas de vida	\$ 394.00	12	Piezas	\$ 4,728.00
Zapatos de casquillo	\$ 760.00	20	Piezas	\$ 15,200.00
Chalecos naranja	\$ 76.36	20	Piezas	\$ 1,527.20
Renta andamios	\$ 2,400.00	20	Tramos/mes	\$ 2,400.00
Renta hiab	\$ 350.00	80	Horas	\$ 28,000.00
Renta grúa	\$ 450.00	50	Horas	\$ 22,500.00
Total				\$ 251,383.22

Tabla 2.14 Costo de insumos varios

2.7) Sueldos y utilidad

Para esta estructura de 327 toneladas emplearemos el siguiente personal; un residente de obra, un capataz, 3 soldadores calificados, 4 montajistas, 4 armadores con 4 ayudantes uno por armador y 4 ayudantes. Como lo vimos en el subcapítulo 2.5 de programación, dependiendo de las actividades a realizar y con la experiencia del rendimiento de una cuadrilla llegamos a solicitar en el periódico al personal antes descrito, en donde se les requiere que se presenten con solicitud de trabajo llena, y los que van por el puesto de soldadores lleven su credencial que los acredite como soldadores calificados, estas pueden ser la de Comisión Federal de Electricidad, Petróleos Mexicanos, también hay certificaciones expedidas por empresas que se dedican al control de calidad, aún así después de la entrevista se les hace una prueba de soldadura, primero para ver como se desenvuelve prendiendo la máquina, como

maneja sus herramientas de trabajo como lo es el cepillo y brocha y finalmente observando con careta de protección, como tira los cordones de soldadura y finalmente el cordón de vista. Si el aspirante al puesto nos parece adecuado, pero no cuenta con su credencial que lo acredite como soldador calificado y no contamos con muchas opciones, es posible llevarlo a una empresa de control de calidad o en el CIDESI (Centro de Investigación para el Desarrollo Industrial) en la cual le harán pruebas y recomendaciones a la forma como aplica la soldadura además de radiografiarle los cordones que aplique de prueba en dicha empresa, de esta forma es posible conseguirle su certificación si es que está capacitado y contratarlo.

Para el caso de armadores, montajistas y ayudantes, al entrevistarlos y llamar por teléfono a sus trabajos anteriores solicitando referencias es suficiente, una vez contratado el personal se les da de alta en el IMSS antes de empezar a realizar trabajo alguno, entonces se les cita para iniciar labores, en el día que ya tengamos parte del material que vamos a utilizar en taller.

Antes de calcular la utilidad debemos considerar el sueldo del Ingeniero que se dedica a esta actividad, tomando en cuenta que éste sueldo no se ve afectado como los sueldos de los trabajadores que revisamos con anterioridad, a este sueldo se le descontará el 35% de impuestos, para lo cual es bueno partir de un sueldo que se le pagaría a un director de obra, en el supuesto caso de que el propietario no estuviera en posición de desempeñar por si mismo el trabajo, por lo que podemos sugerir un sueldo mensual de \$50,000.00 pesos ver tabla 2.16, así como pensar en una utilidad razonable de un 40%, ya que de esta utilidad tendremos que descontar los impuestos correspondientes.

En la tabla 2.15 encontramos el sueldo semanal de cada especialidad, el cual se ve afectado por un factor de 1.7 debido a prestaciones de ley para cada uno de los trabajadores, ya que el 24.95% del sueldo va para el IMSS, el 5% para el INFONAVIT, el 2% para el SAR, lo que nos reporta un 32% y el restante 36% se compone de prima vacacional, vacaciones, aguinaldo, reparto de utilidades y cuotas sindicales.

Número	Especialidad	Sueldo semanal	Total por factor 1.7	Semanas laboradas	Total
	Residente	\$ 3,000.00	\$ 5,100.00	12	\$ 61,200.00
1	Sobrestante	\$ 2,200.00	\$ 3,740.00	12	\$ 44,880.00
2	Soldador 1	\$ 1,800.00	\$ 3,060.00	12	\$ 36,720.00
3	Soldador 2	\$ 1,800.00	\$ 3,060.00	12	\$ 36,720.00
4	Soldador 3	\$ 1,800.00	\$ 3,060.00	12	\$ 36,720.00
5	Armador 1	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
6	Armador 2	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
7	Armador 3	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
8	Armador 4	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
9	Montajista 1	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
10	Montajista 2	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
11	Montajista 3	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
12	Montajista 4	\$ 1,500.00	\$ 2,550.00	12	\$ 30,600.00
13	Ayudante A-1	\$ 1,000.00	\$ 1,700.00	12	\$ 20,400.00
14	Ayudante A-2	\$ 1,000.00	\$ 1,700.00	12	\$ 20,400.00
15	Ayudante A-3	\$ 1,000.00	\$ 1,700.00	12	\$ 20,400.00
16	Ayudante A-4	\$ 1,000.00	\$ 1,700.00	12	\$ 20,400.00
17	Ayudante B-1	\$ 900.00	\$ 1,530.00	12	\$ 18,360.00
18	Ayudante B-2	\$ 900.00	\$ 1,530.00	12	\$ 18,360.00
19	Ayudante B-3	\$ 900.00	\$ 1,530.00	12	\$ 18,360.00
20	Ayudante B-4	\$ 900.00	\$ 1,530.00	12	\$ 18,360.00
	Total		\$ 51,340.00		\$ 616,080.00

Tabla 2.15 Sueldos reales a mayo de 2005

Existe una costumbre que predomina en el medio, en donde al calcular el costo de materiales, entendiéndose por materiales en este caso específico, la cuantificación que obtuvimos en la tabla 2.12, se multiplica por dos y se obtiene el precio para concursar la obra, veremos en nuestro comparativo que esta costumbre que predomina da la pauta para un precio de mercado.

De tal manera que si de la tabla 2.12 tenemos \$2,997,901.36 pesos de costo del material, el precio quedaría en \$5,995,802.60 pesos, siendo estos precios sin IVA.

En la tabla 2.16 se presenta claramente el análisis de costos.

Concepto	Procedencia	Cantidad
Material	Tabla 2.12	\$ 2,997,901.36
Mas desperdicios y descalibras	3%	\$ 89,937.04
Insumos varios	Tabla 2.13	\$ 251,383.22
Sueldos reales	Tabla 2.14	\$ 616,080.00
Dirección de obra		\$ 150,000.00
Utilidad	40%	\$ 1,642,120.40
Total		\$ 5,747,422.02

Tabla 2.16 Precio para concursar la obra

De revisar estas dos cantidades encontramos un sobreprecio de \$248,381,20.00 pesos más, calculándolo en la forma acostumbrada, con esto nos damos una idea de lo que es hacer un presupuesto detallado, en el cual sabemos cuanto será un beneficio razonable quedando con un precio muy competitivo.

2.8) Presupuesto para concurso

Para los presupuestos se maneja por lo general un precio unitario por kg de estructura ya terminada, en la actualidad algunos concursos solicitan los presupuestos en formato de Opus Ole, programa de cómputo que nos agiliza los cálculos para cubicaciones hechos en el subcapítulo pasado, de cualquier forma siempre se solicita la cubicación de materiales en muchos casos desglosada, en ocasiones solicitan el tonelaje total por su precio unitario, además de un programa de obra.

Para el proyecto que nos ocupa lo presentaremos desglosado, siempre haciendo referencia a los planos de donde obtuvimos la información y dirigiéndolo al ingeniero o arquitecto que esta solicitando el trabajo, en ocasiones se solicita el logotipo de la empresa que te está contratando y se hace una portada con el mismo, cuando se trata de un cliente nuevo es recomendable anexarle al presupuesto el currículum de la empresa estructurista con fotografías de estructuras realizadas, en papel opalina y engargolado con una buena presentación.

A continuación podemos ver en la tabla 2.17 un ejemplo de cómo se puede presentar el presupuesto de una forma desglosada.

Concepto	Alcance	Peso	Precio	Precio
		en kg	Unitario	
Cuarto de Máquinas	Suministro, armado, montaje y una mano de pintura anticorrosiva	13,425	\$ 18.03	\$ 242,052.75
Estructura de Fachada	Suministro, armado, montaje y una mano de pintura anticorrosiva	49,151	\$ 18.03	\$ 886,192.53
Estructura de marco rígido tipo Butler	Suministro, armado, montaje y una mano de pintura anticorrosiva	256,062	\$ 18.04	\$ 4,619,361.55
Total				\$ 5,747,606.83

Tabla 2.17 Formato de presupuesto desglosado

Un ejemplo de cómo presentar un presupuesto utilizando la tabla 2.17 sería de la siguiente forma:

Querétaro, Querétaro a 17 de Mayo de 2005

Ing. Rodrigo Pérez
Edificaciones del Bajío S.A. de C.V.

Estimado Ing. Pérez:

Presentamos a usted nuestro presupuesto para el armado y montaje de la estructura metálica de marco rígido tipo Butler, estructura de cuarto de máquinas y estructura para fachadas, con especificaciones de los planos E-1, E-2, E-3, E-4.

Descripción:

Concepto	Alcance	Peso	Precio	Precio
		en kg	Unitario	
Cuarto de Máquinas	Suministro, armado, montaje y una mano de pintura anticorrosiva	13,425	\$ 18.03	\$ 242,052.75
Estructura de Fachada	Suministro, armado, montaje y una mano de pintura anticorrosiva	49,151	\$ 18.03	\$ 886,192.53
Estructura de marco rígido tipo Butler	Suministro, armado, montaje y una mano de pintura anticorrosiva	256,062	\$ 18.04	\$ 4,619,358.48
Total				\$ 5,747,603.76

Precios más IVA

Condiciones:

Se le solicita un 50% de anticipo para compra de materiales, 25% al recibir el material, 25% restante y considerar estimaciones quincenales.

Cada empresa utiliza el formato de presupuesto que más le acomoda y en ciertas ocasiones el cliente solicita que se les presente en un formato que a ellos les acomode, pero al final siempre se maneja un precio por kg.

3) ARMADO Y MONTAJE

En este capítulo presentaré la metodología del armado y montaje de una estructura tipo Butler de 10,813.6 m², en el capítulo anterior presenté la cubicación de materiales, con el auxilio del plano de taller hecho en computadora se llevó a cabo este proceso, en este capítulo lo usaremos como plano de taller (plano 2.1) para el armado de columnas y trabes.

3.1) Habilitado de materiales y armado

Como vimos en el capítulo anterior, una vez que tengamos en taller materiales como lo son: redondos de 1" \varnothing las placas de los patines, planchas de placas de 1/4" y 5/16" para iniciar los cortes de las almas, placas base de 1" ya cortadas de 0.55 m x 0.55 m y 0.45 m x 0.45 m, para llevarlas al torno y perforarlas.

Con el despiece presentado en el capítulo anterior, obtuve la lista de materiales que se requieren para este proyecto, cabe mencionar que se cotizó la placa ya cortada, obviamente el precio por kg es más elevado, con la gran ventaja de que se puede solicitar el corte en frío con cizalla, o con calor en pantógrafo, para proyectos como éste es conveniente solicitar el corte con cizalla, para los patines de las columnas y trabes.

En la primer semana, se habilitarán las anclas de redondos de 1" \varnothing cortándolas, y posteriormente, llevándolas al torno para hacerles sus roscas de 12 cm, para poder recibir las tuercas y rondanas de nivelación, y fijación de las columnas, al recibir del torno las anclas, con calor haremos el doblado a 90° de la pata, posteriormente se presentan los redondos de 1" \varnothing en la placa base de 1" de espesor, previamente perforada, soldándolos entre si con varilla de 3/8" para armar los huacales, los cuales se enumerarán con su placa correspondiente, y se le proporcionará al maestro albañil un plano de ubicación de huacales, ver plano 3.1 con el objeto de evitar cualquier contratiempo, que se pueda presentar al no coincidir algún agujero con su correspondiente ancla, al momento del montaje, una vez que estén colocados los huacales en el dado y antes del colado es bueno hacer la observación de que amarren bien los huacales al armado del dado, en éste

caso después de verificar que estén bien amarrados los soldaremos, ya que en muchos casos, al colar los dados y meter el vibrador se llegan a ladear los huacales, y en ocasiones se sumergen en el concreto ocasionando contratiempos, también antes del colado es recomendable la protección de las cuerdas de las anclas, y de ser posible antes de forrarlos ponerles grasa, con el objeto de que estén en perfectas condiciones al momento de montar la columna, ya que residuos de concreto o daño en la cuerda, pueden dificultar la colocación de las tuercas de nivelación y fijación de columnas, es muy importante el alineado que se debe hacer en la obra civil al colocar los huacales, para este propósito al momento de mandar a perforar las placas base se perforan dos o tres mdrinas de placa de $\frac{1}{4}$ ", en las cuales marcaremos con pintura una raya al centro en la dirección que deberán pasar los ejes "A", "B", "C", "D", "E" y "F" de los marcos, como se puede observar en la figura 3.1.

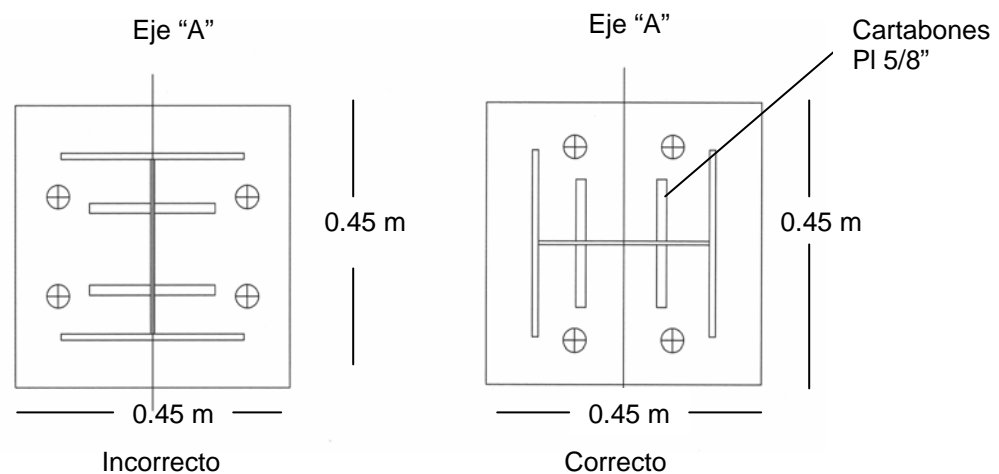


Figura 3.1 Alineación a ejes "A", "B", "C", "D", "E" y "F" de huacales

Mientras se van recibiendo los pedidos de placa, de los patines de $\frac{3}{8}$ " y $\frac{1}{2}$ " con ancho de 30 cm, listos para armar en taller, iniciaremos el proceso de corte de almas de placa de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{5}{16}$ ", con el fin de tener listas las almas necesarias para el armado de los elementos que integran los marcos de MA-1 y MA-2, este proceso se hace trazando en el planchón de placa, el alma que será cortada distribuyéndolas de tal forma que el desperdicio sea mínimo, así obtendremos la madrina que nos servirá como molde para iniciar un proceso de corte en serie de almas, también recibiremos las placas de conexión, las cuales llevaremos al torno en pares para que les sean practicadas las perforaciones

detalladas en planos, el propósito de llevarlas en pares, es asegurar la mayor precisión posible a la hora del montaje, estos pares se numerarán con pintura, con el objeto de que al momento de armar las semitrabes, sean colocadas de tal manera que las conexiones coincidan con su par, consiguiendo un ensamble perfecto, así por ejemplo la placa capitel de 5/8" de una columna para un marco de MA-1 se marcará como C9-CD, y a su doble con el mismo número, al hacer el armado de semitrabes para marcos de 38 m, esta placa C9-D integrará a la semitrabe que será montada sobre la columna que se armará con la placa capitel C9-CD, en donde el número y la letra representan la ubicación de columna, ver plano 3.1, y la segunda letra es la semitrabe que se montará en esta columna (semitrabe "C" y "D") con esto conseguiremos un montaje preciso.

Para el caso de las placas de las columnas 2 y 3 las marcaremos con el número del eje y una letra de cada lado, la letra que corresponda a la trabe que deberá montarse ahí, perforando las placas en pares, dos de 0.448 m x 0.30 m de las semitrabes "C" y "D" que se conectan a esta misma columna, sobre el capitel de 0.30 m x 0.90 m, ver figura 3.2.

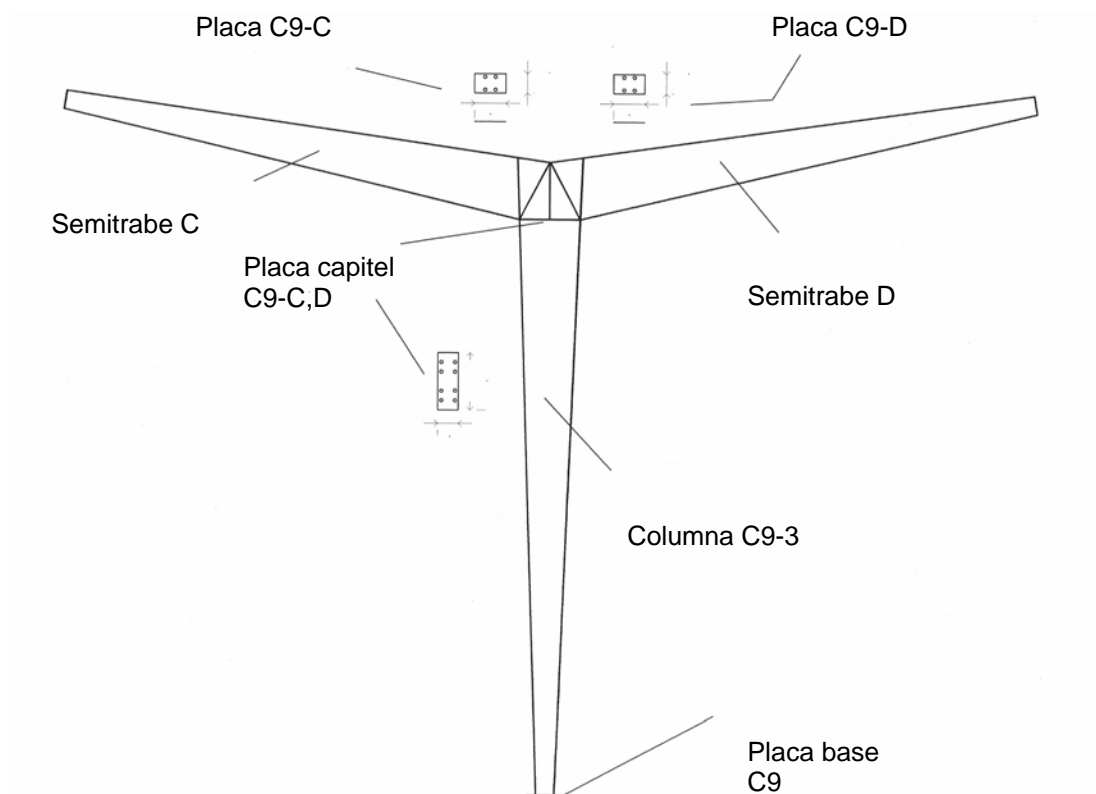


Figura 3.2 Nomenclatura de placa capitel y de conexión

De las tablas 2.1 y 2.4 del capítulo de Proyecto Ejecutivo, sabemos que los elementos que estaremos manejando van desde 484 kg hasta los 1,080 kg ya armados, mismos que podemos maniobrar fácilmente con la grúa viajera con capacidad de 5 ton con que se cuenta en el taller, de esas mismas tablas tenemos que la pieza más pesada es el alma de la semitrabe "F" con 390 kg, ver plano 2.2.

Por otro lado al referirnos a las tablas de pesos teóricos de materiales, vemos que la placa más larga viene de 6.10 m, debido a que las dimensiones de nuestras semitrabes y columnas son mayores, haremos uniones intercaladas, con el objeto de no dejar una unión en una columna o semitrabe que cruce de lado a lado al elemento, ver figura 3.3.

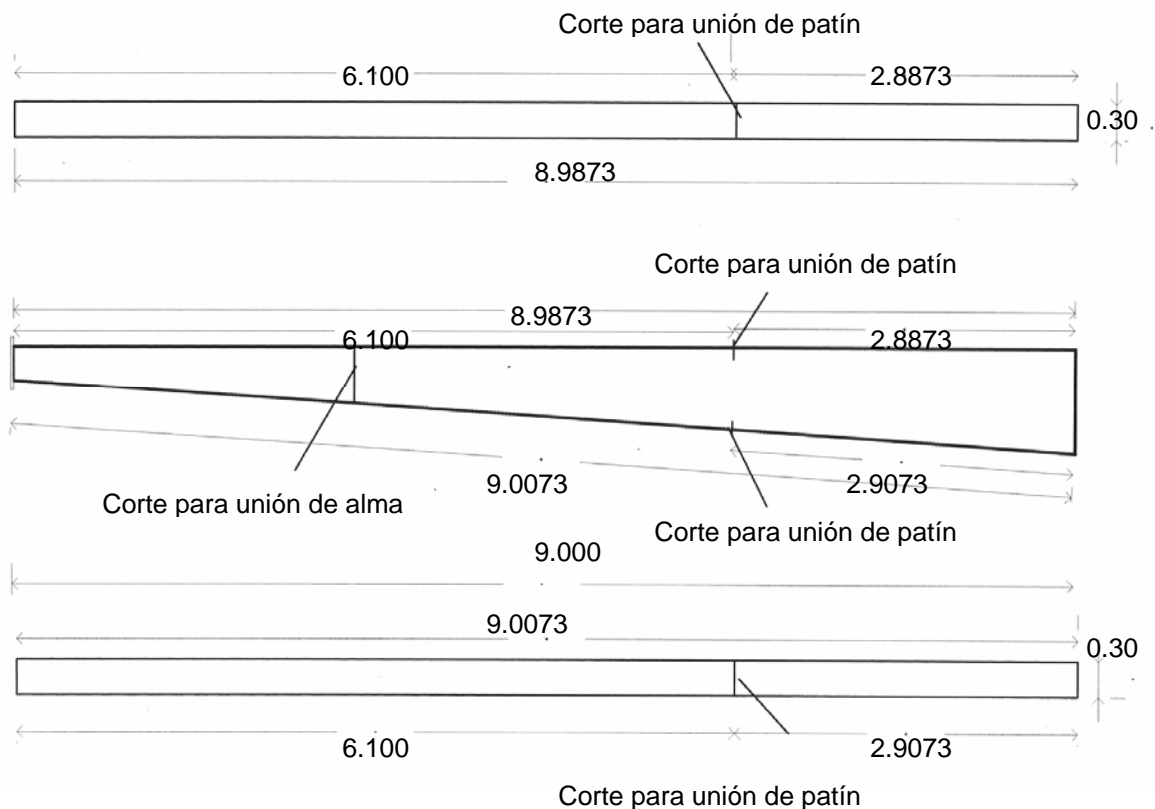


Figura 3.3 Empalmes de placa en patines y alma para semitrabe o columna

Para el armado de cada elemento, colocamos el alma del elemento que será armado horizontalmente sobre una vigueta con un peralte mayor a 17 cm, con el cono de desbaste asentaremos el canto del alma que será soldada al patín y el patín lo puliremos en el

centro a todo lo largo donde soldaremos el alma, esto es con el objeto de que las piezas a unir tengan el acero de que están compuestas expuesto, debido a que al salir de la fundición los planchones de placa en su exterior se les forma una capa de material requemado, que si se suelda sobre esta capa se corre el riesgo de que falle la unión, al fijarse la soldadura a una cáscara residual.

Una vez pulido el centro de los patines que tienen 30 cm de ancho, se les hace un trazo de referencia a lo largo de la pieza, midiendo hacia el centro desde el paño exterior del patín hacia adentro 14.7 cm y sobre esta línea de referencia a cada 30 cm soldaremos soportes de placa de $\frac{1}{4}$ " de 3 cm x 5 cm de esta forma se levanta el patín y se descansa sobre estos soportes en el alma que está en posición horizontal, quedando el patín perpendicular al alma de placa de $\frac{1}{4}$ " para el caso de marcos de 28 m, para los marcos de 38 m se hace lo propio con el alma de $\frac{5}{16}$ ", obviamente la línea de referencia estará a los 14.6 cm del paño exterior del patín de $\frac{1}{2}$ ", ver figura 3.4.

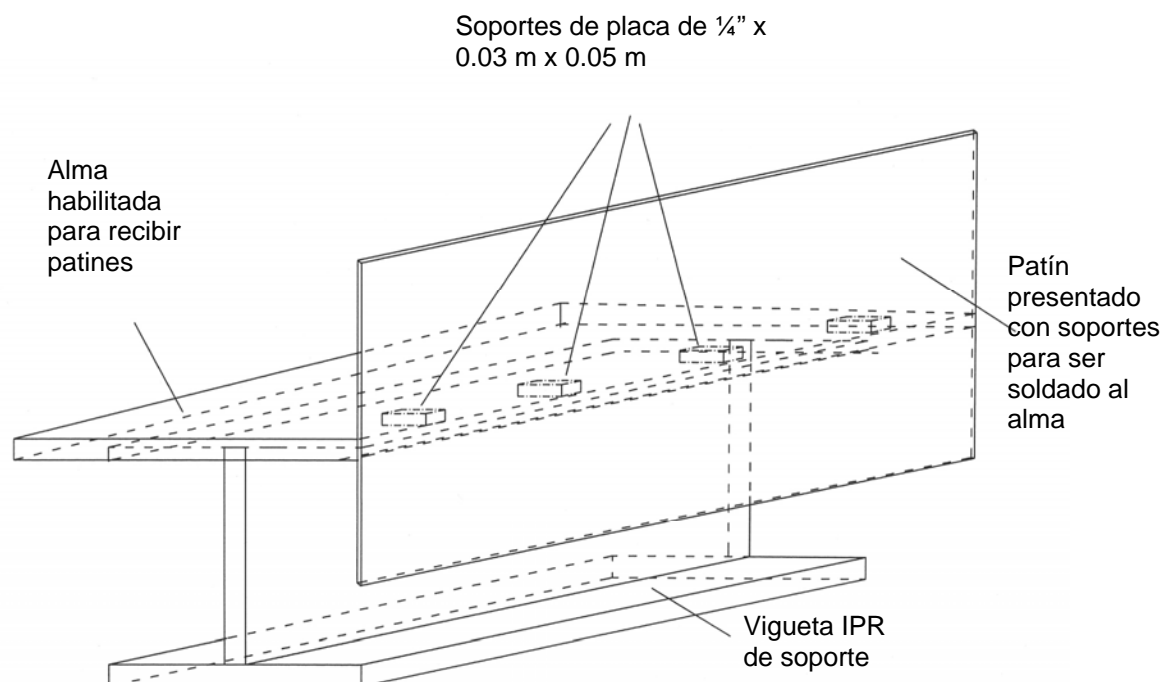


Figura 3.4 Croquis de armado de columnas y semitrabes

Posteriormente soldaremos atiesadores del filo del patín en un ángulo de 45° hacia el alma, utilizando la regla escuadra para dejar a 90° el patín con respecto al alma, usaremos varilla de $3/8''$ a cada 50 cm a todo lo largo del elemento, una vez colocados todos los atiesadores se verifica la escuadra entre las piezas y en las variaciones de escuadra, con el marro podremos golpear los atiesadores en una u otra dirección para corregir la escuadra en el punto que sea necesario, de tal forma que nuestra pieza debe quedar a escuadra a todo lo largo, como podemos apreciar en la figura 3.5.

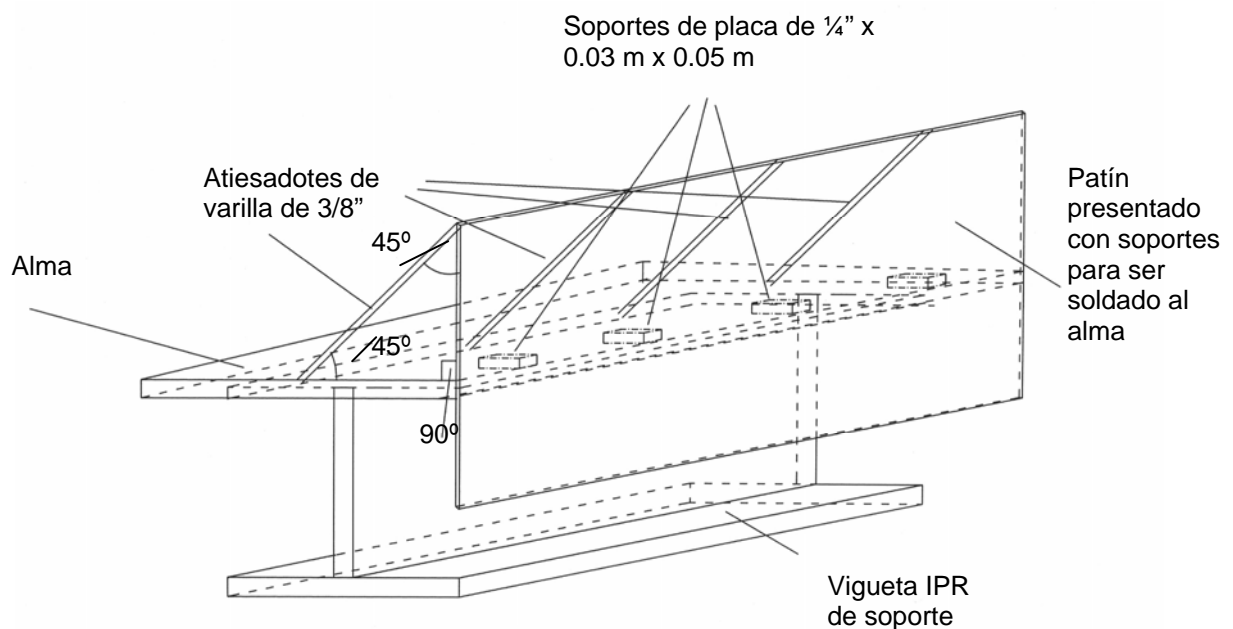


Figura 3.5 Atiesadores de varilla de $3/8''$

Una vez fija con atiesadores los patines al alma del elemento que sé este armado, iniciaremos el proceso de soldado de patín y alma, con el propósito de que el calor de la soldadura no deforme al elemento que se está trabajando, soldaremos en forma cruzada en tramos de 1 m en dirección a su centro, hasta que los cordones de soldadura se unan, en la figura 3.6 enumeramos la secuencia del 1,2,3 al 8 de cómo se van aplicando los cordones de soldadura, al ir avanzando en el soldado del elemento obviamente se van

retirando los soportes que colocamos de placa con cincel y martillo, haciendo lo propio con los atiesadores al terminar de soldar el lado del elemento que se está armando.

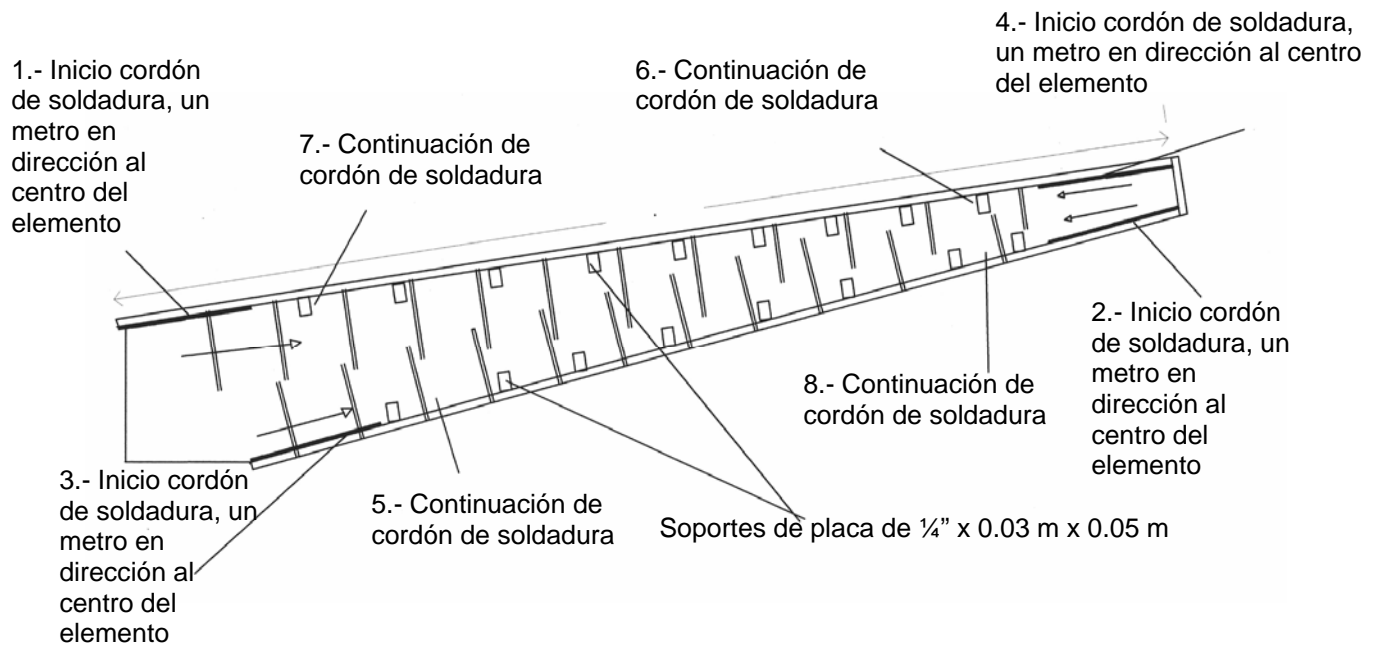


Figura 3.6 Secuencia de aplicación de soldadura

Ya que están soldados los patines, por un lado del elemento que estamos armando, colocamos la placa base y placa capitel si es columna o en su defecto, si es semitrabe, las placas de conexión correspondientes en los extremos del elemento, siguiendo el mismo procedimiento llevado a cabo con los patines, se toma la medida adecuada del filo exterior de la pieza que vamos a colocar para hacer el trazo de la línea guía donde soldaremos los soportes, esto se hace posteriormente al pulido del centro de la pieza donde será soldada el alma, en caso de ser una pieza de dimensiones mayores a los 70 cm como la placa capitel es recomendable seguir el procedimiento de la colocación de atiesadores de varilla de $\frac{3}{8}''$ a 45° soldados hacia el alma, dejando la pieza a escuadra en este caso con un par de atiesadores bastará, en el caso de placa base al tener los patines a 30 cm de separación, es suficiente con dos soportes soldados a la placa base para ponerla a

escuadra, una vez hecho esto se pueden soldar las dos placas y posteriormente darle la vuelta al elemento para soldarlo por el otro lado, ver figura 3.7.

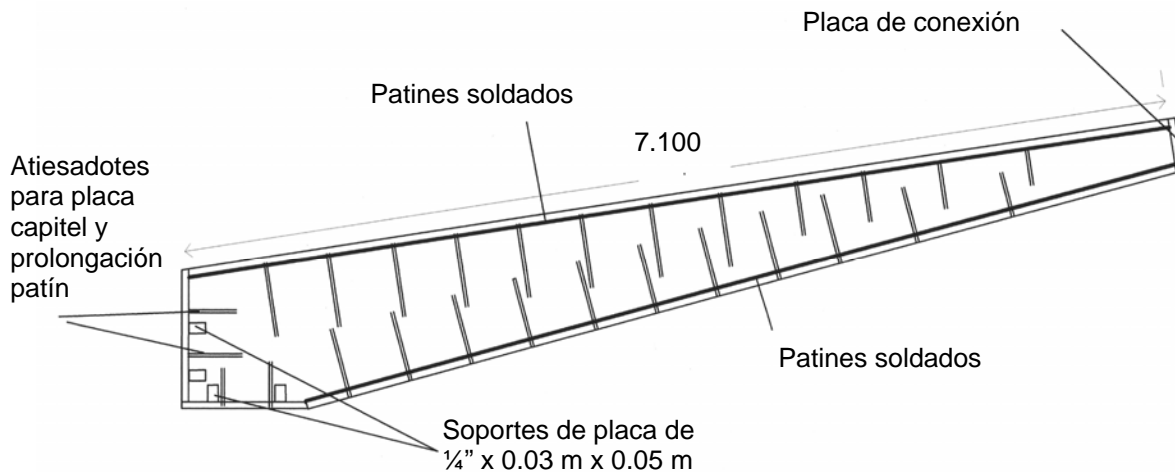


Figura 3.7 Colocación de placas de conexión

Por último, con el pulidor se limpian los residuos de los puntos y cordones de soldadura de fijación de soportes y atiesadores que pudieran haber permanecido adheridos a los patines y alma para proceder a la limpieza y aplicación de la pintura primaria, con esto finalizamos el proceso de armado y dejamos listos los elementos que posteriormente transportaremos a la obra para ser montados.

En el proceso de soldado se aplican tres cordones de soldadura, uno de fondeo, otro de relleno y el de vista, como aplicaremos la soldadura con máquinas de micro alambre, el proceso de fundición del alambre está protegido por dióxido de carbono CO_2 , el cual crea un ambiente inerte sin oxígeno en el punto de fundición, evitando así que se formen porosidades e impurezas, previo al aplicar la soldadura, el soldador cuenta con un cepillo de alambre y una brocha, para ir cepillando la superficie a soldar y con la brocha quitarle el polvo para con esto hacer una soldadura lo más limpia posible logrando fundir la soldadura sin agentes externos, este proceso de soldado es más rápido y limpio

comparado con el uso de electrodos revestidos, ya que con estos después de aplicarse un cordón de soldadura, para aplicar el siguiente cordón encima del anterior se requiere retirar la escoria con un cincel, cepillar y limpiar lo que hace al procedimiento más lento y cansado para el soldador, así mismo los cordones aplicados con electrodos revestidos se fraccionan más debido al consumo de cada electrodo de 45 cm de longitud.

En los planos estructurales encontramos los detalles de diseño de la soldadura que unirá a las diferentes piezas que integran a los elementos de los marcos, esta simbología es la establecida por la A.W.S. (Sociedad Americana de Soldadura), a continuación veremos en la tabla 3.1 esta simbología.

SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS

Soldar todo el contorno	Soldadura de campo	Peforador	Tapón o ranura	De controno de la Cara de la soldadura		
				Plano	Convexo	Cóncavo

SIMBOLOS BASICOS PARA LA SOLDADURA Y SIGNIFICACION DE SU UBICACION

Significado de su ubicacion	En ángulo interior	EN RANURA							Respaldo (dorsal)	De brida	
		En "V"	Cuadrado	De un solo Bisel	En "U"	En "J"	Acampanado doble	Acampanado simple		De orilla	De esquina
Lado de la flecha											
Lado opuesto a la flecha											
Ambos lados									No se emplea	No se emplea	No se emplea

* Símbolo de la ranura para la soldadura

Tabla 3.1 Símbolos complementarios y básicos de soldadura

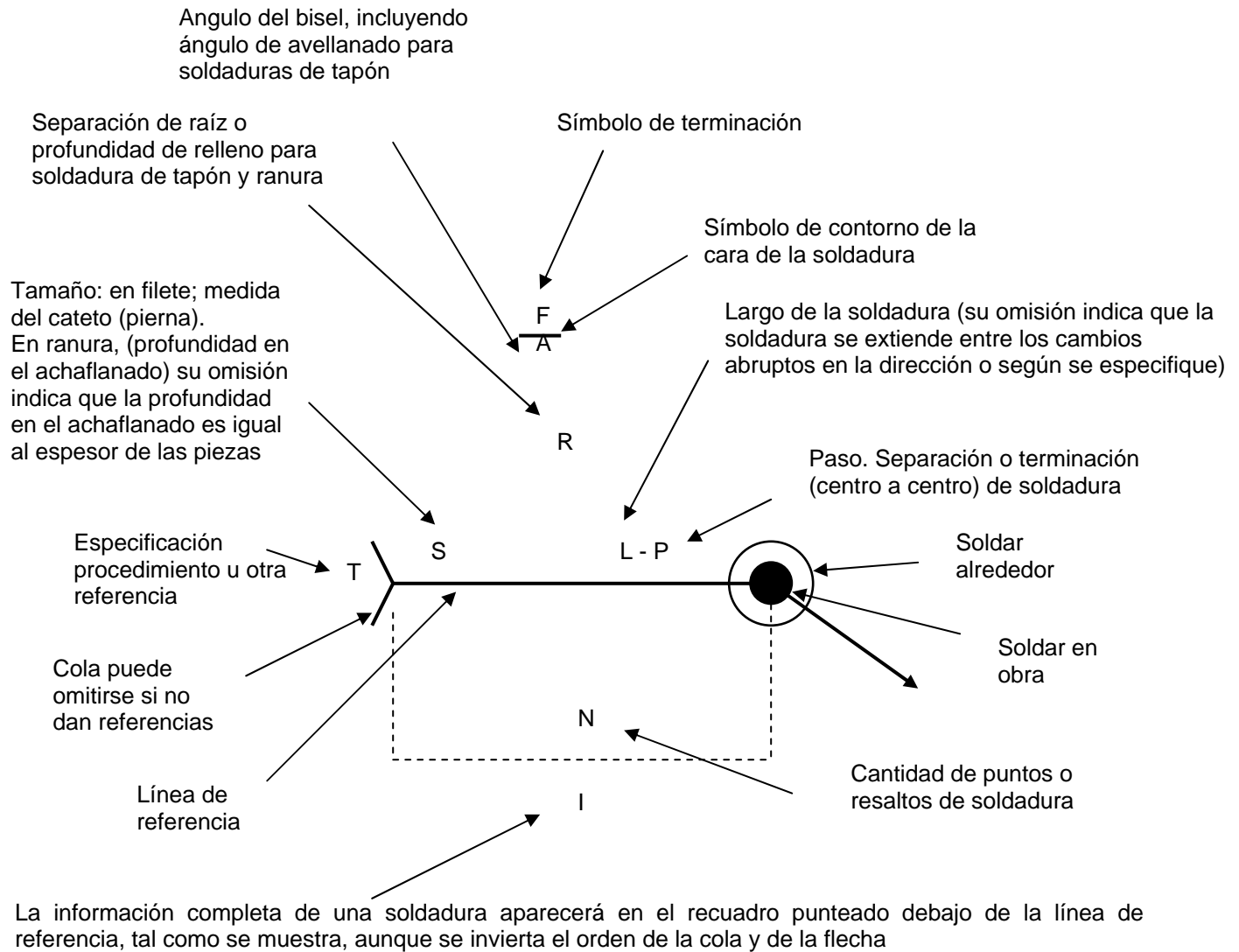


Figura 3.8 Simbología de soldadura que se utiliza en planos

Con estos símbolos podemos interpretar el diseño de las soldaduras que serán aplicadas en este proyecto, como ejemplo en la figura 2.2 del capítulo de Proyecto Ejecutivo, aquí se aprecia la flecha que indica que la soldadura que se debe aplicar es de $\frac{1}{4}$ ", es la pierna o cateto del cordón de soldadura de $\frac{1}{4}$ " (6 mm), con un triángulo debajo de la línea de referencia, indica que solo aplicaremos el cordón de soldadura en un solo lado del alma a todo lo largo del elemento que se está armando.

La soldadura que aplicaremos a las placas de conexión entre semitrabes, como se indica en la figura 3.9 con los dos triángulos, uno arriba y otro debajo de la línea de referencia, soldaremos por ambos lados del alma con $3/16"$ (5 mm) de pierna.

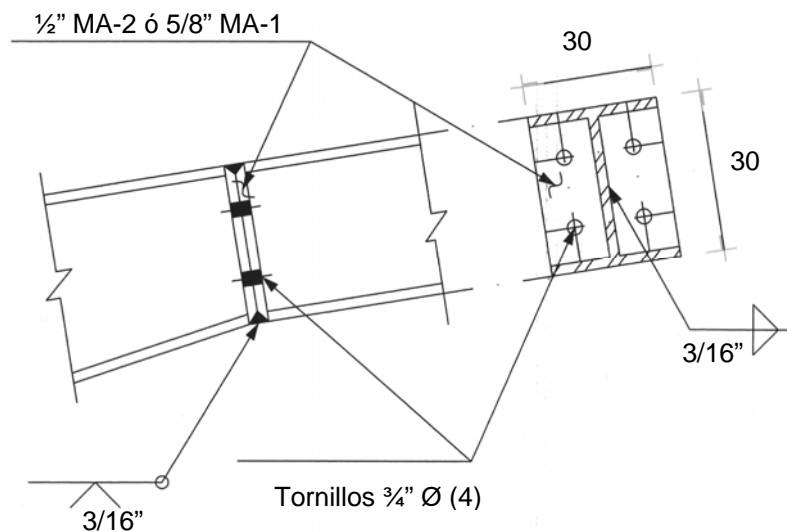


Figura 3.9 Detalles de soldadura en placas de conexión de semitrabes

En la figura 3.9 la simbología de soldadura que indica $3/16"$ (5 mm) con una "V" invertida debajo de la línea de referencia, señala que las placas deben estar biseladas dejando una ranura en "V" la cual se rellenará con soldadura y el círculo en quiebre de la flecha nos indica soldar todo alrededor.

Más adelante, en la figura 3.12, en las indicaciones de soldadura utilizan el símbolo de un círculo en el extremo de la línea de referencia, donde inicia la flecha que indica el punto donde se aplica la soldadura, como se ve en la figura 3.9 esto significa soldar a todo alrededor de las piezas a unir.

En los planos estructurales tenemos en el recuadro de especificaciones la soldadura que vamos a utilizar, es la 7018, la norma de la A.W.S. (American Welding Society) para esta soldadura en micro alambre es: A 5.18 ER 70S-3.

Descripción: Micro alambre extruido y cobrizado de medio manganeso para proceso MIG y MAG para uso de atmósfera protectora de gas.

Características: Rápida y suave aplicación, cordones de impecable apariencia, funcionan en toda posición, mínimo chisporroteo, soporta alto nivel de amperaje, usando dióxido de carbono como base de atmósfera.

Aplicaciones: En cualquier pieza de acero de bajo carbono, como el A-36 que es el acero especificado en planos.

Propiedades mecánicas según la A.W.S.:

Tensión mínima	72,000 PSI
Límite elástico	60,000 PSI
Elongación en 2"	22%
Diámetro	0.045" (1.14 mm)

3.2) Montaje de columnas

Armadas las primeras 24 columnas, con la grúa viajera cargaremos el camión y el hiab transportándolas a la obra, en donde se descargarán cerca de la posición en la que serán montadas, según el plano de taller elaborado al entregar los huacales con anclas, posteriormente limpiaremos las roscas de las anclas y procederemos al montaje colocando primero las tuercas y rondanas de nivelación, para luego con el hiab llevar a cabo el montaje de columnas, al colocarse en su posición cada columna la fijaremos con las tuercas provistas para este propósito, repitiendo esta operación montaremos las 24 columnas en un día de trabajo, ver foto 3.1, posteriormente una cuadrilla de dos armadores y sus ayudantes se encargarán del plomeado y fijación final de columnas, utilizando para este propósito las tuercas de nivelación, apretándolas y aflojándolas según se requiera, ver figura 3.10.

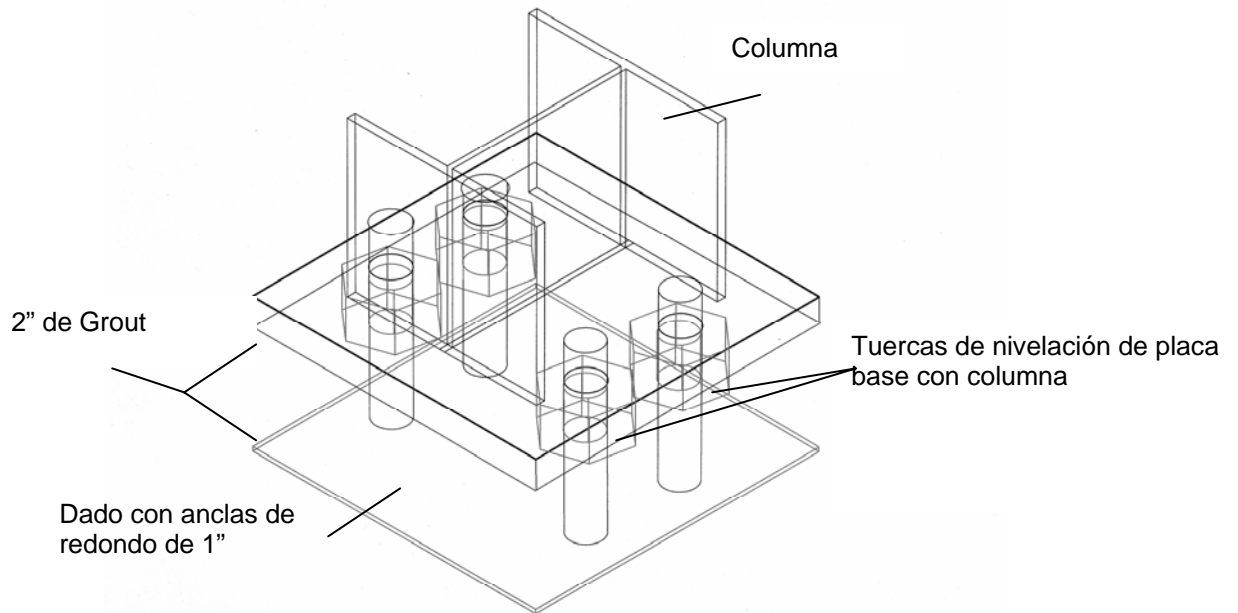


Figura 3.10 Montaje de columna en anclas sobre tuercas de nivelación

Por especificaciones en planos vemos que el espacio que debemos dejar para el grout es de 5 cm, debido a esto nuestras anclas deben quedar expuestas 14 cm del nivel de dado, dejando 2 cm del nivel al inicio de la rosca de 12 cm, ver figura 3.11.

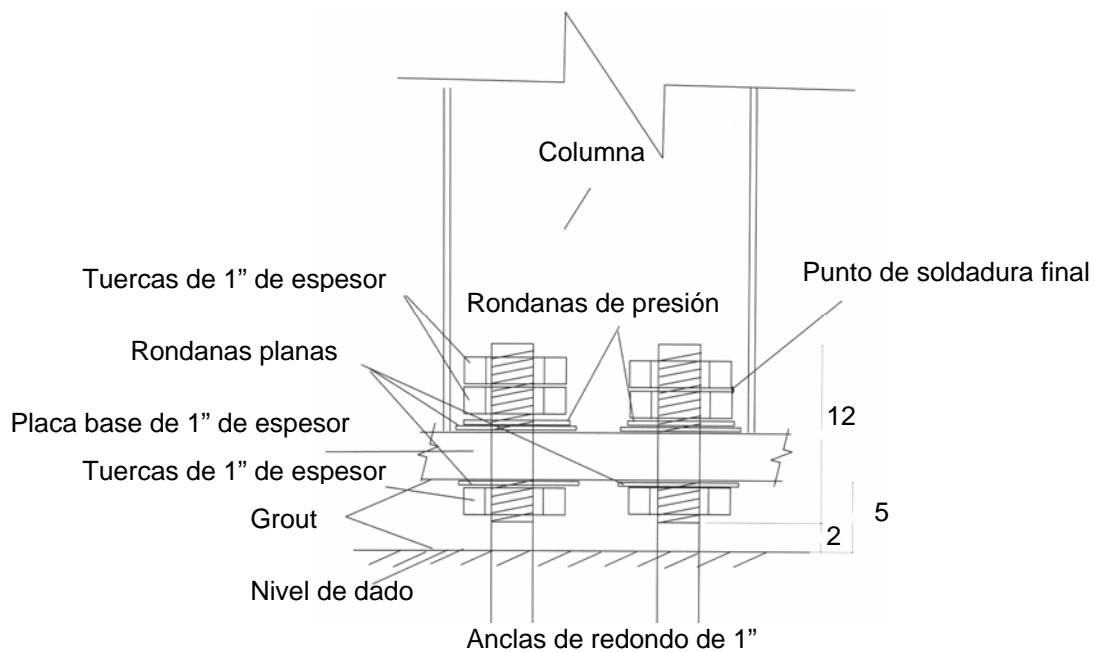


Figura 3.11 Detalle de fijación de columnas

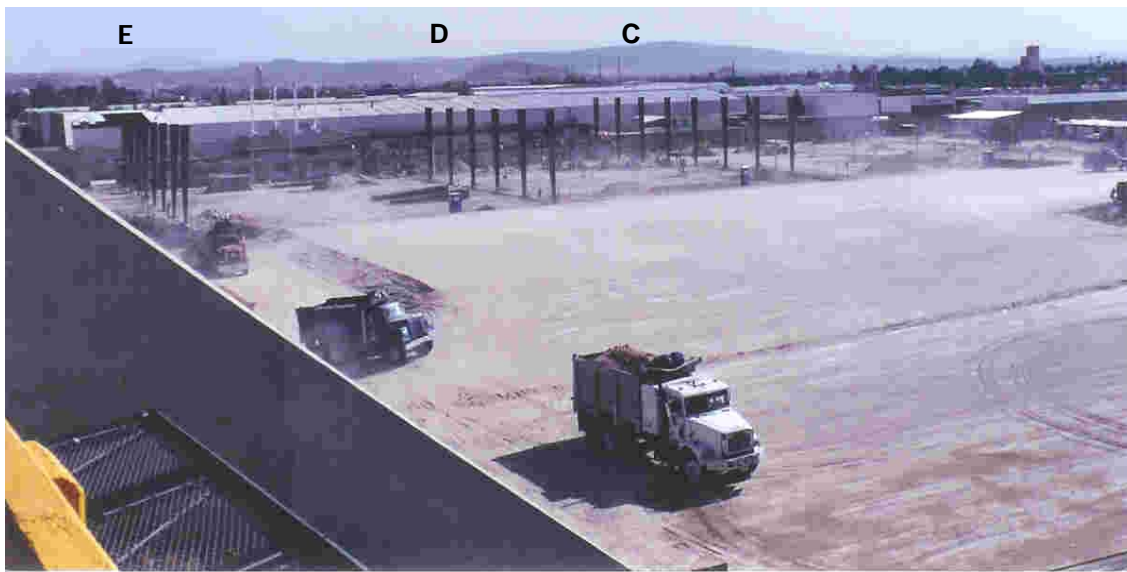


Foto 3.1 Montaje y plomeado de columnas ejes E, D y C

Mientras se plomean columnas, ver foto 3.1, la producción de columnas y travesaños continúa en el taller, hasta este punto ya contamos con tramo para montar 12 travesaños en obra, procediendo al transporte de las semitraves que integran las travesaños que serán montados en las 24 columnas que ya están a plomo en obra.

3.3) Montaje de travesaños

Llevaremos a cabo el mismo procedimiento que con las columnas descargando las semitraves cerca de donde serán montadas, iniciando el armado de travesaños en el piso verificando la distancia de eje de columna intermedia ("2" o "3") a paño exterior de columna final ya sea ("1" o "4") y distancia de eje a eje si se trata de columnas intermedias ("2" a "3"), ver plano 2.2, y comprándola con la medida a paños exteriores que tenemos de trabe completamente armada en piso, una vez armadas las travesaños soldaremos al patín superior de cada trabe, los clips de ángulo de 4" x 1/4" los cuales recibirán a los largueros L-1, así como el soporte de ángulo de 3" x 3" x 1/2" que recibirá a los struts, una vez armadas las 12 travesaños que en esta ocasión serán montadas, iniciamos el montaje de la primera trabe rentando una grúa de 40 ton de capacidad, de la tabla 2.4 sabemos que el peso máximo de una trabe es de 3,825 kg, peso que no representará ningún problema para hacer la maniobra correspondiente para el montaje

de la trabe, maniobra que haremos en dos partes, ya que al levantar inicialmente la trabe, por lo general se corren los estrobos, en donde el personal en tierra los acomodará correctamente para iniciar el levantamiento y montaje de la trabe, como podemos apreciarlo en la foto 3.2, en donde a la izquierda se encuentra ya en posición el montajista que deberá recibir la trabe.



Foto 3.2 Maniobra de montaje y armador esperando trabe

Para recibir la trabe estarán esperando dos montajistas en la parte superior de las dos columnas donde se asentará la trabe, con un punzón de redondo de $\frac{3}{4}$ " de 80 cm de largo, que sirve como guía cuando la trabe esta llegando a la placa capitel, el montajista mete el punzón por un agujero de la trabe capitel y lo hace coincidir con el agujero de la placa de conexión de la trabe que le corresponde a ese agujero, guiando así el último tramo hasta llegar a asentarse en su lugar, entonces se colocan los tornillos de fijación, ver fotos 3.2 y 3.3, y antes de que la grúa libere la trabe, en el caso de la primera trabe los montajista se ubicarán en ella, de tal forma que con la ayuda del personal al nivel de piso se amarrarán unos contravientos desde la trabe hacia la base de columnas en una dirección y en la otra se hincarán unas barras de redondo de 1" \varnothing una vez bien contra ventada, la grúa libera la trabe y se coloca en posición para levantar la segunda trabe, llevando a cabo el mismo procedimiento que se hizo con la primera, una vez montada la segunda trabe se montarán 3 largueros L-1 en cada vertiente ligando a los dos marcos, consiguiendo así estabilizar los marcos, retirando los contravientos de la primera trabe,

así repetiremos este procedimiento con las siguientes traveses asegurándolas con tres largueros por vertiente, ver foto 3.3.



Foto 3.3 Montaje de largueros para dar rigidez a la trabe recién montada

En un día se montarán 12 traveses, de las 46 que integran a la nave industrial, mientras hacemos los montajes siguientes detrás vendrá un soldador aplicando los cordones de soldadura al perímetro de la placa capitel y la placa de conexión de las traveses, siguiendo las especificaciones de proyecto, ver figura 3.9.

En la secuencia de fotografías 3.4, 3.5 y 3.6 que a continuación presento, se puede observar el avance de montaje de columnas y traveses.



Foto 3.4 Montaje de traves MA-1 entre ejes E y D de 38 m, ver plano 2.3

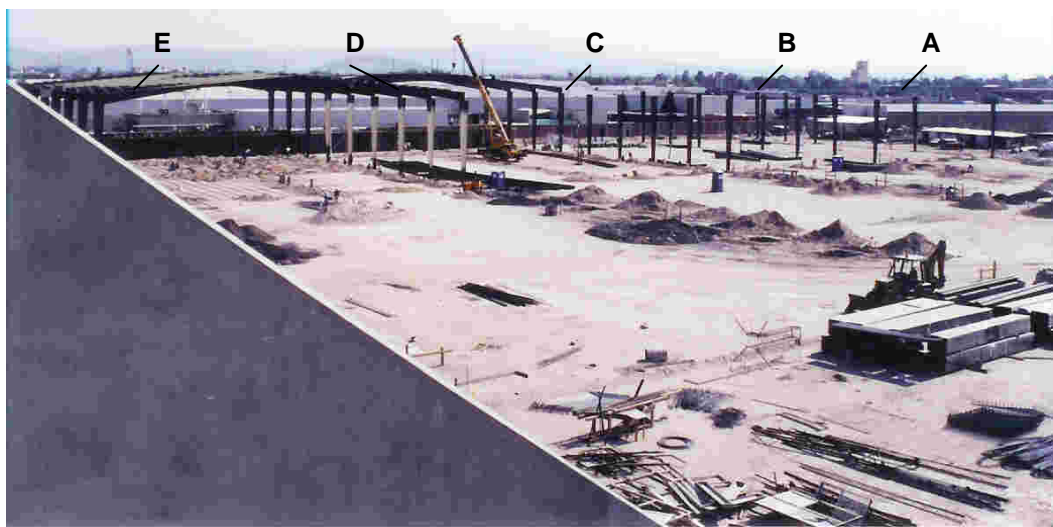


Foto 3.5 Montaje de traves MA-1 entre ejes C y D de 38 m, ver plano 2.3

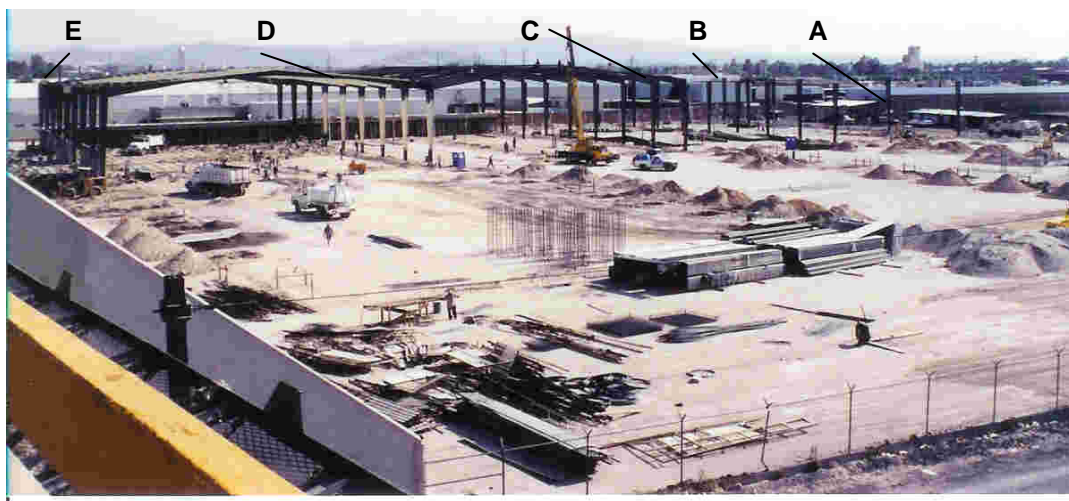


Foto 3.6 Terminación de montaje de traves MA-1 entre ejes C y D de 38 m, ver plano 2.3

3.4) Montaje de puntales (struts), largueros y contraflambeos

En el caso de struts y largueros pediremos el canal mon-ten pintado de fábrica, de 7.48 m, de las tablas de pesos teóricos sabemos que el 8 Mt 14 pesa 5.62 kg/m, por lo que cada viga strut pesa 84.18 kg y cada larguero L-1 42.09 kg, iniciaremos el armado en caja de mon-tenes que formaran los stuts, para el montaje de estos se utilizarán andamios en los extremos de cada columna, subiendo con cuerdas cada strut soldándolo al soporte de ángulo de 3" x 3" x 1/2" previamente soldado al alma de la trabe y posteriormente encajonaremos a este con las placas de 1/4", ver figura 3.12.

En la figura 3.12 se pueden apreciar los detalles antes mencionados, así como las conexiones de mon-ten que recibirán a la fachada de lámina y los dos canal mon-ten que darán rigidez al canalón de lámina, evitando con esto deformaciones posteriores debido a las condiciones adversas que se puedan presentar en la eventualidad de obstrucciones de bajadas pluviales.

El montaje de largueros, lo realizaremos con cuerdas, teniendo a un soldador y su ayudante sentados en el patín superior de un marco, abajo dos ayudantes acarreando piezas y amarrándolas para subirlas y en el otro marco que delimita la crujía que cubrirán los largueros a montar otro soldador con su ayudante, de tal forma que se van subiendo los largueros y se sueldan al clip correspondiente.

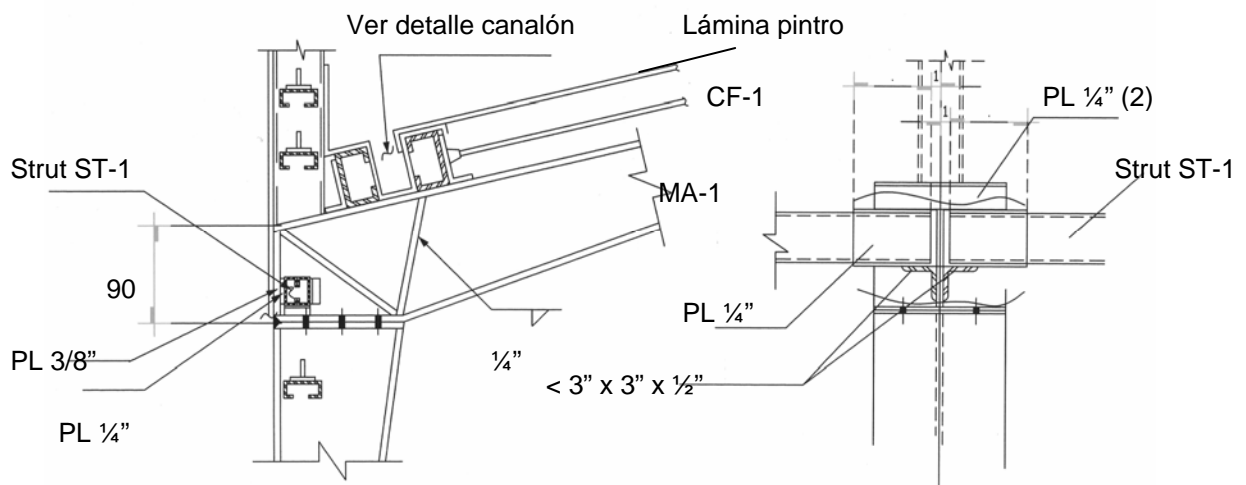


Figura 3.12 Detalle de conexión de strut

Una vez terminadas de armar las dos vertientes de los dos marcos que forman una cruzía se soldarán los contraflambeos que en este caso serán de ángulo de 1 ½" x 1/8", en donde tiraremos hilos sobre los largueros a la mitad de cada cruzía, como nos indica el plano 2.3, de este modo quedarán perfectamente alineados los CF-1 contraflambeos a lo largo de las cruzías.

La función de los contraflambeos, como su nombre lo indica, es el impedir que se flamben los largueros, sobretodo al momento de colocar la lámina, ya que los lamineros estarán caminando constantemente sobre de ellos, en este caso serán soldados directamente al alma del larguero, mediante una conexión de placa en ángulo, con este procedimiento, comparándolo con el de fabricarlos con redondo para hacerles rosca y atornillarlos, es mucho más rápido, además de quedar perfectamente alineados, ver figura 3.13.

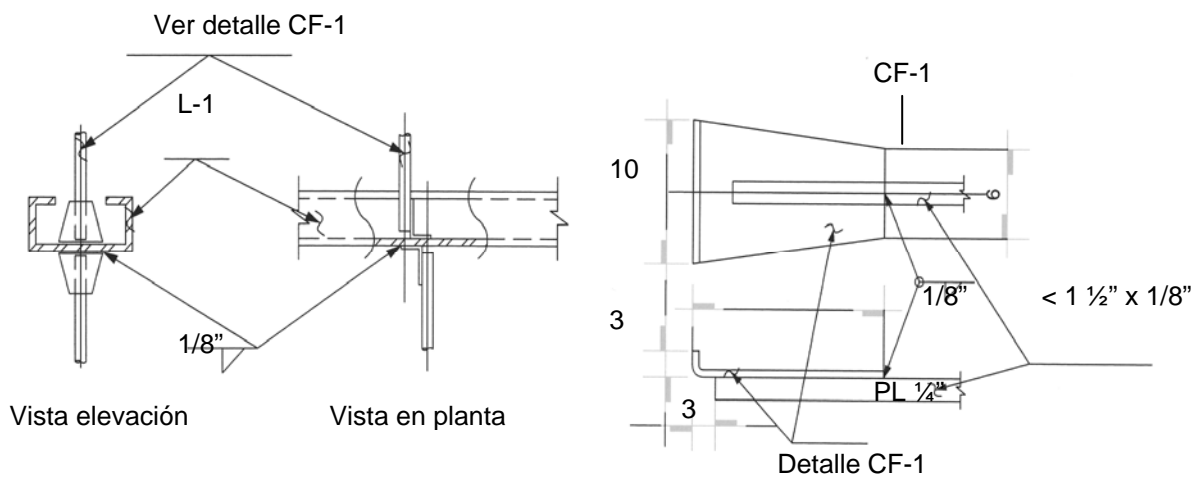


Figura 3.13 Detalles de conexión de contraflambeos a largueros

Conforme avancemos en el montaje de traveses, se abrirán frentes de armado y montaje del resto de los largueros L-1 y los puntales o struts, estos últimos están diseñados de canal mon-ten en caja, en la fotografía 3.7 vemos los largueros L-1 y struts, unos montados y otros al nivel de piso esperando ser montados.

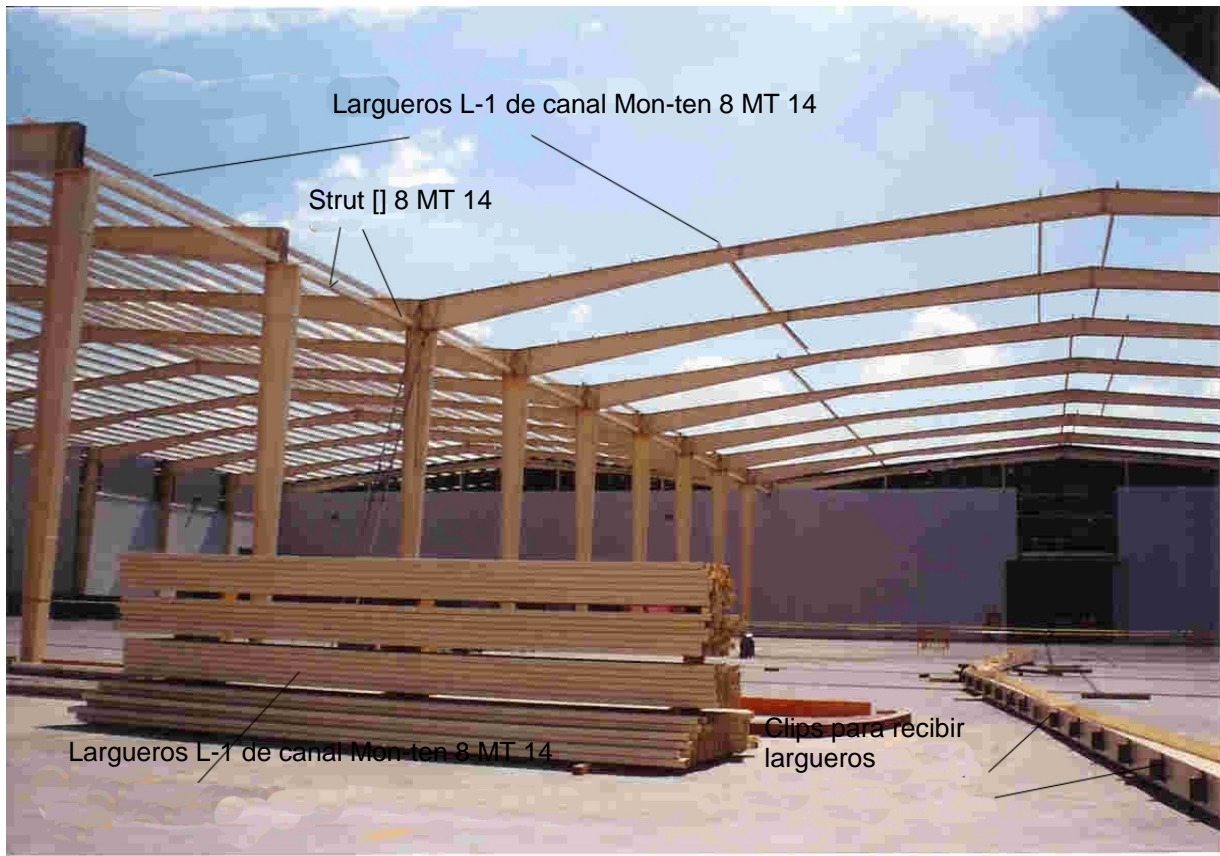


Foto 3.7 Montaje de largueros L-1, struts y clips en traves para recibir largueros

3.5) Montaje de estructura menor del cuarto de máquinas

Para la estructura del cuarto de máquinas tenemos que ligar nuestras traves de vigueta IPR a las columnas E4 de los marcos MA-1, salvando un claro de 15 m, recibéndolas en su otro extremo por columnas de vigueta IPR por dentro del muro perimetral, estas columnas como se mencionó en el capítulo 1 de Generalidades, son recibidas por las anclas AN-2. antes de iniciar con el montaje debemos habilitar los materiales que integran esta armadura, debemos hacer empates de vigueta IPR ya que el largo de las piezas es de 12 m, estos empates por regla se hacen en corte Z y tienen como mínimo, el peralte de la vigueta que se esté uniendo, en el corte paralelo a los patines, ver figura 3.14, de tal forma que si son viguetas de 12" nuestro corte en Z medirá 13" (33 cm).

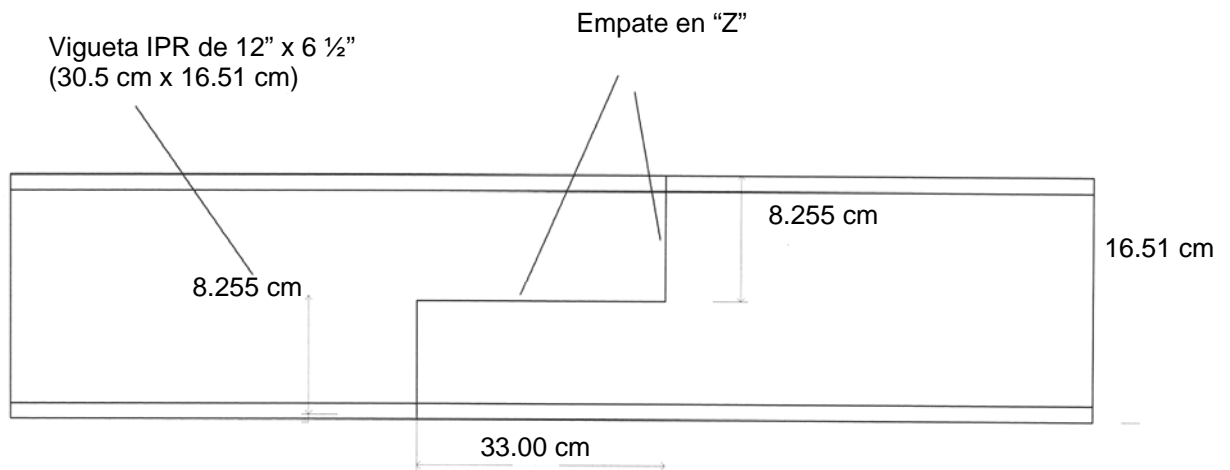


Figura 3.14 Empate de vigueta IPR

Al momento que se hacen los empates necesarios de las viguetas, se cortan y sueldan en su posición las bases que reciben a las traveses de IPR, en las columnas 4 del eje "E" de nuestro marco de 38 m, en donde se aprecia en detalle las dos placas soldadas al patín que servirán de soporte a la trabe de IPR la cual una vez en su posición será fijada finalmente con dos ángulos soldados al alma de 4" x 4" x 1/2", ver figura 3.15.

De la tabla 2.10 sabemos que el peso de cada columna de 12.10 m de altura de IPR es 655.82 kg y de cada trabe de 15.00 m de IPR es 784.40 kg, así que con un hiab en un día podremos hacer el montaje de las 9 columnas y al siguiente día, las 9 traveses.

Teniendo previamente ahogadas las anclas AN-2, llevaremos acabo el mismo procedimiento que hicimos con el montaje de columnas de los marcos, limpiando anclas, colocando tuercas de nivelación y rondanas planas para montar la columna con el hiab, fijarla con las rondanas y tuercas, ver figura 3.11, para plomearlas y fijarlas definitivamente, trabajo que nos llevará medio día para las 9 columnas del cuarto de máquinas.

Una vez montadas las columnas tendemos unos reventones del soporte base de la trabe IPR de la columna E4, a la columna de vigueta, para hacer el trazo exacto en la columna de IPR y colocar las dos placas de soporte de las traveses en la columna de IPR, ver figura 3.15, soldamos los soportes que recibirán a la trabe en la columna de vigueta para poder

proceder al montaje de traves, el cual nos tomará un día más, antes de hacer el montaje de estas se sueldan los clips que recibirán a los largueros L-1 como se hizo con las traves MA-1 y MA-2.

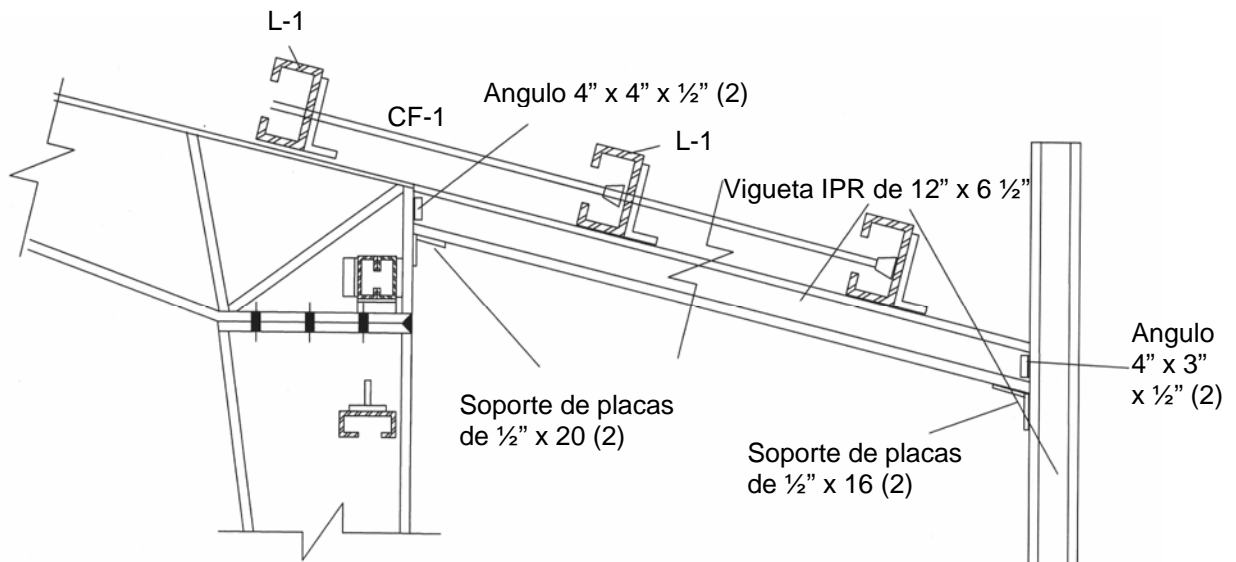


Figura 3.15 Detalles de conexiones y soportes para montaje de cuarto de máquinas

Una vez terminada la colocación de las bases para recibir traves, con el hiab se hacen las maniobras de montaje colocando estrobos, llevando a cabo el primer paso de elevación a 50 cm del piso se acomodan estrobos y posteriormente se elevan las traves a su posición, ver foto 3.8, en donde las esperan en cada extremo un soldador, para que en el momento de recibir la pieza en su posición sea soldada.



Foto 3.8 Montaje de traves de IPR para cuarto de máquinas

3.6) Instalación del sistema de contraventeo

Revisando el plano 2.3 encontramos en el proyecto que hay que montar contravientos en las crujías que están entre los ejes: 2-3, 7-8 y 12-13, los contravientos se montan hasta el final, ya que tengamos struts, largueros y contraflambeos montados, ya que estos elementos estructurales en su montaje se tensarán en uno de los extremos en donde atravesarán el alma de los marcos a través de un agujero oblongo, el cual les permita cierto juego, esto podemos apreciarlo bien en la figura 3.16.

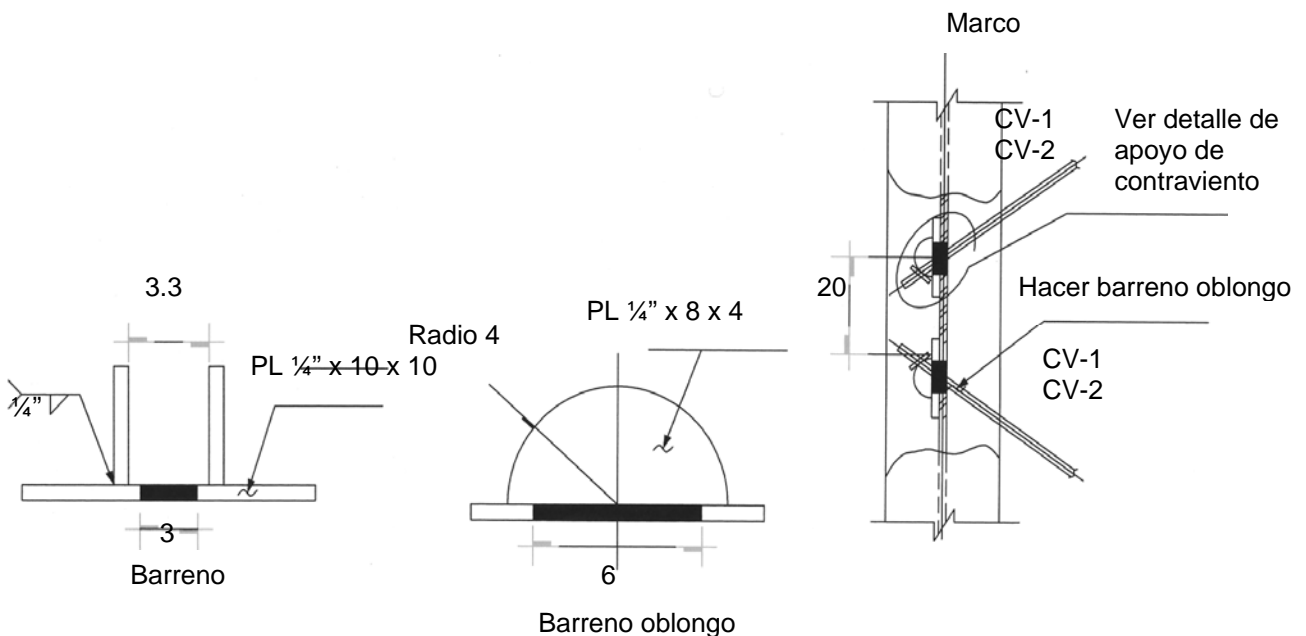


Figura 3.16 Detalle de conexión de contravientos

Por diseño en planos los contravientos tanto CV-1 como CV-2 serán de redondo de 1", ya que son tramos de 8.90 m y 8.50 m y en una conexión deberán tener cuerda para tensarlos, es difícil que en el torno puedan manipular piezas tan grandes, se le hace una rosca de 30 cm a tramos más pequeños de un metro, y posteriormente se empatan las dos piezas para lograr un contraviento de los 8.90 m que requerimos, esto lo podemos ver más claramente en la figura 3.17.

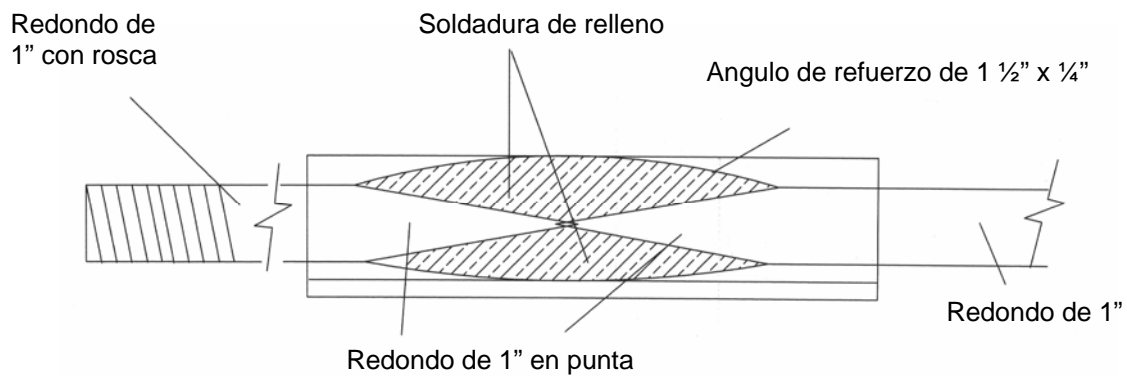


Figura 3.17 Empate de redondos para habilitar CV-1 y CV-2

En las tres crujías en que montaremos los contravientos entre los ejes: 2-3, 7-8 y 12-13 también se deben montar entre columnas, para este proyecto que tenemos 9 m de altura están diseñados dos tramos, esto es una cruceta a media altura de columnas y otra de la mitad a la base de la columna.

3.7) Armado de estructura para recibir fachada de lámina

Para el armado de la estructura que recibirá la lámina de la fachada, revisaremos los planos 2.4 y 2.5, donde encontramos los detalles y materiales que integran a esta estructura, podemos apreciar en estos planos que en los ejes "1" y "9" tenemos columnas PT-1 de vigueta IPR de 10" x 5 3/4" con una altura de 12.10 m y en los ejes "A", "C", "E" y "F" se utilizarán las columnas de los marcos donde conectaremos los largueros L-2 de canal mon-ten del mismo perfil que utilizamos para los largueros L-1 y struts de la cubierta de la nave que presentamos en los subcapítulos anteriores.

Para el montaje de columnas PT-1 de esta estructura procederemos de la misma forma que lo hicimos para el montaje de las columnas de vigueta IPR CA-1 para el cuarto de máquina expuesto en el subcapítulo 3.5, revisando los detalles de conexiones en los planos 2.4 y 2.5 observamos la forma como montaremos largueros L-2, contraflambeos CF-1 y la trabe TA-3, así mismo podemos ver que en los diferentes ejes tenemos en

algunos casos estructura de piso a techo, en otros un muro de 3 m de altura desde donde se desplantará la fachada de lámina.

La solución de conexión de los largueros L-2 a los marcos MA-2 y MA-1 la podemos revisar a continuación en la figura 3.18, en donde vemos que está diseñada a partir de placa de $\frac{1}{4}$ " x 20 cm x 30 cm (2) esto es para el eje "9", para una mejor ubicación ver plano 2.4 detalle 10, para el eje "1" que aparece en este plano se modificó la fachada rematando en el patín superior de las traves, ver foto 3.9, en lugar de llegar a los 12.10 m mediante la fijación de los postes PT-2.

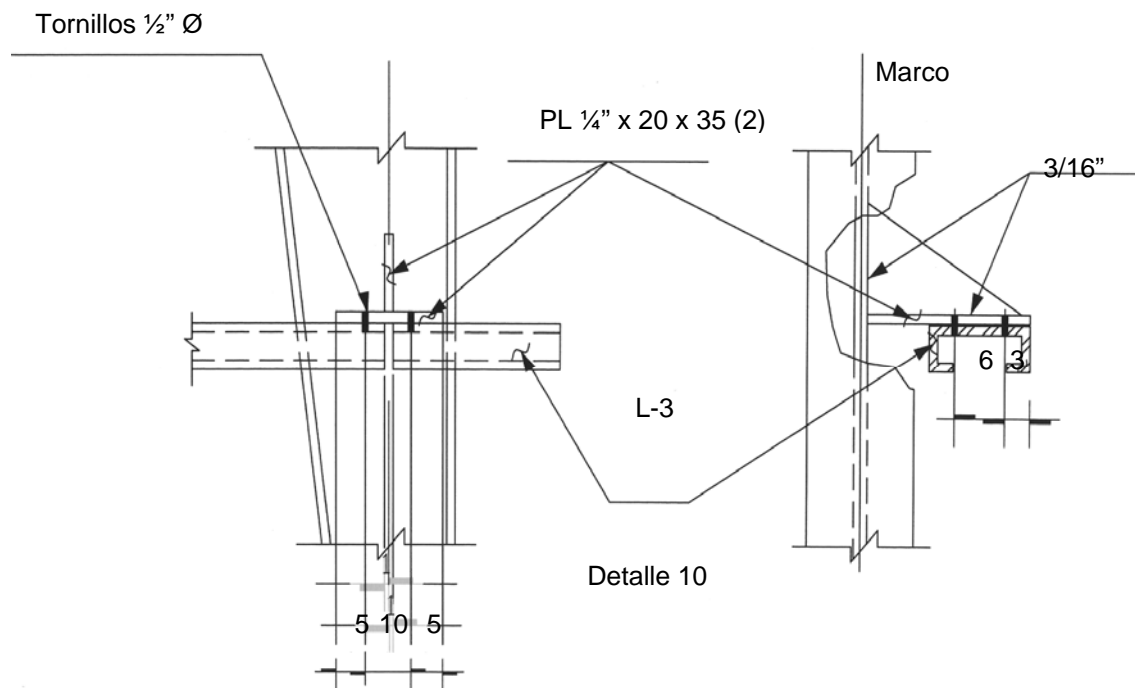


Figura 3.18 Conexiones de estructura de fachada a marcos MA-1 y MA-2

Para el caso de los ejes "A", "C", "E" y "F" del plano 2.5, encontramos la solución de la conexión en la figura 3.19, en el detalle 11, en donde podemos apreciar el soporte de placa de $\frac{1}{4}$ " x 15 cm x 20 cm, esta solución aplica para postes PT-1, CA-1 y marcos MA-1, MA-2 según sea el caso.

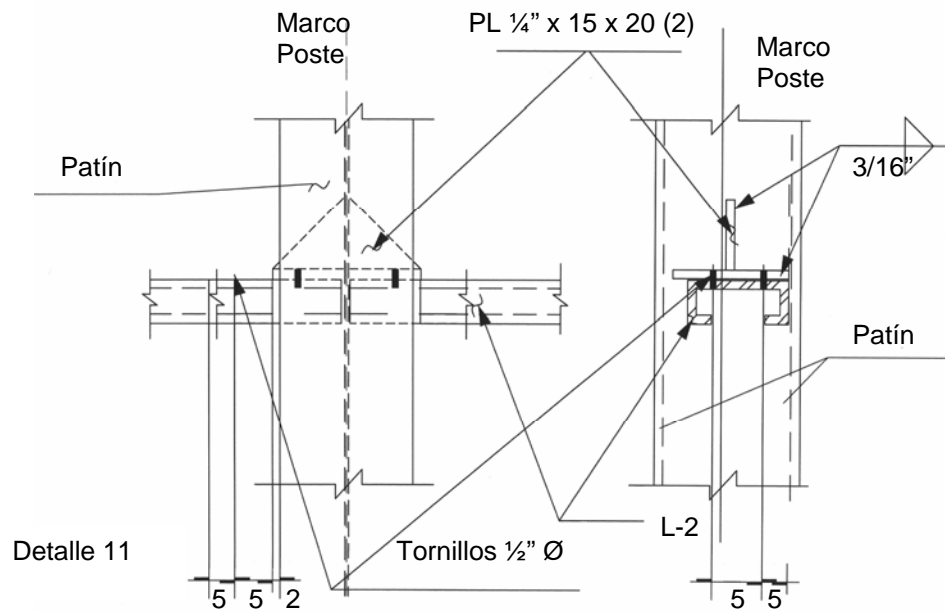


Figura 3.19 Conexiones a postes PT-1, columnas CA-1 y marcos MA-1, MA-2

En la foto 3.9 podemos ver el avance de la estructura para la fachada del eje “1”, donde se aprecian los PT-1, L-2 y CF-1 contraflambeos los cuales montaremos igual que lo hicimos en la cubierta con los largueros L-1, ver figura 3.13.



Foto 3.9 Estructura de fachada en eje 1

Para el caso de fachada con muro de 3 m de altura tenemos el detalle 14 que podemos ver señalado en el plano 2.5 y que a continuación podemos revisar en la figura 3.20, en donde a cada metro de distancia se colocaron barrenanclas de ½" al larguero L-2, el cual descansa sobre la dala DA-1.

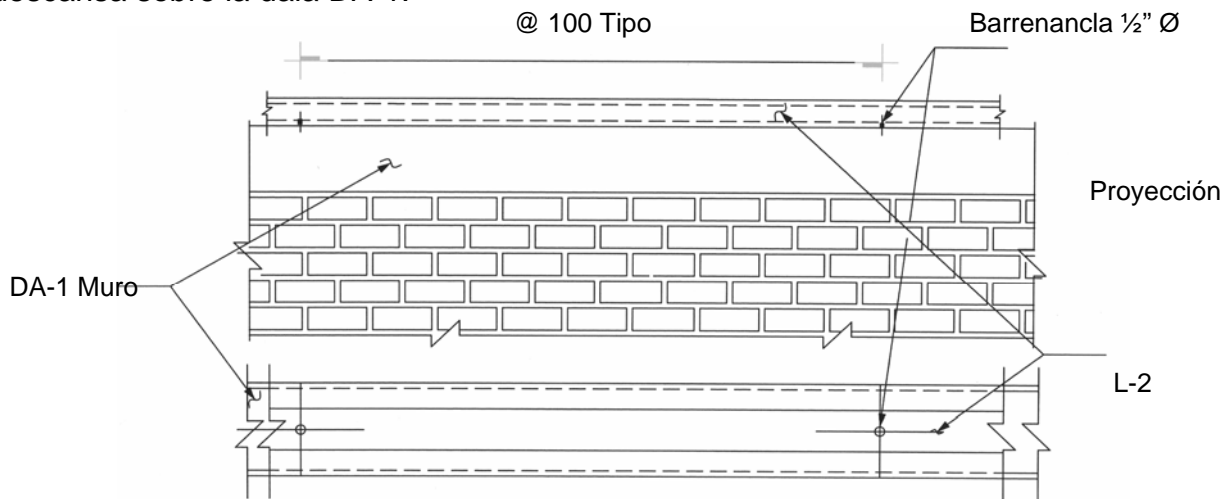


Figura 3.20 Anclaje de largueros a muros de block de 3 m de altura

En la fotografía 3.10 podemos ver gráficamente los largueros L-2 sobre el muro, contraflambeos CF-1 así como los PT-1 y struts, en la intersección del eje “1” y “E” de los marcos MA-1, ver plano 2.3.



Foto 3.10 Vista de eje “1” y eje “E” largueros, contraflambeos y postes PT-1 para fachada

Los contratistas en estructuras metálicas, dependiendo del proyecto y políticas que cada compañía implementa para desarrollar esta actividad, en algunas ocasiones también colocan la lámina de las cubiertas y fachadas de las estructuras que arman, en este proyecto el contrato de laminado se le dio a una compañía especializada en esa área, ya que cada día, con los avances tecnológicos en las diferentes ramas de la ingeniería y la construcción, la especialización se hace más frecuente, por tal motivo el alcance de este trabajo llega hasta lo expuesto hasta ahora, planteando en el siguiente capítulo la supervisión de obra.

4) SUPERVISION DE OBRA

En este capítulo presento los aspectos mínimos de supervisión que un proyecto, como el que se expone en este trabajo, requiere, así como algunos aspectos de seguridad que se deben implementar.

4.1) Coordinación de actividades

La supervisión es la actividad de apoyar y vigilar la coordinación de actividades de tal manera que se realicen en forma satisfactoria. Su objetivo es controlar tiempo, calidad y costo de la obra, para efectos de esta tesis, encontramos diferentes niveles de supervisión al contratista en estructuras metálicas; la externa, la interna de obra y la particular.

Externa al estructurista (clientes e inspección oficial), es en donde los clientes comúnmente contratan a una empresa de control de calidad, la cual llevará a cabo la certificación de que las soldaduras cumplan con las normas y las especificaciones de proyecto, así como de los materiales que intervienen en el mismo, además de contratar el control de calidad, en algunos casos el cliente contrata compañías especializadas en la supervisión de obra, la cual supervisará al residente o superintendente de obra además de los contratistas que intervengan en ella.

Supervisión interna de la obra, es donde el cliente, por medio del superintendente o el residente de obra, supervisan y coordinan todas las actividades de la obra, incluyendo la estructura metálica.

Particular es la supervisión que llevamos a cabo como contratista nosotros mismos o a través de un residente que contratemos para este fin.

El contratista en estructuras metálicas o su residente, debe de ejercer la coordinación de actividades, teniendo en mente todas las actividades que se deben desarrollar en todo el proceso de habilitado, armado y montaje, apoyándose en el programa de gráfica de

barras, supervisará que las diferentes actividades programadas se estén realizando en tiempo y forma, y en el caso de que por causas ajenas a la compañía estructurista, una actividad se detenga, deberá movilizar a la gente a otras actividades que se puedan ir adelantando (si esto es posible) con el objeto de que el impacto en tiempo que cause la actividad suspendida sea el mínimo, evitando hasta donde sea posible los tiempos muertos, los cuales representan altos costos que afectan al presupuesto; para llevar esta coordinación con la supervisión de obra, debemos recurrir a la bitácora de obra, la cual nos servirá para formalizar los acuerdos que se tomen con la residencia de obra civil, ya que la bitácora de obra es uno de los elementos que forman parte del sistema de control de desarrollo de las obras, por su carácter legal que, para efectos técnicos, tiene la misma legalidad que el contrato.

El supervisor de obra como representante del cliente se vale de la bitácora para ordenar la obra, regular su desarrollo y ejercer el control de la misma. La bitácora como instrumento de control, fue concebida pensando en la supervisión, cuando se encuentra una libreta de bitácora elaborada con propiedad, tenemos la seguridad de que refleja una obra limpia, ordenada y ejecutada conforme a un buen ejercicio del oficio de la construcción.

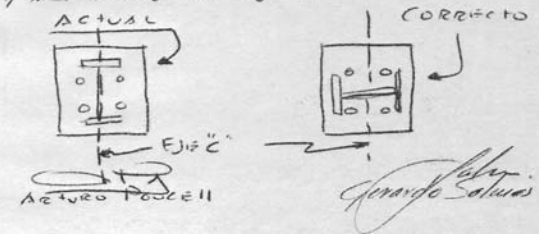
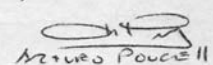
La bitácora de obra se utiliza para anotar en ella cualquier situación que se presente durante el desarrollo de los trabajos de construcción que sea diferente a lo establecido en los anexos técnicos de contratación, también sirve para protegerse de ordenes verbales, que con frecuencia se desconocen a la hora de presentar su costo al cobro. También se utiliza para exigir los elementos que le sean indispensables para realizar la construcción y que el contratante tiene obligación de proporcionar, además se usa la bitácora para documentar cuando no se esté de acuerdo con lo que se ordena, siempre y cuando tenga motivos debidamente fundamentados.

La función más importante de la bitácora para el supervisor, es la de constituir una herramienta de control, que le permita mantener las riendas que controlan el avance de la obra y obtener los resultados preconcebidos del proyecto, a continuación describiré el formato de la bitácora de obra del proyecto presentado en esta tesis: Es una libreta de pasta rígida de tamaño carta, cuyas hojas deben ser foliadas en orden progresivo y

consecutivo, con columnas para consignar fechas y números de notas en orden cronológico y numeración progresiva, cada hoja deberá contar al menos con dos copias igualmente foliadas, de las cuales una corresponde al supervisor y otra al contratista; el original y una copia deberán ser desprendibles no así la segunda copia la cual queda integrada como libreta, ver foto 4.1 como ejemplo de una hoja de bitácora de obra.

BITÁCORA DE OBRA

Fecha / / Folio N° ¹⁹ / Anexo N°

Nº	FECHA	CONCEPTO
1	7/MAY/00	Cemex no surtira mas concreto hasta que se liquide el adeudo pendiente. G.S.
2	7/MAY/00	La varilla incremento su costo en un 5% a partir del 7/MAY/00 Gerardo Salinas
3	15/MAY/00	EL HUACAL UBICADO EN EJE C-5 SE ENCUENTRA MAL COLOCADO HAY QUE QUITARLO Y AMARRARLO AL EJE C- 
4	18/MAY/00	SE LE DIO INSTRUCCIONES A "LA ESTRUCTURAL SA DE C.V." CON RESPECTO A QUE EN EL EJE "1" EL REMATE PARA LA ESTRUCTURA DE LA FACHADA, QUEDARÁ EN EL PATÍN SUPERIOR DE LOS MARCOS MA-1 Y MA-2 ELIMINANDO LOS POSTES AT-2 QUE SE DESPLANTARÁN DEL PATÍN SUPERIOR DE ESTOS MARCOS PARA LLEGAR A UN NIVEL DE 12.10M COMO ESTABA ESTIPULADO EN PROYECTO ORIGINAL. 

Elaborado por: Gerardo Salinas Inter'ib Recibido por: Arturo Poucell

Foto 4.1 Hoja de bitácora de obra de la nave industrial

Dentro de la supervisión particular, para la coordinación de actividades debemos estar en estrecho contacto con el residente de la obra civil, como ejemplo podemos mencionar la adecuada colocación de las anclas AN-1, AN-2, AN-3 y AN-4 en los dados, siguiendo el plano 3.1, si la supervisión que se ejerce en todos los procesos de habilitado, armado

y montaje es rigurosa, no debemos tener ningún problema en el supuesto caso de que alguna ancla no sea colocada en el dado asignado conforme al plano 3.1, ya que todos los huacales deberán coincidir con todas las placas base, en esta actividad lo que no podemos pasar por alto es el alineado que debe de hacer la obra civil al colocar los huacales, para este propósito al momento de mandar a perforar las placas base se perforan dos o tres placas de $\frac{1}{4}$ ", en las cuales marcaremos con pintura una raya al centro en la dirección que deberán pasar los ejes de los marcos "A", "B", "C", etc. De este modo el maestro albañil podrá pasar sus hilos por estas rayas marcadas en las placas de $\frac{1}{4}$ " de tal forma que los huacales queden en su lugar, así mismo debemos calendarizar el soldado de los huacales al armado del dado, quedando de mutuo acuerdo con el residente de obra.

También para el montaje de columnas y trabes, se debe hacer una adecuada programación con el residente de obra, una vez que se este en posición de iniciar con el envío de columnas y semitrabes a obra, ya que requerimos que las áreas en donde se llevarán a cabo las maniobras de descarga y posteriormente de armado (para el caso de trabes) y montaje, estén despejadas para llevar a cabo las maniobras con grúa o hiab de una forma segura y rápida.

Así mismo dentro del programa de obra general deberemos de adecuarnos y terminar con aquellas actividades que permitan, a otro contratista, desarrollar su programa de trabajo, como en este caso podemos mencionar la pintura de la estructura, el levantamiento del muro piñón y la colocación de lámina de techumbre y fachadas, esto podemos verlo claramente en la fotografía 3.9, en donde a los marcos MA-1 ya se les colocó la lámina y a continuación seguimos colocando largueros L-1 en la siguiente crujía de marco MA-2 y al fondo se aprecia que falta terminar el montaje de trabes de la última crujía de MA-2.

De una manera sencilla podemos apreciar la metodología de trabajo, desde la recepción del anticipo hasta la terminación de la estructura, en la figura 4.1, la cual refleja todas las actividades que nuestra supervisión particular deberá seguir independientemente de la supervisión de obra y de empresas de control de calidad.

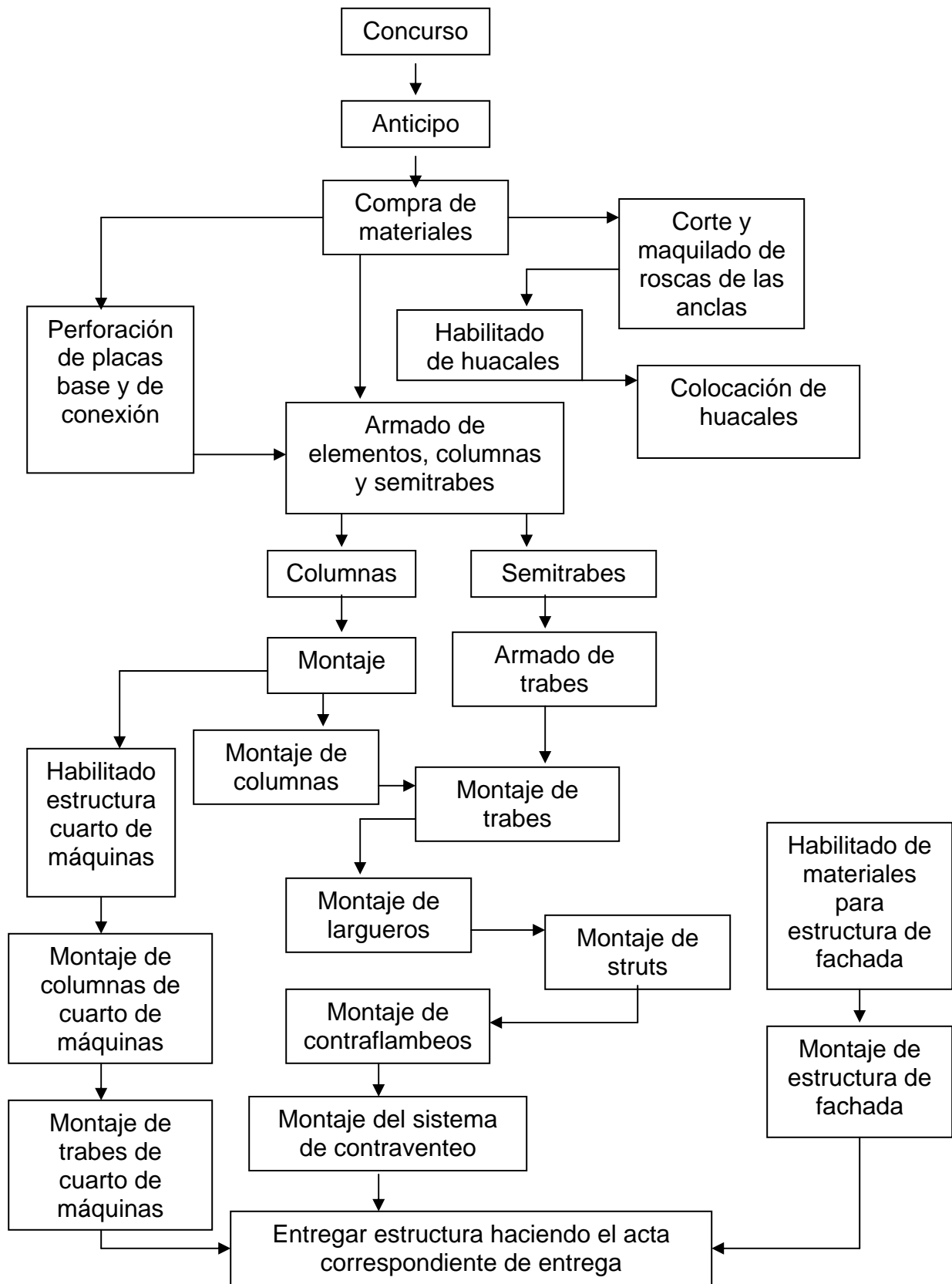


Figura 4.1 Actividades de la supervisión particular

4.2) Suministro de insumos menores

Revisando el subcapítulo 2.6 de Consumibles, vemos que tenemos una variedad de materiales que requerimos, para el desempeño del trabajo como lo son; soldadura, oxígeno, gas butano, gas carbónico (dióxido de carbono) y conos de desgaste principalmente, para el desarrollo de actividades sin retrasos y tiempos muertos, es recomendable un adecuado manejo de una bodega con estos materiales, de tal forma que en cuanto se termine cualquiera de estos contenedores con material en bodega, para en ese momento suministrar el material necesario para continuar con los trabajos, ya que en ocasiones con los gases, como el oxígeno y dióxido de carbono, el proveedor promete la entrega ese mismo día y en la mayoría de las veces no se cumple con la entrega, ocasionando que tengamos personal detenido sin trabajar a causa de la falta de consumibles provocando contratiempos y retrasos, de tal manera que manteniendo un pequeño inventario de estos consumibles podremos estar seguros de que vamos a estar cubiertos en este tema y no vamos a tener ningún contratiempo, a causa de los consumibles, llevando nuestro programa lo mejor posible.

Es recomendable seguir normas de seguridad estrictas al manejar nuestros consumibles, tanto en bodega como en taller y campo, ya que los gases oxígeno y gas butano son altamente inflamables y como vienen en tanques a presión es recomendable tener tanques que estén en perfectas condiciones, libres de óxido, sin fugas y con válvulas en buen estado, así como los equipos para corte, los cuales usan manómetros para controlar la salida de los gases que se mezclan en el soplete con el cual se efectúan los cortes.

En el tema de la seguridad, como lo vimos en el capítulo 2.6, se considera la inversión en equipos de protección para los trabajadores, ya que es responsabilidad del residente que esta realizando la supervisión, el que todos los trabajadores hagan uso de sus equipos de protección, debido a que un armador, soldador o montajista que este trabajando a 9 m de altura, si no usa adecuadamente las líneas de vida, puede sufrir un accidente de consecuencias fatales.

Por otro lado, el estar pendiente del uso adecuado, por parte de los trabajadores, de los equipos y verificar el estado de los equipos como manómetros, válvulas, pistola de corte, caretas de soldador, etc.

En muchos casos se debe de hacer una ardua labor para concientizar a los trabajadores, debido a que por cuestiones de idiosincrasia y educación, argumentan que les estorba el equipo de protección, y a veces encontramos soldadores que utilizan solo el vidrio ahumado sin careta, pretextando que les da calor con la careta completa o no utilizan los cascos mientras están trabajando en la obra, en fin, se pueden enumerar una gran cantidad de excusas para no utilizar equipos de protección que por bien del personal y por norma se deben usar.

4.3) Revisión de soldaduras

Esta es una de las responsabilidades de mayor importancia del residente y del estructurista, en donde una supervisión minuciosa nunca está de sobra, en ocasiones es necesario ponerse la careta de soldador para ver si nuestro soldador está aplicando los cordones adecuadamente, a simple vista podemos ver si los cordones están disperejos, cacarizos o están más cargados a algún lado de las piezas a unir, ver figura 4.2, lo que nos ocasionará que nuestras uniones estén fuera de proyecto y sean rechazadas.

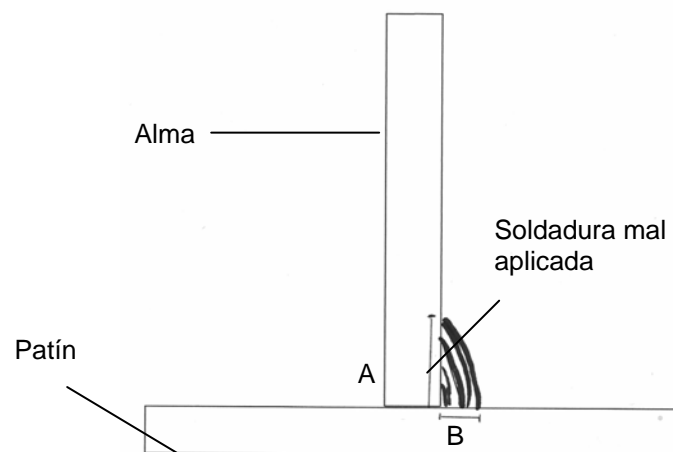


Figura 4.2 Soldadura mal aplicada, abarca más a el alma que al patín $A > B$

Como se presentó en el capítulo 4 de Armado y Montaje, tenemos diferentes especificaciones de soldaduras, si por ejemplo tomamos la de 3/16" (5 mm), de pierna significa que el cordón de soldadura deberá quedar alineado abarcando las dos piezas a unir en partes iguales, de 5 mm por lado, ver figura 4.3.

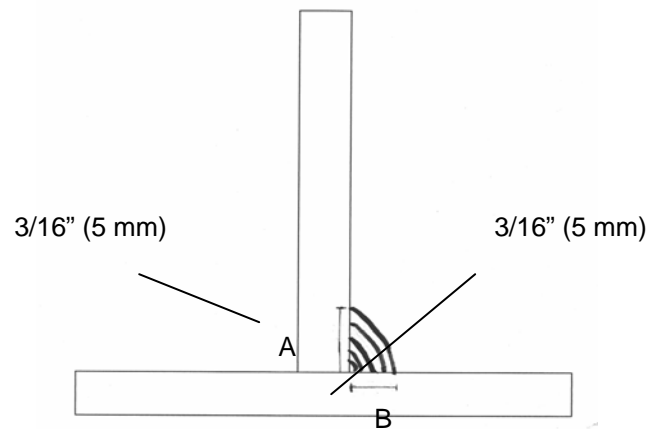


Figura 4.3 Cordón de soldadura bien aplicado A = B

Como lo mencionamos en el subcapítulo 3.1, antes de unir dos piezas se deben de pulir con el cono de desbaste, tanto el filo del alma que será soldada, como la zona en el patín donde se soldará el alma para exponer el acero que será unido por la soldadura, ya que al salir de fundición queda una cáscara de material requemado que no tiene las propiedades del acero que pretendemos unir.

A continuación presentaré algunos conceptos básicos para hacer la inspección ocular de soldaduras que se esté aplicando, ver fotografía 4.1.

1.- Para el caso de rebajes, el problema es que tenemos la corriente demasiado alta, en donde el arco produce un zumbido, así como un cráter largo y puntiagudo. La varilla de soldadura se derrite con rapidez y se enrojece antes de consumirse, el ancho del cráter deja rebajes en el cordón.

2.- Los traslapes se presentan por hacer el movimiento muy lento, en donde se acumula un exceso de metal que inunda al cráter para producir traslapes, la escoria derretida que fluye por delante del cráter podría producir bolsillos de gas e inclusiones de escoria.

3.- Estos rebajes se producen por el movimiento demasiado rápido, el cráter no ha tenido el tiempo suficiente para penetrar en el metal, el pequeño cordón no puede llenar este cráter de poca profundidad en todos los puntos, dando esto lugar a rebajos.

4.- Las salpicaduras se presentan haciendo el arco demasiado alto, los glóbulos de metal derretido de la varilla producen salpicaduras sobre el acero del trabajo, exactamente como sucede cuando la corriente es excesiva, el arco emite un sonido silbante.

5.- El cordón alto se da debido a la corriente demasiado baja, es difícil producir y mantener el arco, el metal de la soldadura simplemente permanece sobre el acero sin penetrar, o lo penetra muy poco, el cráter es demasiado angosto y muy poco profundo.

6.- Por último tenemos un cordón normal, el arco produce un sonido similar a un chisporroteo, indicando que su longitud es correcta, el metal de la soldadura llena el cráter de borde al moverse la varilla a un ritmo uniforme.

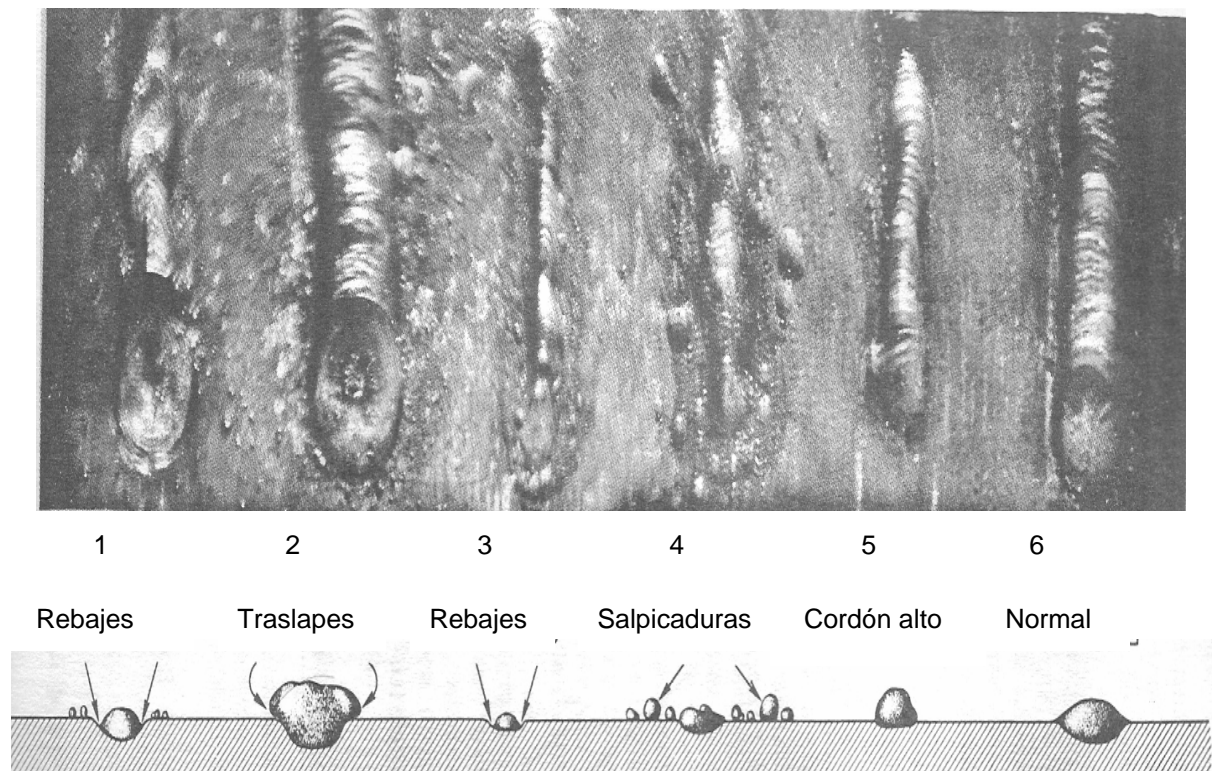


Foto 4.1 Diferente fallas en cordones de soldadura

Cabe mencionar que si tenemos experiencia en hacer la inspección ocular, y la soldadura se aprecia como buena tenemos un 90% de probabilidad de que la radiografía o cualquier otra prueba la de por buena.

Un arco demasiado largo produce una luz muy blanca y brillante, así como un sonido de chisporroteo, se pueden ver gotas de metal derretido de soldadura cayendo de la varilla en donde las salpicaduras rodean a la soldadura, ver figura 4.4.



Figura 4.4 Arco muy largo

Un arco de longitud correcta produce una luz menos blanca que un arco largo, creando un sonido de chisporroteo continuo, no se ven gotas de metal derretido y el charco parece hervir con suavidad, ver figura 4.5.

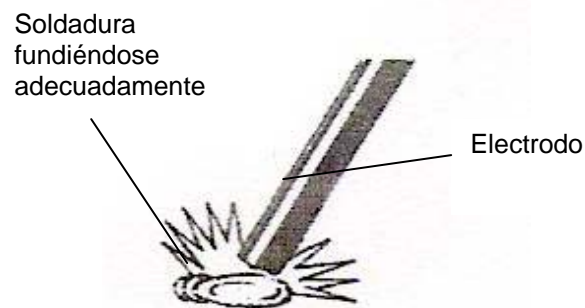


Figura 4.5 Arco correcto

Después de la inspección ocular que acabamos de exponer, si nuestro cordón es de apariencia normal, los errores más comunes que se presentan en las soldaduras radiografiadas es que tengan un alto porcentaje de porosidad o burbujas, lo que la debilita, en la práctica es muy común que se presente en varias secciones de soldadura este problema ya que una ráfaga de viento puede afectarnos de esta forma, y como en muchas ocasiones se trabaja en alturas, es común tener esta deficiencia, las empresas

de control de calidad cuentan con tablas y métodos para calificar las soldaduras de tal suerte que dependiendo del espesor de las piezas a unir, y la dimensión de diseño de la pierna de la soldadura será el porcentaje que se acepta de porosidad en una soldadura. Para compensar este problema hemos recurrido a aplicar como mínimo un 50% más de soldadura de la especificada en planos, esto es, si solicitan cordones de soldadura de $\frac{1}{4}$ " (6 mm) nosotros aplicamos $\frac{3}{8}$ " (9 mm), para este proyecto vimos que solo se debería aplicar soldadura a un solo lado de los elementos a unir, en donde aplicamos soldadura por las dos caras aumentando la soldadura en un 100%, el costo extra en soldadura nunca será significativo comparándolo con los beneficios que se obtienen de hacer un trabajo bien hecho, además debemos implantar políticas de calidad y solo aplicar soldadura de la mejor calidad que encontremos en el mercado, ya que en muchas ocasiones ahorros mal entendidos pueden salirnos muy caros, como lo sería el comprar soldadura de dudosa procedencia que en ocasiones llegan a ofrecer a los talleres.

La soldadura es el tema más importante en las estructuras metálicas, de tal suerte que las empresas que se dedican al control de calidad en la construcción, cuando hay estructura metálica involucrada, este es el renglón en el que más atención se pone atención, debido a que errores en uniones y conexiones de elementos pueden causar el colapso parcial o total de toda la obra; existen diversas pruebas que se le practican a las soldaduras, las cuales son: ultrasonido, líquidos penetrantes y radiográfica, esta última es la más cara, pero la más confiable.

En la tabla 4.1, que presento a continuación podemos revisar un reporte de soldaduras radiografiadas, en donde encontramos la ubicación de los diferentes elementos revisados, la película, tipo de defectos encontrados y calificación de la soldadura, siendo esta prueba la más cara, pero la más completa.

En la tabla 4.2 encontramos un reporte de soldaduras mediante la prueba de líquidos penetrantes por el método de asperjado, en esta prueba se mide la penetración del ácido y rapidez de penetración del ácido, que sirven para tal efecto, midiendo la porosidad y socavado, siendo esta la prueba más económica; en la figura 4.6 podemos ver la ubicación de las pruebas de líquidos penetrantes.

CLIENTE: Nave industrial		FECHA 16 de abril del 2000	
OBRA Tesis profesional		LUGAR Querétaro, Querétaro	
FUENTE Iridio-192		TIPO DE PELICULA Kodak Clase II	
ACTIVIDAD 7 Ci		PANTALLAS Plomo	
PUNTO FOCAL 0.118" x 0.128"		TECNICA PELICULA Simple	
DISTANCIA F.P 10"		TECNICA DE EXPOSICION Simple pared	
PROCEDIMIENTO DE INSPECCION N° IAR TRT 001		PENETRIMETRO N° 20	
NORMA DE INTERPRETACION AWS D1.4		PIEZA A RADIOGRAFIA Uniones soldadas a tope	
		N° PELICULAS 8 de 70 x 200 mm	

IDENTIFICACION DE LA RADIOGRAFIA	N° DE PELIC	DEFECTOS	RESULTADO		OBSERVACIONES LUGAR DEL DEFECTO
			BUEN	MAL	
Columnas					
Eje A1-1, A2-1, A3-1	P-1	P, LE	X		Dentro de rango
Eje A4-1, A5-1, A6-1	P-2		X		
Eje A7-1, A8-1, A9-1	P-3	P, LE	X		Dentro de rango
Eje A10-1, A11-1, A12-1	P-4		X		
Eje A13-1, A14-1	P-5		X		
Trabes					
Eje 1, A-B, B-C	P-6		X		
Eje 1, C-D, D-E	P-7	P	X		Dentro de rango, semitrabe 1
Eje 2, A-B, B-C	P-8		X		
Eje 2, C-D, D-E	P-9		X		

NOMENCLATURA DE DEFECTOS				EN FUNDICION	
EN SOLDADURA					
IE Inclusión de escoria	CB Corona a baja	R Rotura (grieta)	A Gas y sopladuras	B Inclusiones y manchas de arena C Contratación Interna D Desgarramiento en caliente E Grietas F Falta de Fusión en moldura P Pipe (formación gaseosa cilíndrica) Los números corresponden a la clasificación del defecto por su intensidad.	
LE Línea de escoria	CR Concavidad en la raíz	RE Relleno extraño	B		
P Porosidad	DEL Doble línea de escoria	RLS Rotura longitudinal en Soldadura	C		
PA Porosidad aglomerada	DP Desalineamiento de las placas	RTS Rotura transversal en soldadura	D		
PC Porosidad cilíndrica (tubular)	DS Desalineamiento de la soldadura	RMB Rotura en metal base	E		
PL Porosidad alineada	DT Desalineamiento de los tubos	S Socavado en metal base	F		
PT Poro túnel (cordón hueco)	FI Fondo irregular	SI Socavado interior	P		
PE Penetración excesiva	FF Falta de fusión	SIR Soldadura Irregular			
Q Quemadura	FP Falta de penetración	SS Socavado entre cordones de soldadura			

ELABORO	RECIBO
Control de calidad del Bajío S.A. de C.V.	NOMBRE _____
	FECHA _____
	FIRMA _____

Tabla 4.1 Prueba de soldaduras radiografiadas

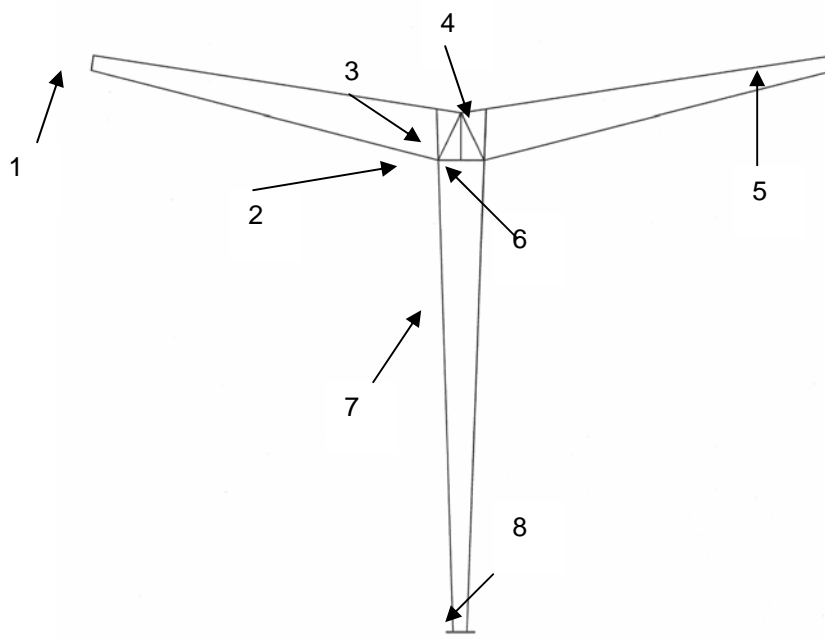
CLIENTE: Nave industrial		FECHA 25 de abril del 2000	HOJA Nº 1/1
OBRA Tesis profesional		LUGAR Querétaro, Querétaro	
INSPECCION REALIZADA EN Columnas			
PROCEDIMIENTO DE INSPECCION Nº IAR-TPT-001		NORMA DE INTERPRETACION AWS D1.1	
TECNICA Aspersión	METODO C	TIPO II	
MARCA COMERCIAL DE LOS PENETRANTES : Sherwin			
LONGITUD O AREA INSPECCIONADA 6.0 m		Nº SPOTS 16	

Nº	LOCALIZACION	RESULTADO		DEFECTOS	OBSERVACIONES
		BUENA	MALA		
Los resultados de este reporte únicamente avalan las indicaciones detectadas en la superficie de la soldadura, no así los perfiles y dimensiones de las mismas.					
	Se anexa croquis de ubica	*			
		*		S	
		*			
		*			
		*		S	
		*			
		*			
		*		S	
1		*		S	
1		*		SP	
1		*			
1		*		S	
1		*			
1		*		S	
1		*			

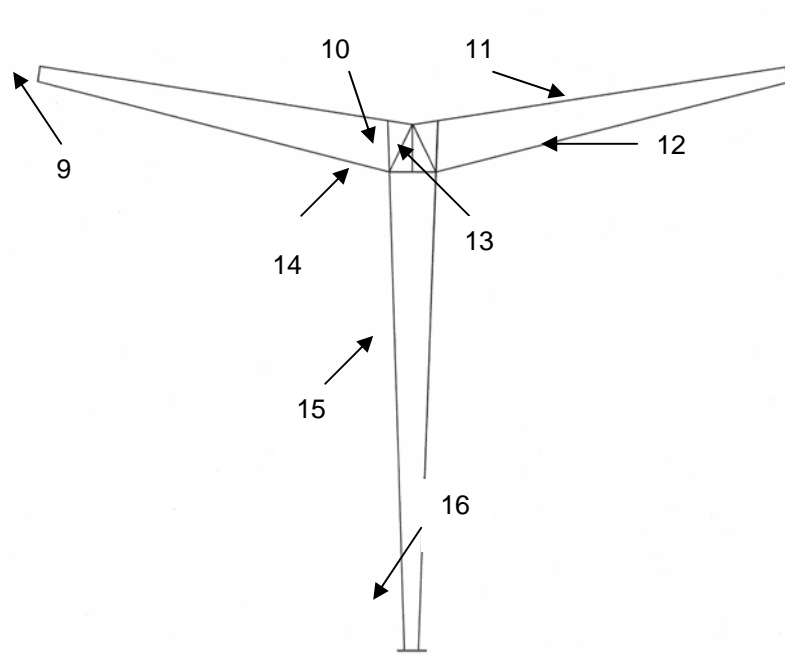
NOTAS* (S) Socavado (P) Poros

<p align="center">ELABORO</p> <p>Control de calidad del Bajío S.A. de C.V.</p>	<p align="center">RECIBIO</p> <p>NOMBRE _____</p> <p>FECHA _____</p> <p>FIRMA _____</p>
---	--

Tabla 4.2 Prueba de soldaduras por líquidos penetrantes



Eje B8



Eje B9

Figura 4.6 Ubicación de las pruebas de líquidos penetrantes

En la tabla 4.3 podemos revisar un reporte de la prueba por ultrasonido de las soldaduras, en donde se especifica el spot donde se hizo la prueba, esta prueba es de costo intermedio, quedando como la más cara, la de radiografías.

CLIENTE: Nave industrial				FECHA: 26 de abril del 2000				HOJA: 1/1			
OBRA: Tesis profesional						LUGAR: Querétaro, Querétaro					
CONEXIÓN: Placa a placa						PLANO N°: S/N					
MATERIAL: ASTM A-36			ESPESOR: .500"			PLACA X		PIEZA VACIADA: OTRO			
						TUBO		PIEZA FORJADA:			
INSTRUMENTO MARCA: Krautkramer				MODELO: USN-50				SERIE N°: 602005			
TRANSDUCTOR MARCA: Dupont				MODELO: AWS 0256		TAMAÑO: .625" x .625"		MHZ: 2.25		SERIE N°: 016103	
ACOPLADOR: Gel						FUENTE DE ENERGIA: Línea 110 volts					
						BATERIA X					
BLOK (S) DE CALIBRACIÓN: II W TIPO I				PROCEDIMIENTO DE INSPECCION N°: IAR-TUT 001							
				NORMA DE INTERPRETACION: AWS D1.1 Sección 6 Parte F							

JUNTA A TOPE						JUNTA EN T					

Soldadura N°		Espesor:	Defecto N°:	Leg V. Path		Angulo de Transductor	Decibelios o Amplitud				Localización del defecto			Evaluación	
1	2			Nivel dB de referencia	Nivel dB de indicación		Factor dB de Atenuación	Rating dB del Defecto	Distancia Angular	Longitud	Profundidad	DISTANCIA		A Acceptable I Inacceptable	Clase del Defecto
Se realizó la inspección de 10 uniones soldadas, de las cuales 1 presentó indicaciones fuera de especificación.															
4	.500"	1	1	70°	42	38	0	-4	1.1"	12"	.376"	0"	0"	A	A
8	.500"	1	1	70°	42	38	0	-4	1.1"	12"	.376"	0"	0"	A	A
12	.500"	1	1	70°	42	40	1	-3	1.3"	12"	.444"	0"	0"	A	A

N° Spot	Elemento	Eje	Nivel
1	Placa a Placa	A-2	1.50 m
2	Placa a Placa	A-2	4.60 m
3	Placa a Placa	A-3	0.60 m
4	Placa a Placa	A-3	2.35 m
5	Placa a Placa	A-4	1.20 m
6	Placa a Placa	A-4	3.70 m
7	Placa a Placa	A-5	4.20 m
8	Placa a Placa	A-5	8.10 m
9	Placa a Placa	A-6	2.60 m
10	Placa a Placa	A-6	8.90 m

Longitud total inspeccionada: 7.62 m

<p style="text-align: center;">ELABORO</p> <p>Control de calidad del Bajío S.A. de C.V.</p>	<p style="text-align: center;">RECIBIO</p> <p>NOMBRE _____</p> <p>FECHA _____</p> <p>FIRMA _____</p>
--	---

Tabla 4.3 Inspección de soldadura por ultrasonido

Desde el punto de vista del estructurista, es bueno el tener la supervisión de este tipo de empresas, ya que un tercero certificará, mediante radiografías, los cordones de soldadura que se están aplicando, revisando que estas soldaduras cumplan con los diseños de los planos estructurales.

4.4) Supervisión de maniobras de montaje

En las maniobras de montaje es indispensable, al momento de llegar la grúa o hiab, la inspección detallada de estrobos y perros, debido a que estos elementos pueden encontrarse en mal estado debido al uso, ya que los estrobos están hechos de cables de acero trenzados entre sí, después de un tiempo de uso empiezan algunos de estos cables del trenzado a trozarse, quedando en algunas secciones del cable con menos hilos, obviamente debilitándose en esa sección, en el caso de los perros también deben encontrarse en buen estado, pues si estos se encuentran debilitados por el óxido, o en mal estado, pueden fallar, soltando repentinamente al elemento que se este montando.

Para las maniobras de montaje de traveses, por lo general el operador de la grúa o el del hiab son gente preparada y con experiencia, dependiendo del peso que van a mover saben como deben colocar su equipo, para que no se dificulte el levantamiento del elemento en cuestión, aún así es una práctica sana utilizar el sentido común cuando se van a hacer este tipo de maniobras y si es necesario cuestionar a los operadores de grúas de cómo piensan hacer la maniobra, ya que en ocasiones por exceso de confianza en la labor que realizan estos operadores pueden incurrir en prácticas riesgosas, que podemos prevenir si ejercemos una buena supervisión.

4.5) Conciliación de estimaciones

Es importante, antes de firmar el contrato de la obra, el acordar con el cliente un esquema de pagos contra avance, tanto en armado en taller, como en montaje de obra, por lo general como se maneja por kg, es factible hacer las estimaciones utilizando esta base, ya que del capítulo 2 de Proyecto Ejecutivo, conocemos los pesos de cada

elemento, es sencillo el cuantificar cada elemento que se arme, ya sean columnas o semitrabes.

En este aspecto debemos manejar muchas variantes, ya que como en la presentación de un presupuesto, cada empresa implementa sus políticas que más le convienen y dependiendo del cliente que nos este invitando a participar en un proyecto específico. Para el caso de este proyecto, negociamos un anticipo del 50%, el cual se utilizó íntegro para la compra de materiales, un 25% al recibir el material en taller, esto con el objetivo de tener suficiente flujo de capital para poder afrontar los gastos de consumibles y sueldos. El 25% restante se maneja conforme al avance de obra, de tal suerte que programamos estimaciones cada 15 días para darle continuidad a la obra.

En este tema el contratista deberá ser un buen administrador, ya que se reciben cantidades de dinero fuertes y en muchas ocasiones, utilizan parte del anticipo para gastos que no competen al proyecto en cuestión, tomándolo como parte de la utilidad calculada y en muchos casos surgen imprevistos de diferente índole, que al final de la obra no les terminan de saldar la cantidad pactada, quedando ellos con adeudos a ferreteras y proveedores, los cuales generan intereses muy fuertes dando cabida a malos manejos administrativos, que a la postre pueden quebrar a la empresa.

5) COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo, se han detallado las acciones que como contratista en estructuras metálicas se deben desempeñar, por último me gustaría comentar, algunos aspectos técnicos y consejos que en el caso de que se presente algún tipo de contratiempo, se pueda solucionar.

5.1) Comentarios

En ocasiones, al estar soldando un elemento, ya sea por cansancio o descuido, el soldador no respeta el orden de soldado, que presenté en el capítulo de Armado y Montaje, y lo hace de corrido, sobrecalentando al elemento, llegándose a torcer en un punto dado, en ocasiones es notorio el defecto a simple vista, pero a veces requerimos pasar un hilo de punta a punta del elemento, con lo cual nos damos cuenta de que la columna o semitrabe presenta secciones curvas, lo anterior se corrige con un soplete denominado calentador, el cual avienta una flama de 25 cm de diámetro, se calienta el lado cóncavo del patín curvado, posteriormente, por el lado contrario al que calentamos, se le aplica un chorrito de agua poco a poco con una latita, se va corriendo hacia el centro en dirección al lado recalentado, al ir enfriando al elemento vemos como la pieza va regresando a su estado original, posteriormente tiramos de nuevo nuestro hilo pudiendo corroborar que el elemento esta en perfecto estado, esto es algo que los soldadores con experiencia conocen bien, siendo esto un punto que se puede cuestionar al momento de contratación de personal.

En ocasiones se nos puede presentar el problema de una soldadura rechazada, que debemos vaciar, o en el caso de que alguna empresa decida cambiar de ciudad, y requiera desmontar su nave y armarla en otra población, tenemos el recurso del arcayeo, el cual se lleva a cabo, con una planta para soldar con un maneral especial el cual porta un electrodo de carbón de arcayeo, y tiene conexión para un compresor para la inyección de aire a presión, así el electrodo de carbón de arcayeo funde la soldadura y con la presión del aire se retira la soldadura de las piezas que unía, sin causarles daño.

Con el argumento del arcayeo, hemos podido proponer modificaciones de proyecto para el caso de estructuras que están diseñadas con contraflambeos atornillados entre largueros de canal mon-ten, ya que el proceso de atornillado es muy laborioso y mucho más tardado que soldar ángulos, en el caso de que la nave sea completamente industrial y en caso de requerir mejor presentación, con un perfil tubular de 1" x 1", además de quedar perfectamente alineados a lo largo de toda la vertiente.

Un punto que omití al darlo como obvio, es la necesaria colocación de orejas de ángulo a las columnas que se van a montar, para que los estobos se atoren, así como soldarles peldaños de ángulo, para que se puedan subir los montajistas que recibirán a las trabes. Estos elementos posteriormente se quitan y pulen las piezas para dejarlas listas para recibir la pintura.

En el caso de que el maestro albañil por error coloque un huacal desalineado, es posible absorber el error si estamos hablando de 2 a 3 mm, ya que para columnas de más de 6 m la flexibilidad del acero nos permite un pequeño rango de movimiento y podemos hacer el montaje de la trabe forzando un poco las columnas, en el caso de que al momento de verificar las medidas de los paños exteriores de columnas de colindancia (1 ó 4) con el eje de la columna intermedia (2 ó 3), tengamos una variación, es posible hacer un ajuste en la placa de unión entre las semitrabes en la cumbreira, colocando un pedazo de placa a manera de cuña en el punto correspondiente al patín inferior, si requerimos abrirla un poco más, después se aprietan los tornillos y se hace el montaje sobre las columnas, una vez montada por especificación de proyecto soldaremos las dos placas de unión, estas son soluciones de obra que al ser consultadas con el despacho de calculo que llevó a cabo el proyecto fueron aprobadas y se plasmaron en la bitácora de obra con el visto bueno del despacho de cálculo, cabe mencionar que estamos hablando de desajustes de hasta 4 mm.

Para el proyecto presentado en este trabajo vemos que las placas base, desde donde se desplantan las columnas, los orificios donde se atornillan las anclas no son simétricos, como se mencionó en el capítulo de Armado y Montaje, este detalle es muy importante ya que si queda mal orientado el huacal será imposible montar la columna, para solucionar este problema, si las anclas no están ubicadas precisamente en el punto donde están soldados los patines o el alma a la placa base, se pueden hacer

perforaciones especiales a una nueva placa base, retirar por medio del arcayeo la placa base original de la columna y soldar la placa que se ajuste a ese huacal en específico, esto si es aprobado por el despacho de cálculo por escrito, si no es posible, la alternativa que nos queda, es demoler el dado y colocar el huacal correctamente, cabe mencionar que nunca me he visto en esta situación gracias a la supervisión que por política de la empresa se ha practicado.

En proyectos de esta envergadura es común que en los planos estructurales, se especifique que la soldadura deberá ser aplicada por soldadores calificados, para esta calificación encontramos varias empresas de control de calidad que también califican a los soldadores, en lo particular hemos acudido al CIDESI (Centro de Investigación para el Desarrollo Industrial), para la calificación de un soldador se apegan a la norma D 1.1, de la AWS (American Welding Society) la cual es un tomo que consta de alrededor de 450 páginas.

Con la experiencia adquirida, como se mencionó en el capítulo de Supervisión, si la inspección ocular de la soldadura, que practiquemos, a nuestro criterio nos parece buena, ese soldador al llevarlo a calificar tendrá un 90% de probabilidades de que consiga su certificación, ya que cada calificación de un soldador tiene un costo aproximado de \$2,000.00 pesos, pase o no pase, si no pasa y esta muy cerca de poder calificarse, con otra cantidad similar le pueden dar un curso en una semana, para que afine los detalles que le faltan y poder obtener su certificación.

Los aceros que adquirimos de las ferreteras, se apegan a las normas de la ASTM (American Society of Testing Material) en el mercado encontraremos comúnmente acero estructural A-36 y A-50, lo que nos indica una resistencia a la tensión de 36,000 lb/pulg² y 50,000 lb/pulg² respectivamente, existen otros grados de materiales, para proyectos más específicos como placa para tanques a presión y tubería, para el tema de estructuras metálicas los mencionados son los más utilizados, si se desea profundizar en este tema pueden referirse a las normas de la ASTM, para nosotros como contratistas en estructuras metálicas, debemos apegarnos a las especificaciones de los planos de proyecto en donde se indica el acero que deberá utilizarse, y solicitar a la ferretera o

proveedor del material, que nos expida un certificado, del grado del acero que estamos comprándole.

Ya que la competencia es cada día más intensa, exigiendo mayor eficiencia de las empresas, es recomendable el asignar un porcentaje de utilidades a la compra de equipos, como lo son grúas, hiabs, pantógrafo, torno y cizalla, no obstante se pueden subcontratar todos estos servicios, como se presento en este trabajo, es recomendable adquirir estos equipos ya que además de bajar costos al contar con el equipo, el poder desarrollar las actividades en que se requieren sin depender de proveedores, nos asegurará que los tiempos que programemos a cada actividad en nuestro programa de obra difícilmente sufrirán retrasos.

En la mayoría de las obras debido a que les urge conocer un estimado del costo, que pueda tener la estructura metálica que forme parte del proyecto, como lo expuse en el capítulo dos de Proyecto Ejecutivo, si al recibir los planos el cliente nos habla de una estructura de 300 ton y sabemos que el precio de la placa anda alrededor de \$10.30 / kg podemos multiplicar por dos este precio por kilogramo de placa y dar un aproximado de \$20.60 / kg por estructura terminada, a reserva de estudiar los planos, utilizando esta fórmula como un antepresupuesto.

5.2) Conclusiones

Con lo expuesto en esta tesis, el lector cuenta con una metodología para desarrollar un presupuesto, armado y montaje, de una estructura tipo Butler, debido a que en cada proyecto el diseño es diferente, como lo recomendé en la introducción, es preciso una buena interpretación de planos estructurales y arquitectónicos, para elaborar cubicaciones precisas, dando por resultado presupuestos reales, los cuales nos den un posicionamiento ventajoso al concursar las obras.

Poniendo en práctica la metodología expuesta en este trabajo es posible elaborar la cubicación de cualquier tipo de estructura metálica, así como su armado y montaje, se recomienda el iniciar con proyectos de menor envergadura, para adquirir la experiencia necesaria, con respecto a la productividad que pueden desarrollar los soldadores, armadores y ayudantes, para con esto formar un equipo de gente responsable y trabajadora, ya que es un punto fundamental para poder llevar a buen término los proyectos que sean contratados.

Debido a que no se cuenta con mucha información documentada, respecto a metodologías que las diferentes empresas estructuristas utilizan, sería de mucha utilidad para las nuevas generaciones de ingenieros, que pretendan incursionar en el campo de las estructuras metálicas, que se hicieran más publicaciones referentes a estas, como la que presente en este trabajo, posiblemente con el apoyo de las diferentes Cámaras Industriales como la CANACERO (Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero), la CMIC (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción) o el mismo CICM (Colegio de Ingenieros Civiles de México), se pueda impulsar este tipo de publicaciones donde se presenten diferentes metodologías prácticas para la cotización, armado y montaje de estructuras metálicas, incluyendo las experiencias vividas por las compañías estructuristas, exponiendo consejos prácticos a solución de problemas y contratiempos que se presentan en la práctica, ya que muchos de estos conocimientos se aprenden a través de la experiencia al ir desarrollando esta actividad, así como al enterarse de problemas sufridos por otras empresas estructuristas, como lo es el caso, de un accidente que le sucedió a un estructurista en donde, por ganar el concurso bajo su precio a tal grado que al momento del montaje, programó las maniobras de montaje tanto de columnas como de trabes en un lapso de 6 horas debido a que no contaba con presupuesto para pagar el costo de la grúa, así que se dedicaron a montar columnas colocando solamente dos tuercas de sujeción esquinadas en cada placa base, y en la unión de trabe con placa capitel hicieron lo mismo, para darle rigidez a los marcos, entre marco y marco montaron solamente un larguero en la cumbrera, de tal suerte que con una pequeña ráfaga de viento fallo un marco, y al caerse, como una baraja de naipes se llevo a 8 marcos más, costándole la vida al operador de la grúa y algunos lesionados más, a causa de este accidente dicha empresa quebró, además en el peritaje se encontraron los patines de los elementos, separados de las almas esto debido al impacto

entre marcos al momento de colapsarse la estructura, concluyendo que, soldaron los elementos sin pulirlos en el punto de unión, soldando directamente sobre la cáscara requemada que cubre a la placa al salir de la fundición, como lo mencione en el capítulo de Armado y Montaje, dando por consecuencia que, al someterse los elementos a esfuerzos extraordinarios debido al colapso, se separaran los patines de las almas.

Como podemos darnos cuenta es una actividad, como todas las que se desempeñan en las diferentes especialidades de la Ingeniería Civil, de gran responsabilidad, por lo que es fundamental tener políticas de supervisión internas estrictas ya que este es el tema que nos llevará al éxito, debido a que en el desarrollo de los diferentes procesos de habilitado, armado y montaje, debemos ser extremadamente meticulosos en cada uno de los pasos y no permitir que el personal propio o subcontratado se salga de las políticas de calidad, en el desempeño de los trabajos asignados así como en las normas de seguridad.

Por último, ya que mencione la gran responsabilidad que se tiene desempeñando esta actividad, quiero señalar que al momento de elaborar nuestros presupuestos no debemos menospreciar nuestro trabajo y responsabilidad que se esta adquiriendo, ya que son tiempos difíciles y todo el mundo busca lo más barato, en lugar de abaratarlos, debemos vender un extra dentro de nuestros servicios, como lo puede ser la imagen que proyectamos de nuestra empresa, en donde se refleje el profesionalismo con el que desempeñemos nuestro trabajo, al ser exigentes en el tema de la supervisión y seguridad, con nosotros mismos y nuestro equipo de trabajo, todos estos aspectos el cliente los tomará en cuenta, cuando tenga un proyecto que incluya estructura metálica, ya que invierten mucho dinero en este tipo de estructuras siempre el factor confianza, proyectado a través de nuestro desempeño profesional en trabajos anteriores, puede ser el catalizador que incline la balanza a nuestro favor, a pesar de que nuestro precio sea un poco más elevado que el de la competencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Planos del proyecto diseñados por: Ingeniería Proyecto y Construcción S.A. de C.V.
Proyecto nave industrial para empresa embotelladora
Febrero 2000.
- Fotografías de: AR Estructural México S. A. de C. V.
Febrero 2000, estructura de 10, 814 m².
- Estudio de mecánica de suelos por: R. Poucell y Asociados S.A. de C.V.
Enero del 2000.
- Manuales de pesos teóricos AHMSA: Altos Hornos de México S.A.
Edición de Ferreaceros las Torres S.A. de C.V.
Enero 2004.
- Página de Internet grupo Collado: www.gcollado.com
visitada junio 2005.
- Manual de electrodos para soldar: Infra S. A. de C. V.
15ª edición, año 1999.
- Electrosoldadura Representaciones y servicios de ingeniería S. A.
serie procesos de manufactura por A. Ruiz Mijarez, año 1981.
- Manual del ingeniero civil Cuarta edición, Mc Graw Hill marzo 1999
Frederick S. Merrit, M. Kent Loftin, Jonathan T. Ricketts.
- Supervisión de obra Página web www.arquonauta.com
visitada el 4 de julio 2005.