



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE LA
FABRICACIÓN Y EL MONTAJE DE
UNA ESTRUCTURA METÁLICA
PARA UNA NAVE INDUSTRIAL.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A:
MARCO LEONARDO VIGUERAS ZÚÑIGA



DIRECTOR DE TESIS:
ING. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES

MÉXICO, D. F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Marco Leonardo desea agradecer:

A **Dios**, que me dio la vida y ha permitido que concluya una de mis más grandes metas en la vida.

A mi **Padre**, Ing. Marco Antonio Viguera Serna, por todo su apoyo incondicional durante mi vida y que además ha sido para mí un gran amigo y maestro.

A mi **Madre**, L. C. Rosaura Zúñiga Gurría, de quien he recibido los más sabios consejos siendo madre y amiga a la vez, mostrándome día a día el camino a la vida.

A mis hermanos Osva y Toño, por su apoyo y amistad, quienes siempre serán para mí motivo de orgullo y ejemplo.

A Rocío, por su apoyo y confianza que ha sabido depositar en mí.

A mi director de tesis, Ing. Augusto Sánchez Cifuentes, por todo el apoyo recibido durante la carrera y por esa gran amistad de toda la vida.

A mis sinodales, Ing. Roviroza, Ing. Suárez, Ing. Cabello y el Ing. García del Gallego; por sus buenos consejos, pero sobre todo, por la gran disposición que mostraron para que me titulara.

A mis inolvidables amigos de la preparatoria y la universidad, por la amistad y confianza que nos une.

A mis profesores de toda la vida, sin cuyo esfuerzo y dedicación no hubiera sido posible este trabajo. Reciban la mejor de las gratificaciones: ver a un alumno alcanzar sus sueños.

A todas aquellas personas que de manera alguna contribuyeron para que alcanzara esta meta.

A ti **UNAM** y todo cuanto significas, por la formación adquirida en tus espacios. Por los valores inculcados y que sabré a bien defender.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Marco Leonardo

Viguera Zúñiga

FECHA: 16 de noviembre de 2004.

FIRMA: [Firma]

ÍNDICE

Prólogo	<i>i</i>
Introducción	<i>ii</i>
Capítulo 1 ANTECEDENTES	1
1.1 Planeación	1
1.2 Introducción a las estructuras metálicas	3
1.3 Acero estructural	7
1.4 Normas y especificaciones	9
Capítulo 2 PROCESOS DE MANUFACTURA	10
2.1 Corte	11
2.2 Ensamble	21
2.3 Acabados	25
2.4 Sistemas de producción	26
Capítulo 3 FABRICACIÓN	30
3.1 Cartabones	35
3.2 Placas	36
3.3 Mon-Ten	39
3.4 Separadores y ángulos	41
3.5 Tensor, canal y extensión columna	45
Capítulo 4 MONTAJE	49
4.1 Etapa I	52
4.2 Etapa II	58
4.3 Etapa III	63
Capítulo 5 PLANEACIÓN SISTEMÁTICA	70
5.1 Alcance de obra	71
5.2 Planos y diseños	72
5.3 Materiales dimensiones y peso	81
5.4 Elementos estructurales	81
5.5 Identificación de servicios	82
5.6 Equipo y herramienta	83
5.7 Seguridad y medio ambiente	84
5.8 Personal calificado	85
5.9 Cronología	87

5.10 Costos directos e indirectos	90
Capítulo 6 CONCLUSIONES	96

Bibliografía	I
Apéndice A	III
Apéndice B	V
Apéndice C	XI
Apéndice D	XVIII

PRÓLOGO

Ante la competitiva economía internacional y la carencia de energéticos, México tiene que optimizar los procesos mecánicos en las industrias manufactureras o de transformación. La ingeniería mecánica tiene como función social la transformación de la energía mecánica para uso en beneficio de la sociedad; interviene en el diseño de máquinas, dispositivos y sistemas mecánicos; planea la fabricación e instalación de sistemas industriales de producción, además de llevar a cabo la realización de éstas. También proyecta y construye el instrumental necesario en cualquier proceso de fabricación. Dirige el montaje, operación y mantenimiento de las instalaciones electromecánicas.

El ingeniero mecánico tiene conocimientos que lo capacitan en el ejercicio de su carrera para planear, diseñar, construir y operar: sistemas, procesos y conjuntos mecánicos. Optimiza los recursos disponibles con objeto de buscar una mayor calidad, productividad y rentabilidad; todo ello en beneficio de la sociedad para lo cual actúa también a favor de la preservación del medio ambiente. Evalúa sus consecuencias técnicas, económicas y sociales. Suministra información relevante en la solución de problemas de ingeniería. Mantiene – al igual que administra – los sistemas relativos a su profesión, buscando el desarrollo tecnológico más conveniente.

Con el fin de dar solución a un problema, comúnmente la ingeniería demanda la interacción de ingenieros de múltiples áreas, es decir, que los ingenieros no se encuentran aislados de otros, sino que para desarrollar ciertos trabajos requieren el apoyo de otros ingenieros de su misma área o de áreas distintas. Poniendo como ejemplo ilustrativo la construcción de una nave industrial, observamos como es necesario un ingeniero geólogo que señale si es propicio el suelo sobre el cual se quiere construir, un ingeniero topógrafo que verifique las dimensiones y los niveles del terreno, un ingeniero civil que lleve a cabo la cimentación y levantamiento de muros, un ingeniero eléctrico que desarrolle el sistema de tierras y cableado, y un ingeniero mecánico responsable de la fabricación y montaje de la estructura. Sin embargo, no siempre los campos de aplicación de las áreas de la ingeniería están bien definidos, lo cual conduce a que se comparta un mismo trabajo entre dos distintas disciplinas, como suele hacerse en el diseño, o bien, debido al conocimiento básico con que cuenta cualquier ingeniero puede éste colaborar indirectamente con el trabajo de una área distinta a la suya.

La creación de la estructura completa requiere los servicios combinados de arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros mecánicos, ecologistas, urbanistas y otros especialistas en campos de la ingeniería que pueden incluir la acústica, diseño de máquinas, iluminación, calefacción, ventilación y otras instalaciones. En el diseño general, al proceso y la programación de estos campos, así como al examen de sus interrelaciones mientras se planea y se construye una estructura, se le ha llegado a conocer como *ingeniería de sistemas*.

La persona que define el costo de un proyecto así como su logística no tiene que ser aislado a la ingeniería, puesto que nadie mejor que un ingeniero conoce el proyecto desde los costos de materiales y herramientas, hasta lo que implica un proceso; debe ser un ingeniero quien realice esta labor, pudiendo ser auxiliado por personal de las disciplinas administrativas y sociales. Es lamentable observar que en México muchas de las instituciones nacionales y empresas privadas dedicadas al ejercicio de la ingeniería son dirigidas por personas aisladas completamente a ésta disciplina, y más lamentable todavía es la falsa idea que algunos otros tienen de que un ingeniero no sabe o no puede llevar la administración de una empresa o proyecto.

En el desarrollo de la presente obra el autor expondrá la aplicación de la ingeniería para dirigir, supervisar y administrar un proyecto.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO.

ESTABLECER UN MÉTODO SISTEMÁTICO A TRAVÉS DEL CUÁL SE PUEDA DEFINIR EL ALCANCE DE UNA OBRA ESTRUCTURAL, ASÍ COMO TAMBIÉN ESTABLECER LOS PASOS A SEGUIR PARA EL LEVANTAMIENTO DE UNA NAVE INDUSTRIAL.

ALCANCE.

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN CONSIDERANDO ASPECTOS TALES COMO: MATERIALES, EQUIPO, HERRAMIENTA Y EL PROCESO EN SÍ; Y LOGÍSTICA DE: TIEMPOS, MANO DE OBRA Y COSTOS.

La forma en cómo el problema es abarcado presenta un método organizado y sistemático, del tipo industria manufacturera, en la fabricación y el levantamiento de una nave industrial. Con base en las normas y los aspectos teóricos de los sistemas de producción y fabricación, es como esta obra pretende dar solución a la construcción de dicha nave. El presente trabajo se ve enriquecido con la aportación de datos verídicos obtenidos durante la participación del autor en la construcción mencionada.

En el *Capítulo I* se presenta la planeación propuesta por el autor a partir de la cual se desarrolla esta investigación. Aspectos tales como: interpretación de planos, preservación y cuidado del medio ambiente, empleo de equipos y herramientas, al igual que, personal calificado se previenen dentro de esta planeación. Además quedan abarcados de manera concreta algunos otros aspectos teóricos y fundamentales para esta obra, entre ellos las estructuras de acero; el acero estructural como pieza fundamental en la nueva era de la construcción y la colaboración de la normatividad en este campo ingenieril.

El *Capítulo II* se enfoca a todos los procesos de manufactura utilizados durante la construcción de la nave industrial. Dentro de la sección de los procesos de corte se pueden apreciar los distintos equipos y herramientas empleados y la justificación de los mismos. La sección de ensamble comprende aspectos tan importantes como selección de tipo de soldadura, electrodos y unión por elementos roscados, entre otros. Los acabados finales como pintura, esmerilado y pulido se tratan dentro de otra de las secciones incluidas en este capítulo. Por último, dentro de este capítulo se contemplan los sistemas de producción desde una perspectiva sencilla de comprender.

El *Capítulo III* se refiere a todos los aspectos mostrados durante el desarrollo de la fabricación de los elementos estructurales de la nave industrial en estudio. Los tiempos que tardan los procesos de manufactura comprendidos en esta fabricación se analizan y se establecen con base a fórmulas teóricas y con base a la experiencia en campo. Cada elemento estructural se trata de manera particular con base a los procesos de fabricación, personal calificado y tiempo de producción. Los resultados obtenidos se muestran mediante tablas que exponen de manera sencilla el proceso.

El *Capítulo IV* comprende los aspectos relacionados con el montaje de la estructura metálica. Al inicio de este capítulo se establecen los tiempos y factores involucrados en el montaje, así mismo, se prevé la selección de grúas con base a un estudio de fuerzas y momentos. A través de tres etapas

se estudian los procesos involucrados en el montaje de *estructura pesada* y *estructura ligera*. De manera similar al capítulo anterior, con el uso de tablas se exponen los resultados para los tiempos de montaje, personal calificado y procesos ocupados en el montaje.

El *Capítulo V* expone los resultados de la planeación propuesta con base a los antecedentes obtenidos en los capítulos *IV* y *V*. Los distintos elementos comprendidos dentro de la planeación se tratan de manera aislada y concisa. Los temas de mayor importancia como el resumen de tiempos, la estimación de un plan de trabajo y la estimación de un costo por fabricación y otro por montaje, son analizados dentro de algunas secciones que comprenden este capítulo.

Finalmente, dentro del *Capítulo VI* quedan comprendidas las conclusiones del presente trabajo.

Algunas de las imágenes que acompañan a la presente obra, son fotografías tomadas durante el desarrollo de la construcción de la nave industrial y algunas otras figuras son fragmentos de los planos y detalles proporcionados para la elaboración de la estructura metálica. Las bases de datos y las tablas mostradas en los siguientes capítulos fueron elaboradas por el autor de la presente obra, a menos que se indique lo contrario, y puestas en uso por la constructora durante la construcción de la nave industrial.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

Este capítulo plantea de manera inicial una solución atractiva a los problemas que comúnmente se presentan en el giro de la construcción, como lo es la organización y el conocimiento de lo que se realiza al momento de fabricar y montar los elementos estructurales. En las últimas secciones se contemplan fundamentos teóricos para las estructuras de acero. En los siguientes capítulos se evaluará dicha solución con base a los conocimientos teóricos.

1.1 PLANEACIÓN.

Lo principal y primordial al aceptar y realizar un proyecto es la planeación. Con ésta el ingeniero se puede dar idea de la magnitud de la obra en sentido de dimensiones, pesos, personal, tiempo y costos, así como la complejidad que implica desarrollar el trabajo. De la organización y la preparación con que se realiza una planeación depende el que un proyecto sea un éxito o un fracaso.

El enfoque con que se trata la planeación en esta tesis abarca la fabricación y montaje a partir de que se tiene el diseño y la obra civil, quedando fuera del alcance aquellos aspectos que los involucran.

A través de un concurso es como una empresa convoca a compañías constructoras para realizar las tareas de fabricación y montaje de una estructura metálica en una planta industrial. De manera resumida se presentan a continuación las condiciones establecidas para el levantamiento de la nave industrial.

- El Propietario proporcionará una copia de los planos de diseño de la estructura metálica de la nave industrial a la constructora para efectos de presupuesto y planeación.
- La Constructora entregará un presupuesto donde se indique claramente:
 1. El costo de fabricación en relación al peso total de fabricación (\$/kg).
 2. El costo de montaje de estructura ligera en relación al peso de ésta (\$/kg).
 3. El costo de montaje de estructura pesada en relación al peso de ésta (\$/kg).
 4. El costo de pintura de la estructura completa (pesada y ligera) (\$/kg).
 5. El tiempo en que se concluirá el trabajo de fabricación y montaje de la estructura.
- La Constructora se compromete a devolver al propietario los planos de diseño de la estructura metálica a más tardar el día del cierre del concurso.
- El ganador del concurso recibirá nuevamente una copia de los planos de diseño de la estructura metálica de la nave industrial, la cual deberá ser devuelta al propietario al término de la obra.

Para efectos de presupuesto se deben considerar los siguientes puntos:

- La Constructora suministrará el material, equipo, consumibles, pintura, grúas y mano de obra calificada necesarios para realizar los trabajos de fabricación y montaje de la estructura metálica.
- El propietario se compromete a brindar en las instalaciones: suministro de energía eléctrica, neumáticas y sanitarias, ubicadas en la planta; necesarias y solicitadas por la Constructora para realizar los trabajos de fabricación y montaje de la estructura metálica.
- La fabricación de columnas, cumbreras y columnas de viento no será realizada por la Constructora, sin embargo la pintura de éstas si debe ser considerada.

- Todos los otros elementos y piezas que no se encuentren establecidos en el punto anterior sí deben ser fabricados por la Constructora.
- Todos los elementos que figuran en los planos deberán ser montados y pintados.
- Los procesos de fabricación y montaje deberán estar sujetos a las Normas Mexicanas de Construcción.
- El taller de fabricación deberá estar ubicado dentro de la nave industrial y realizar todos los trabajos de fabricación en este sitio.

Se establecieron como estructuras pesadas: las columnas conformadas de vigas compuestas con placas de distintos espesores, junto con sus placas base y atiesadores; las columnas de viento fabricadas a base de viga IPR (Perfil Rectangular en I) con sus respectivas placas base; las cumbreras o trabes compuestas de 3 secciones (dos secciones laterales iguales y una central distinta a éstas) fabricadas con placas de distintas dimensiones, junto con sus atiesadores. Todo aquello que estuviera en los planos y no corresponda con la anterior definición será tratado como estructura ligera.

Con la anterior definición del problema se prueba entonces el método propuesto en esta tesis el cuál consta básicamente de los siguientes puntos:

- A. *Alcance de Obra.* Consistirá en definir lo que se nos solicita y lo que estamos dispuestos a realizar, para después calcular costos, tiempos y todo aquello que será necesario para llevar a cabo la correcta ejecución.
- B. *Planos y diseños.* Los planos y diseños constituyen el lenguaje principal con que se comunican las ideas los ingenieros. Desde un simple bosquejo hasta el más detallado plano de taller tienen la particularidad de transmitir de manera clara y precisa la imagen o idea que posee una persona a otra. Cumpliendo con las Normas y simbologías estipuladas es posible reproducir casi perfectamente la visualización de un plano. El término plano describe todos los tipos de dibujos de ingeniería. Los planos se leen por medio de la interpretación de líneas, símbolos y vistas. Por tanto, un estudio de la lectura de planos es un estudio de la fase interpretativa de los dibujos de ingeniería que excluye el estudio de la habilidad manual necesaria para prepararlos.
- C. *Materiales, dimensiones y peso.* Con base en los planos será posible que el constructor calcule el peso y las dimensiones de la estructura, así como identificará los distintos materiales.
- D. *Elementos Estructurales.* Estos elementos abarcarán de manera general a todos los que componen la estructura, para ello será necesario identificarlos mediante el análisis de planos y diseños, y cuantificarlos con las dimensiones y pesos de los materiales.
- E. *Identificación de Servicios.* Comprenderá la ubicación de servicios instalados en la zona de obra que pueden o no ser empleados por la constructora. Así también, se prevendrán los servicios demandados por la constructora para su personal, equipo, herramienta y zonas de trabajo.
- F. *Equipo y herramienta.* Con base a los procesos de fabricación abarcados por el alcance de obra y la identificación de servicios se contemplarán el equipo y herramienta para llevar a cabo los trabajos de fabricación y montaje. La selección de equipo también se verá afectada por otros factores como: tecnología, costo, ambiente de trabajo y disposición (propios, comprados o rentados).

- G. Seguridad y medio ambiente.** Se deberá tomar en cuenta la responsabilidad moral y legal asumida al realizar una construcción con respecto a la sociedad y el medio ambiente. Los riesgos siempre se tendrán pero será necesario planear la mejor manera de evitar una desgracia. Por tanto, se tomarán ciertas medidas de seguridad y en algunos casos serán las mismas industrias las que nos obligarán a respetar sus normas de seguridad. Primeramente debemos crear un ambiente seguro en el que la vida y la integridad de los que ahí trabajamos no se ponga en riesgo, esto se logrará mediante equipo de seguridad y una buena orientación.
- H. Personal Calificado.** El personal requerido para llevar a cabo los trabajos se identificará y cuantificará para poder realizar una tabla de costos por mano de obra, además que al mismo tiempo se organiza y se da jerarquía a los distintos ocupantes así como sus responsabilidades. Será preciso tener en cuenta que el número de trabajadores está en función de la cantidad de equipo con que se cuenta; de nada serviría tener 4 soldadores calificados si sólo se cuenta con 3 máquinas para soldar.
- I. Cronología.** El tiempo para concluir una obra se estimará con demasiada precaución, puesto que de este factor dependen las ganancias y las pérdidas o el que no exista ninguna de las anteriores. Casi siempre será el ingeniero con mayor experiencia el que determinará – algunas veces sin necesidad de realizar tablas de rendimientos o avances – el tiempo necesario para llevar a cabo toda la construcción, sabiendo de antemano el personal y equipo necesario. La elaboración de un plan de trabajo será fundamental para dar seguimiento y orden a la ejecución de obra.
- J. Costos Directos e Indirectos.** Con base a ellos se efectuará el Presupuesto de la fabricación y el montaje de la estructura. Será necesario diferenciar unos de otros para mostrar de manera clara todo aquello que contempla este presupuesto.

1.2 INTRODUCCIÓN A LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.

Las estructuras del pasado y del presente, y las predicciones concernientes a las estructuras del futuro, están condicionadas de modo directo por el desarrollo y disponibilidad comercial de materiales de ingeniería estructural. Algunos de estos materiales, como la piedra, ladrillos, madera y cuerdas se han utilizado desde el principio de la historia escrita.

El desarrollo comercial del hierro proporcionó el primero de los metales estructurales que abrirían un mundo totalmente nuevo al ingeniero estructurista. La desventaja del uso del hierro colado radica en que éste falla con una fractura frágil en tensión. La producción comercial de perfiles de hierro forjado en 1783 produjo cambios rápidos, al hacer disponible un producto con una cualidad adicional de tenacidad que se caracteriza por una capacidad de soportar deformaciones largas a tensión en el rango plástico sin fallar. Por otra parte, el hierro colado se podía formar en placas planas que podían doblarse y unirse con remaches.

El desarrollo del convertidor Bessemer en 1856 y del horno de hogar abierto en 1867 introdujeron el acero estructural y éste es el material que se ha utilizado en la mayoría de los puentes, así como en muchos edificios. En paralelo con el desarrollo del hierro y el acero como

1 Bruce G. Johnston, *Diseño Básico de Estructuras de Acero*, Prentice Hall, México, 1988. p. 9.

materiales de ingeniería, se presentaron progresos en las técnicas de pruebas de materiales y de análisis estructurales que permitieron la transición del diseño estructural de un arte a una ciencia aplicada.

Dos de los edificios más altos del mundo son parte del perfil del horizonte de Chicago: el John Hancock Center, terminado en 1968, tiene 343 metros (1127 pies) de altura y la Torre Sears, terminada en 1974, tiene 443 metros (1454 pies) de altura. La estructura de la Torre Sears consiste en 9 tubos de acero interconectados, cada uno de sección cuadrada con 75 pies por lado, que se levanta a diferente altura y dan al edificio su forma distintiva. La estructura del Hancock Center está reforzada con vigas de acero diagonales sobre la fachada del edificio; cada viga abarca 18 niveles.²

En ingeniería, el término estructura se puede referir a cualquier objeto que tiene la capacidad de soportar y ejercer cargas. Se consideran tres categorías de estructuras de ingeniería:

1. Armaduras. Que están diseñadas para soportar cargas y son normalmente estructuras fijas y estables. Constan exclusivamente de elementos rectos conectados en nodos localizados en los extremos de los elementos. Por lo tanto los elementos de estas estructuras son elementos de dos fuerzas iguales y opuestas dirigidas a lo largo del elemento.
2. Bastidores o Armazones. Que también están diseñados para soportar cargas y, así mismo, son estructuras normalmente fijas y estables. Sin embargo, siempre contienen por lo menos un elemento de fuerza múltiple, esto es, un miembro sobre el que actúan tres o más fuerzas que generalmente no son longitudinales.
3. Máquinas. Que están diseñadas para transmitir y modificar fuerzas y son estructuras que contiene partes móviles. Las máquinas tienen también por lo menos un elemento de fuerza múltiple.

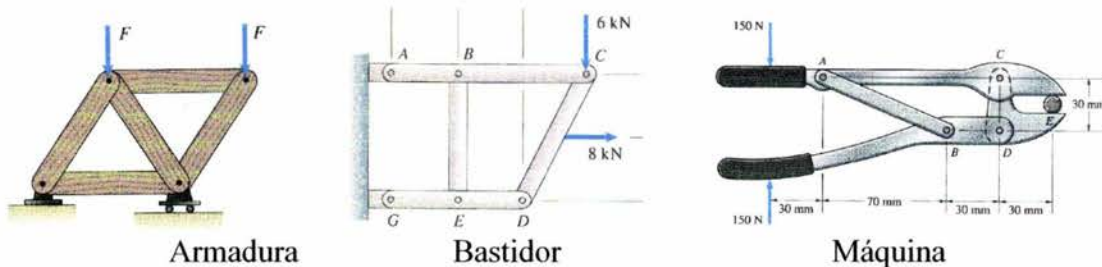


Figura 1.1

Los miembros estructurales son las partes componentes de la estructura en general. En una estructura de acero éstas son las vigas, que soportan cargas transversales a sus ejes longitudinales, las columnas o miembros a compresión, que transmiten fuerzas de compresión a lo largo de su eje longitudinal y miembros en tensión, que se ejemplifican con un torón que es muy eficaz para transmitir fuerzas de tensión o jalones y que está constituido por muchos alambres individuales que se han estirado en frío para incrementar su resistencia. En general, los miembros a compresión también deben soportar algunas cargas transversales y por ello se les llama *vigas-columnas*. La forma en que una estructura está compuesta de estas partes constituyentes se ilustra en la figura 1.2, donde la parte superior del marco de un edificio cruza sobre un auditorio por medio de una

² Anthony Bedford, Mecánica para Ingeniería: Estática, Addison-Wesley Iberoamericana, Estados Unidos, 1996. p. 1.

armadura. En esta figura la columnas, vigas, vigas-columnas y miembros en tensión están identificados con la letras *C*, *B*, *BC* y *T*, respectivamente. En cada punto de unión o nodo entre los extremos de los miembros, se deben proporcionar conexiones esenciales para la continuidad de la estructura y su resistencia al colapso.³

Los miembros se deben formar, arreglar y conectar de modo que proporcionen una solución eficiente y económica al problema de diseño, teniendo presente no sólo el costo por peso propio del material, sino también los costos de la fabricación y montaje en el campo. Con frecuencia el peso mínimo es una meta de diseño. Sin embargo, si se sacrifica la simplicidad de fabricación para obtener el peso mínimo, se puede incrementar el costo total. Por ejemplo, se tiene una viga sujeta a carga la cuál está compuesta por tres segmentos: dos piezas de extremo, que pesan menos por unidad de longitud que la sección central. Pero el costo de soldar los tres segmentos juntos puede (o no) exceder el costo del peso adicional, si la viga se hace de un solo miembro sin soldadura que tenga el mismo tamaño que el segmento central.

En el diseño de una trabe armada se puede presentar una situación similar. Es posible utilizar almas muy delgadas si se sueldan atiesadores verticales y (en algunos casos) horizontales al alma. En algunos casos, la utilización de una alma más gruesa, que elimina la necesidad de atiesadores, puede producir un ahorro en los costos de fabricación aunque se incremente el peso total de la viga.

El método de transporte puede tener una influencia importante en la economía. En el taller de fabricación se pueden hacer conexiones a una fracción del costo de las mismas hechas en campo.

Se permiten tres tipos básicos de construcción, con sus consideraciones de diseño correspondiente, bajo las condiciones que abajo se enumeran. Cada tipo determinará específicamente el tamaño de los miembros, el tipo y la capacidad de sus conexiones.⁴

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

³ Ib. p. 8.

⁴ Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C. IMCA, Manual de Construcción en Acero-DEP, LIMUSA, México, 2002. p. 128.

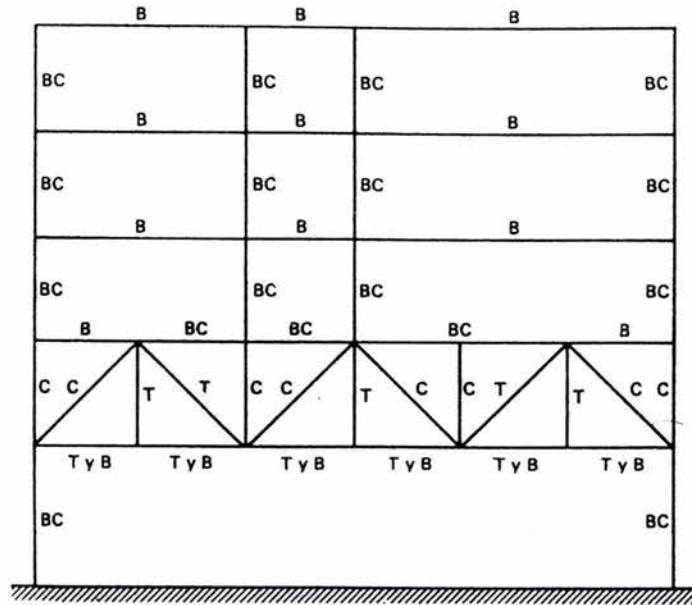


Figura 1.2

Existen dos cargas de gran importancia que deben estar presentes tanto en el diseño como en la ejecución de la obra, y éstas son: la carga muerta y la carga viva. El peso de la estructura., que se debe estimar de antemano junto con todo el equipo fijado en forma permanente, se denomina carga muerta. En edificios muy altos o estructuras con grandes claros tiene importancia especial verificar el diseño final en relación con las estimaciones iniciales de la carga muerta. La carga viva es el material almacenado, personas, vehículos, nieve, hielo, viento, fuerzas explosivas, agua en movimiento, presión de tierra, impacto, efectos sísmicos y otros; todos ellos dependen del tipo de estructura, el uso al que se destine y su ubicación geográfica. Las cargas se pueden presentar en combinación y se debe considerar la probabilidad de esas combinaciones, así como la magnitud de las cargas. Las cargas vivas en estructuras normales en general están especificadas en los diferentes códigos de construcción. De igual manera, las cargas que producen los sismos se pueden basar en los requerimientos de los reglamentos de construcción en las estructuras ordinarias, pero se pueden requerir de análisis dinámicos y/o pruebas dinámicas de modelos en el caso de estructuras poco comunes.

En las estructuras de claros cortos, el peso muerto aumenta muy poco los esfuerzos. Pero a medida que aumentan los claros, también aumenta la proporción de los esfuerzos por carga muerta en relación con los esfuerzos totales combinados. Al final, cuando el claro es tan grande que la mayor parte de los esfuerzos se deben a la carga muerta, se alcanza el límite superior del claro para ese material y ese tipo de estructura. Por este motivo adquiere mucha importancia la atención cuidadosa a la reducción de peso y la exactitud de los cálculos de peso muerto en puentes de claros largos o edificios altos. En estas estructuras es ventajoso utilizar aceros de alta resistencia para los miembros que soportan carga y de metales ligeros en los elementos que no soportan carga.

Se puede garantizar la seguridad estructural con una combinación de un buen diseño, una buena mano de obra en la fabricación y buenos métodos de construcción.

1.3 ACERO ESTRUCTURAL

Se necesita conocer las características elásticas, plásticas, de fractura y fatiga de un metal a fin de evaluar si es adecuado para fabricar un miembro estructural de una estructura en particular. La elasticidad es la capacidad de un metal para recobrar su forma original después de ser cargado y descargado. La fatiga de un metal se presenta cuando se le aplica un esfuerzo en forma repetida por encima de su límite de tenacidad a través de muchos ciclos de carga y descarga. La ductilidad es la capacidad de deformarse sin fractura en el rango plástico, esto es, más allá del límite elástico. En el acero, cuando se carga en un estado de esfuerzos de tensión simple, se presenta un punto de fluencia muy definido en un esfuerzo ligeramente mayor que el del límite elástico. Cuando se carga más allá del punto de fluencia, la ductilidad del acero estructural le permite experimentar alargamientos plásticos grandes. Por último, se alcanza la resistencia última de ruptura y el espécimen se fractura. La carga de tensión en la fractura, dividida entre el área original del espécimen sin carga, se denomina resistencia última de tensión. La American Society for Testing and Materials (ASTM) ha establecido especificaciones de los valores mínimos del punto de fluencia, de la resistencia última de tensión, de los índices de ductilidad y de la química para controlar la aceptación de los aceros estructurales.

El *Apéndice A* hace referencia a las Tablas donde encontramos los aceros especificados por el IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero) que se utilizan en la manufactura de productos de acero estructural. Mientras que, el *Apéndice B* nos muestra de manera clara la Tabla de los aceros que se utilizan en perfiles y placas de acero estructural.

Las propiedades mecánicas del acero estructural que describen su resistencia, ductilidad y otras cualidades se dan en términos del comportamiento en una prueba de tensión simple. La porción inicial de un curva de esfuerzo –Deformación de tensión típica– para acero estructural se muestra en la figura 1.3. La curva completa se proporciona con una escala horizontal muy diferente, pero la capacidad de soportar las cargas de las vigas y las columnas está determinada en gran parte dentro del campo de la figura 1.3. Se denomina E al módulo de elasticidad, que es la pendiente de la curva de esfuerzo – deformación en la zona elástica y se toma como 29,000 kips por pulgada cuadrada (ksi) en los aceros estructurales.⁵

El punto de fluencia, F_y , es la propiedad más importante que diferencia los aceros estructurales. El punto de fluencia variará un poco con la temperatura, la velocidad de la prueba y las características (tamaño, forma y acabado de la superficie) del espécimen de prueba. Después de la fluencia inicial, el espécimen se alarga en la zona plástica sin un cambio apreciable en el esfuerzo. En realidad, la fluencia se presenta en regiones muy localizadas, que se endurecen por deformación, esto es, se hacen más resistentes y con ello obligan a que la fluencia se presente en un nuevo lugar. Luego que se agotan todas las regiones elásticas, a deformaciones de 4 a 15 veces la deformación elástica, el esfuerzo comienza a incrementarse y principia un endurecimiento o aumento de la resistencia por deformaciones más general. El punto de fluencia definido y la zona de esfuerzos de fluencia plana que se muestran en la figura 1.3 caracterizan a los aceros estructurales sin tratamiento térmico.

Los aceros estructurales son únicos porque son tenaces. La tenacidad se puede definir como una combinación de resistencia y ductilidad. Después de que principia el rango de endurecimiento general por deformación en la prueba de tensión, el esfuerzo continúa incrementándose y la deformación inelástica del espécimen de prueba sigue uniformemente (sin una reducción local del área de la sección transversal) hasta que se alcanza la carga máxima. Entonces se presenta en el

⁵ Bruce, Op. cit. p. 5

espécimen un estrechamiento local y se dice que se forma un cuello. El esfuerzo nominal basado en el área original se conoce como resistencia última de tensión, F_u , del material. La capacidad del acero para soportar deformación inelástica sin fracturarse también le permite soportar una fluencia local durante la fabricación y la construcción, lo que hace posible que se pueda cortar, punzonar, doblar y martillar sin daño visible.

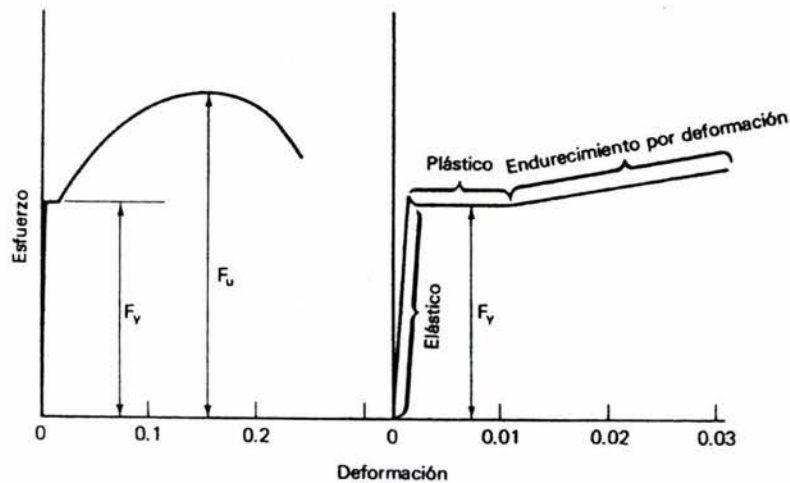


Figura 1.3

Una atención cuidadosa a la transición suave de los bordes, el evitar concentraciones de esfuerzos, y un control de calidad del material y los procesos de fabricación reducirán al mínimo la posibilidad de la fractura frágil. Otro factor que ocasiona una fractura frágil es la operación en temperaturas extremadamente bajas.

Como miembros estructural se utiliza con mayor frecuencia un perfil de acero estándar. Estos se laminan en caliente con lingotes y sus dimensiones estándar para detallar así como sus propiedades de diseño se encuentran tabuladas en el Manual de Construcción de Acero del IMCA. Estos incluyen vigas de patín ancho y otras, canales y ángulos. Las vigas varían desde un peralte de 3 pulgadas (in) hasta 36 in con 300 libras por pie (lb/ft), e incluyen (en especial para utilizarse en edificios altos) una serie de secciones muy anchas de columnas que tienen un peralte nominal de 14 in, con pesos de 90 a 730 lb/ft.

Por supuesto, cuando los requerimientos de las secciones de vigas o columnas exceden a los disponibles en los perfiles laminados estándar, esas secciones se hacen a la medida, por así decirlo, soldando placas para formar vigas o columnas de secciones más pesadas.

Además de los perfiles en caliente, se dispone de tamaño estándar de placas, barras, tuberías y tubos laminados en caliente, ya sea cuadrados, rectangulares o de sección transversal circular.

Adicionalmente a la gran variedad de secciones laminadas en caliente disponibles, existe una amplia diversidad de perfiles formados en frío tanto estándar como especiales. Sobre las especificaciones de los miembros en frío, de rollos o tiras, de acero plano en general no más grueso que 1/2 y tan delgado como 0.0149 in.

Los miembros formados en frío, a diferencia de las secciones laminadas en caliente más pesadas, se utilizan esencialmente en tres situaciones: (1) cuando las cargas moderadas y los claros hacen que las secciones laminadas en caliente más gruesas no sean económicas, (2) cuando, sin

importar el espesor, se necesitan miembros de configuración de la sección transversal que no se pueden producir en forma económica por laminado en caliente o soldando placas planas y (3) cuando se desea que los miembros que soportan cargas también proporcionen superficies útiles como en tableros de piso y muro, cubiertas de techos y otras semejantes.

1.4 NORMAS Y ESPECIFICACIONES

A lo largo de las secciones anteriores se ha hablado de distintos Estándares y Normas. Para nuestro caso en particular, debido a que la construcción de la nave se llevó a cabo en el territorio nacional, las Normas Oficiales y estándares adoptados por los diseñadores y proyectistas están con base a las especificaciones que dicta el Instituto Mexicano de la Construcción en su *Manual de Construcción en Acero – DEP (Diseño por Esfuerzos Permisibles)*.

Las Normas no solo regulan el diseño de la estructura sino que también establecen los procedimientos de fabricación y montaje como se muestran claramente en las secciones 1.23 y 1.24 del Manual citado en el párrafo anterior y la sección 6 y 7 del *Código de Prácticas Generales IMCA*.

El *Apéndice A* reúne de forma concentrada las Normas y Estándares dictados por el IMCA con relación a los procesos de fabricación y montaje, no así para el diseño de la estructura. Las especificaciones de los perfiles empleados en nuestro caso, son tomados del *Manual de Construcción en Acero – DEP* y se presentan en el *Apéndice B*.

CAPÍTULO 2 PROCESOS DE MANUFACTURA

En este capítulo se muestran los principales aspectos teóricos de los procesos de manufactura empleados en la mayoría de las construcciones de acero. Esta información es de fundamental importancia para: medir la capacidad de planta; la elección de equipo, herramienta y consumibles; cálculos de velocidades y tiempos en la producción; y finalmente los sistemas de producción. Con éstos conocimientos se pretende optimizar los procesos de fabricación y montaje – y en general, la construcción en acero.

La manufactura es una actividad importante desde el punto de vista tecnológico, económico e histórico. Tecnológicamente es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las propiedades, o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados; la manufactura incluye también el ensamble de partes múltiples para fabricar productos terminados. Los procesos para realizar la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual, tal como se describe en la figura 2.1 (a). La manufactura se realiza casi siempre como una sucesión de operaciones. Cada una de ellas lleva al material cada vez más cercano del estado final. Económicamente, es la transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble, como se muestra en la figura 2.1 (b). El punto clave es que la manufactura agrega valor al material original, cambiando su forma o propiedades, o al combinarlo con otros materiales que han sido alterados en forma similar. El material original se vuelve más valioso mediante las operaciones de manufactura que se ejecutan sobre él. Históricamente, las culturas que han sabido hacer mejor las cosas a lo largo de la historia han sido las más exitosas.¹

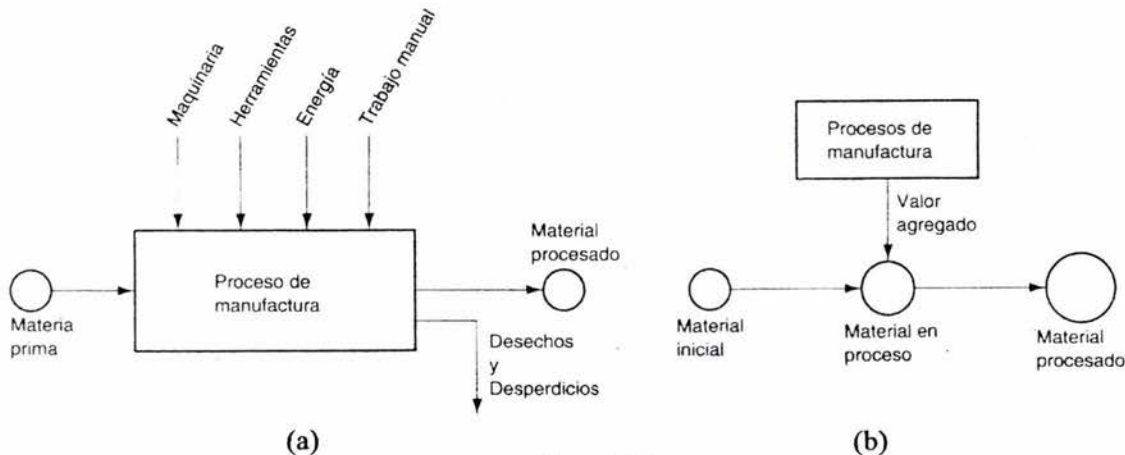


Figura 2.1

El *sistema de fabricación* es una manera de organizar grandes grupos de trabajadores basada en el principio de la división del trabajo el cual distribuye el trabajo total en tareas, y permite a los trabajadores especializarse en el desempeño de una sola tarea.

Una planta de manufactura consiste en un conjunto de procesos y sistemas (y desde luego trabajadores) diseñados para transformar una cierta clase limitada de materiales en productos con valor agregado. La eficacia de la manufactura se refiere a las limitaciones físicas y técnicas de la

¹ Mikell P. Groover, *Fundamentos de Manufactura Moderna*, Prentice Hall, México 1997. p. 3.

empresa manufacturera y de cada una de sus plantas. Podemos identificar varias dimensiones de esa capacidad y aptitud: 1) capacidad y aptitud tecnológica de proceso, 2) tamaño físico y peso del producto, y 3) capacidad de producción.

La capacidad tecnológica de proceso incluye no solamente los procesos físicos, sino también la pericia que tiene el personal de planta en dichas tecnologías de proceso. Las compañías están limitadas por los procesos de que disponen. Por eso deben concentrarse en el diseño y manufactura de los productos para los que su capacidad tecnológica de proceso les permita una ventaja competitiva.

En una planta con un cierto conjunto de procesos existen limitaciones sobre el peso y tamaño de los productos que pueden manejarse; los grandes y pesados son más difíciles de mover, se requieren grandes grúas puente. Las máquinas de producción se diseñan en diferentes tamaños; las más grandes pueden usarse para procesar piezas grandes. De aquí que el conjunto de equipos de producción, manejo de materiales, capacidad de almacenamiento y tamaño de planta tenga que planearse para productos que entran dentro de un cierto rango de tamaño y peso.

La capacidad de la planta se mide generalmente en términos de unidades producidas, cuando se tratan de productos homogéneos. Si las unidades producidas no son homogéneas, hay factores más apropiados de medida como las horas hombre de capacidad disponible en un taller mecánico que produce una variedad de partes.

Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos tipos básicos: 1) operaciones de procesos y 2) operaciones de ensamble. Una operación de proceso transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto. Una operación de ensamble une dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada ensamble, subensamble o cualquier otra manera que se refiera al proceso de unir. En la figura 2.2 se presenta una clasificación de procesos de manufactura.

En nuestro caso particular se estudiarán dos procesos de Operaciones de procesamiento: Proceso de formado (Corte o Remoción de Material) y Operaciones de Procesamiento de superficies (Recubrimiento y procesos de deposición). Además, se abarcan los dos procesos de Operaciones de ensamble: Procesos de Unión Permanente (Soldadura Térmica) y Ensamble Mecánico (Sujetadores Roscados).

2.1 CORTE

Los procesos de remoción de material son operaciones que quitan el exceso de material de la pieza de trabajo inicial para que la forma resultante adquiera la geometría deseada. Los procesos más importantes en esta categoría son operaciones de maquinado como torneado, taladrado y fresado. El esmerilado es otro proceso común en esta categoría, en cual se usa una rueda abrasiva de esmeril para quitar el material excedente. Hay otros procesos de remoción de material no tradicionales porque no usan herramientas tradicionales de corte y abrasión. En su lugar emplean rayo láser, haces de electrones, erosión química, descargas eléctricas y energía electroquímica.

Se pueden encontrar dentro del Manual del IMCA algunas de las normas con respecto a los procesos de corte en la construcción.²

² Ver Apéndice A.9

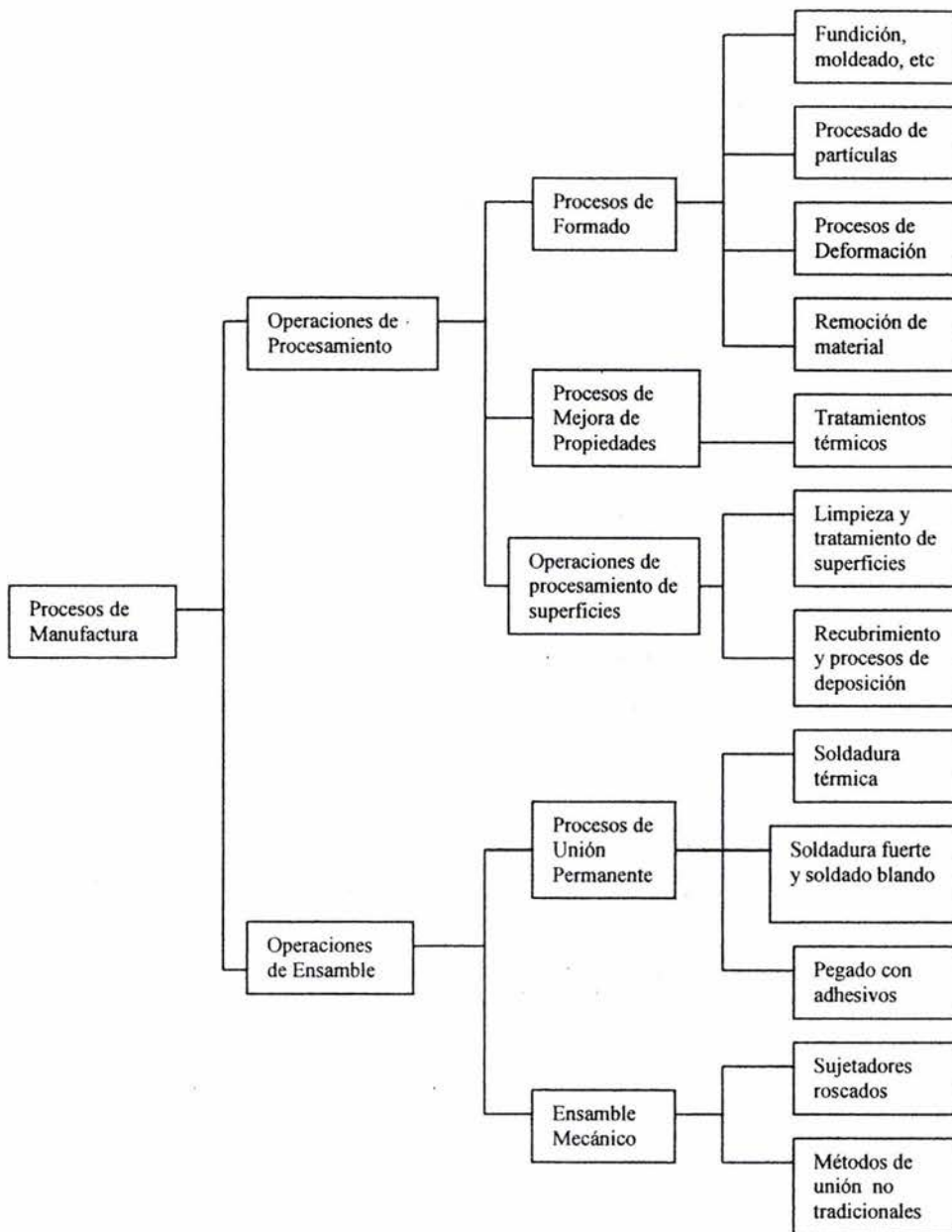


Figura 2.2

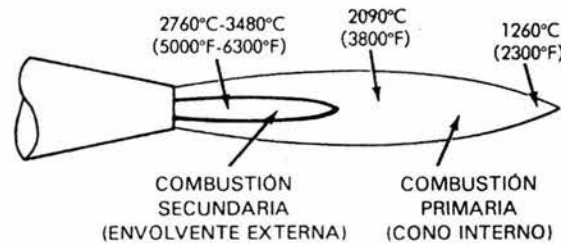
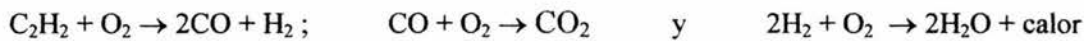
2.1.1 OXICORTE MANUAL

El corte con oxiacetileno u oxicorte se emplea sólo para cortar metales ferrosos. La fusión del metal tiene escasa importancia en el corte con oxiacetileno. La parte más importante del proceso es la oxidación del metal. Para producir la flama necesaria para calentar y cortar, el oxígeno puro – combinado con un gas combustible – producirá un calor muy intenso. La mezcla resultante se llama gas de oxígeno y combustible. El oxígeno puro aumenta la rapidez e intensidad de la combustión.

Dentro de los gases combustibles se encuentran: hidrógeno, propano, propileno, gas natural, MAPP, Flamex y Acetileno.

El Acetileno es un gas de hidrocarburos incoloro, muy inflamable, que es tóxico y tiene un fuerte olor a ajo. El acetileno a alta presión se vuelve muy inestable. Los reglamentos de seguridad exigen que el acetileno no se emplee a presiones mayores de 100 kPa (15 psi o 1.06 kgf/cm²) manométricos.

Cuando los gases salen del soplete, la flama tiene dos etapas diferentes. La etapa primaria de combustión es el cono interno de la flama y la combustión secundaria es la envolvente o cono externo [Figura 2.3]. La flama produce calor debido a una reacción química. El acetileno se produce con la reacción entre el carburo de calcio y agua: $(CaC_2 + H_2O \rightarrow C_2H_2 + CaOH_2)$. Cuando el acetileno (C_2H_2) se combina con el oxígeno (O_2), produce monóxido de carbono ($2CO$) + hidrógeno (H_2). Tanto el monóxido de carbono como el hidrógeno no son gases combustibles. Cuando se combinan con el oxígeno reaccionan y producen CO_2 (dióxido de carbono) y H_2O (agua + calor):



Etapas primarias y secundarias de combustión en la flama de oxiacetileno

Figura 2.3

En la etapa primaria de combustión, el acetileno arde primero con el oxígeno del cilindro y produce monóxido de carbono e hidrógeno. Estos gases, después se combinan con el oxígeno de la atmósfera para formar dióxido de carbono y vapor de agua (segunda etapa). En consecuencia, en esta reacción se pierde oxígeno hacia la atmósfera. Esto reduce la tendencia a la oxidación o la contaminación del metal. La máxima cantidad de calor se produce en la punta del cono interno. La distribución de calor de una flama de oxígeno se puede descubrir con la medición de la intensidad del calor (temperatura °C o °F) y la cantidad de calor (BTU). La cantidad de calor de la flama se conoce como valor calorífico. En la Tabla 2.1 aparece el valor calorífico en BTU del acetileno cuando se combina con oxígeno.³

	Temperatura con Oxígeno °C	BTU		
		Primaria	Secundaria	Total
Acetileno	3000	507	963	1470

Tabla 2.1

³ James A. Pender, Soldadura, McGraw-Hill, México, 1989.

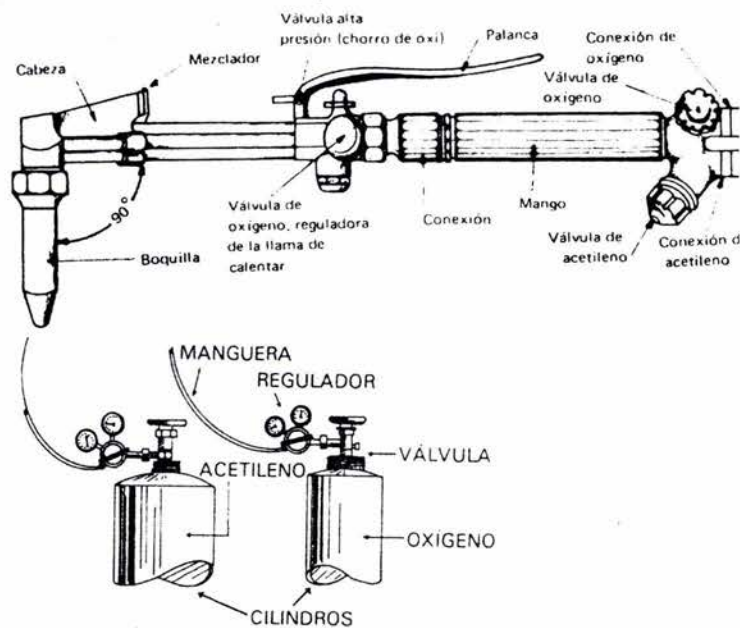
Se debe tener en cuenta que aunque el acetileno tiene alta temperatura y elevado valor de BTU en la etapa primaria, no tiene las BTU máximas totales. Esto significa que la etapa secundaria está más fría. Para calentar y cortar, la envoltente o capa secundaria de la flama produce el precalentamiento necesario.

El oxígeno por su parte es obtenido en su forma pura mediante el proceso de aire líquido o proceso electrolítico. El primero consiste en volver al aire líquido, licuar los gases del aire y separarlos mediante la destilación. El segundo proceso consiste en separar el oxígeno del agua por medio de una corriente eléctrica, pero es muy costoso y sólo resulta conveniente cuando también se va a aprovechar el hidrógeno.

Cuando el oxígeno se combina químicamente con otro elemento, la reacción entre ellos se llama oxidación. Si la oxidación es muy rápida produce calor y luz y se llama combustión. Un clavo herrumbroso es un ejemplo de la oxidación. Sin embargo, el calor que se produce durante el proceso de oxidación se disipa con facilidad porque la formación de herrumbre es muy lenta. Por otra parte, si un metal, en especial si está caliente, se pone en contacto con oxígeno puro, la rapidez de la oxidación es mucho mayor. Este es el principio que se aplica en el proceso de corte con oxiacetileno.

El equipo básico para corte con oxiacetileno se ilustra en la figura 2.4 y consta de:

1. Cilindros de oxígeno y acetileno.
2. Válvulas.
3. Reguladores.
4. Mangueras.
5. Soplete para Corte.
6. Boquillas para Corte.



Equipo básico para soldadura con oxiacetileno

Figura 2.4

Todo este equipo tiene la finalidad de producir y controlar una flama de oxiacetileno. El propósito del soplete de corte es suministrar la flama para precalentar el metal y para abastecer la corriente de oxígeno puro para el corte. El método para mezclar los gases en un soplete de corte es el mismo que se emplea en los sopletes de soldadura,; es decir, se mezclan a presiones iguales o con el uso del principio de inyector [Figura 2.5]. Las diferentes partes que componen la flama de oxiacetileno se muestran en la figura 2.6.

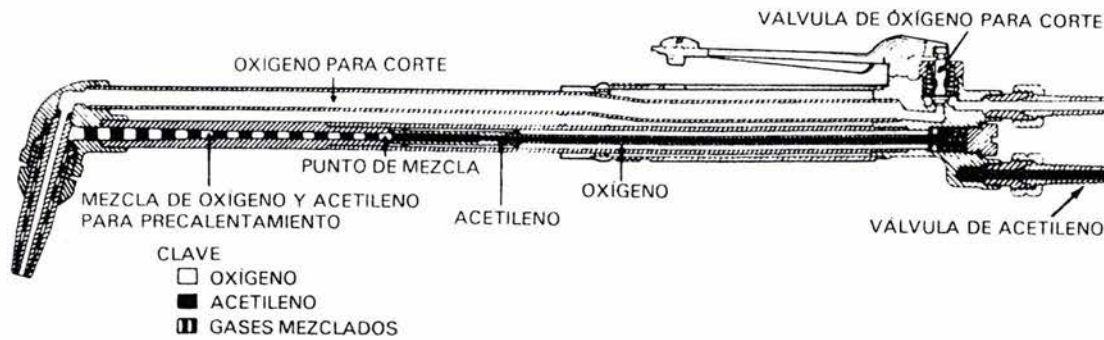


Figura 2.5

Cuando se calienta un metal ferroso hasta ponerlo al rojo y, luego se le expone a la acción del oxígeno puro, ocurre una reacción química entre el metal caliente y el oxígeno. Esta reacción, llamada oxidación, produce una gran cantidad de calor. Con este proceso continuo de oxidación, se puede cortar el espesor del metal con rapidez.

Las boquillas para corte están hechas con un anillo de agujeros o aberturas que rodean al agujero del oxígeno para corte [Figura 2.7]. Cada uno de estos agujeros suministra una flama de precalentamiento, que produce una distribución uniforme del calor en todo el contorno del orificio para oxígeno y permite cambiar en cualquier momento la dirección del corte. Un chorro limpio y cilíndrico de oxígeno siempre producirá un corte uniforme. Cuanto más grueso sea el metal, mayor es el tamaño de la boquilla requerida.

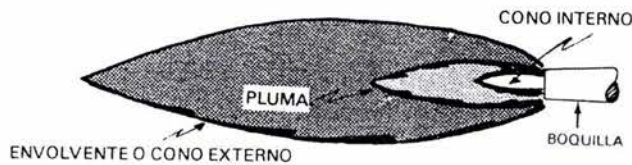


Figura 2.6



Figura 2.7

2.1.2 ESMERILADO Y CORTE CON DISCO

El esmerilado es un proceso de remoción de material en el cual las partículas abrasivas están contenidas en una rueda de esmeril aglutinado que opera a velocidades superficiales muy altas. La rueda de esmeril tiene por lo general forma de disco balanceado con toda precisión para soportar altas velocidades de rotación. Los esmeriles son conocidos también como muelas y se componen de granos abrasivos y de un material aglutinante que los mantiene unidos. Estos granos cortan como dientes cuando la rueda gira a alta velocidad y se produce el contacto con la pieza de trabajo. Las características más importantes en las propiedades de las muelas son: el tamaño de grano abrasivo, que tan cercanos se encuentran unos de otros, el tipo de grano y la cantidad de material que los une. Los espacios entre granos en una muela sirven para que escapen las virutas durante el corte y para que el fluido de corte logre hacer contacto con la pieza. Los aglutinantes orgánicos son resinas ferrosas (Resinoides) hule y lacas. Estos se caracterizan por cortar en frío y dar acabados lustrosos.

Las muelas abrasivas que giran a muy alta velocidad están reforzadas con materiales como acero nylon y fibra de vidrio, con la finalidad de aumentar su resistencia.⁴

Existen diversas formas estándar de muelas de esmerilado, donde se incluyen las cilíndricas rectas con o sin recesos en sus costados y otras se describen como cónicas en ambos lados, copa recta, copa en cono, disco y plato.

Las dimensiones principales de una muela de esmerilado son el diámetro exterior, ancho, y diámetro del agujero. Las muelas de disco son discos abrasivos cementados o emparedados de discos de acero, estos son mas resistentes o aptos para esmerilar con el perfil que las muelas convencionales.

Las muelas montadas y puntas son muelas de esmerilado, pequeñas, unos pocos milímetros de diámetro con espigas agregadas se usan a muy altas y en esmerilados portátiles.

Los trabajos de manufactura realizados por medio de piedras de esmeril pueden ser:

- Desbaste
- Afilado
- Terminado
- Corte

En la Figura 2.8 se muestran los tipos de esmerilado superficial.

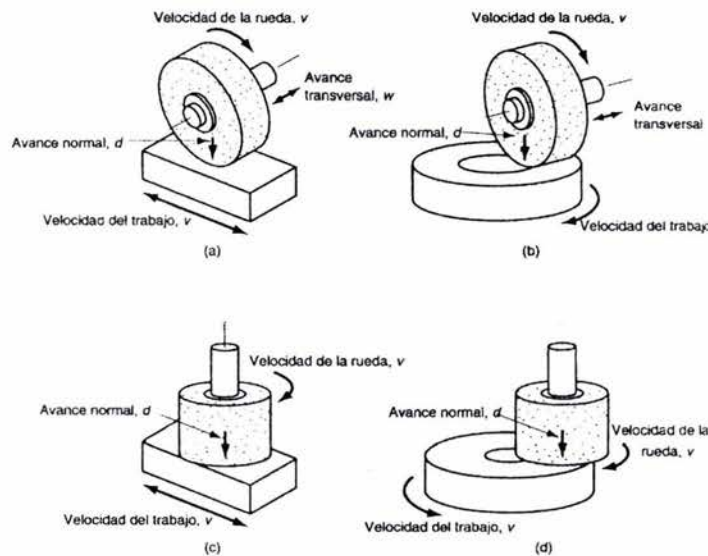


Figura 2.8

Existen varias clases de material abrasivo:

Material abrasivo	Nombre de los materiales
Natural	Corundum, esmeril y cuarzo
Artificiales	Electrocorundum, corindón artificial, carborundum (carburo de silicio)

⁴ Groover. Op. cit. p. 657.

Los granos abrasivos en los esmeriles pueden tener diferentes tamaños. Cuando el grano es muy grueso se tiene gran rendimiento pero las superficies resultantes son ásperas. Con grano fino se tienen rendimientos reducidos en cantidad de viruta desprendida pero con superficies con acabados de calidad.

Los aglutinantes pueden ser minerales o vegetales. Los minerales son por lo regular de magnesita que endurecen con el aire, como son sensibles a la humedad las muelas con estos aglutinantes sólo pueden ser operadas en seco. También como aglutinantes minerales se manejan los que tienen como base a los silicatos, los que sí pueden trabajar en húmedo. Los aglutinantes vegetales se componen de caucho, goma laca, o bakelita, son tenaces y elásticos pueden emplearse en muelas que se vayan a utilizar con altas temperaturas. La dureza de las muelas se refiere a la dureza de los aglutinantes. Las muelas duras son porque el aglutinante es muy duro y las blandas por que su aglutinante es blando. Las muelas blandas se utilizan para materiales duros y las duras para materiales blandos.

Las muelas tienen tres designaciones:

- 1) Designación de su granulado, la que se indica con números que van desde el 8 hasta el 600.

muy basto	8 a 10	fino	70 a 120
basto	12 a 24	muy fino	150 a 240
medio	30 a 60	pulverulento	280 a 600

Los números se refieren a la malla del material abrasivo.

- 2) Designación de la dureza de las muelas, la que se indica por medio de letras.

Muy blanda	E,F,G	Dura	P,Q,R,S
Blanda	K,I,J,K	Muy dura	T,U,V,W
Media	L,M,N,O	Durísima	X,Y,Z

- 3) Designación de la estructura. Se considera como estructura a la porosidad de la muela; compacta, media o porosa, se representa por medio de números romanos.

Compacta I, II, III	Media IV, V, VI	Porosa VII, VIII, IX
---------------------	-----------------	----------------------

Como en todas las máquinas herramienta las muelas utilizan una velocidad de corte, la cual también es conocida como velocidad periférica de la muela. Su cálculo se logra por medio de la siguiente fórmula:

$$V_s = (\pi D n) / (1000 \times 60)$$

En donde

n = número de revoluciones de la muela

D = diámetro de la muela en mm

V_s = velocidad periférica de la muela o velocidad de corte en m/s

Por lo regular las V_s se encuentran en las tablas de los fabricantes de piedras de esmeril.⁵

La penetración o profundidad por pasada es de:

Desbastado: 0.01 a 0.03 mm

Afinado: 0.0025 a 0.005 mm

2.1.3 TALADRADO

El taladro es una máquina herramienta que se utiliza para hacer perforaciones o dar terminado a barrenos o agujeros por medio de un proceso de arranque de viruta. El taladro está constituido esencialmente por un pedestal o placa de asiento, una columna, una mesa para soportar la pieza, un husillo provisto de movimiento rotatorio (movimiento principal), un mecanismo para el avance de la herramienta, un mecanismo que transmite el movimiento de rotación y un motor. En la Figura 2.9 aparece un taladro de columna típico, en ella se muestran algunas de las partes mencionadas.⁶

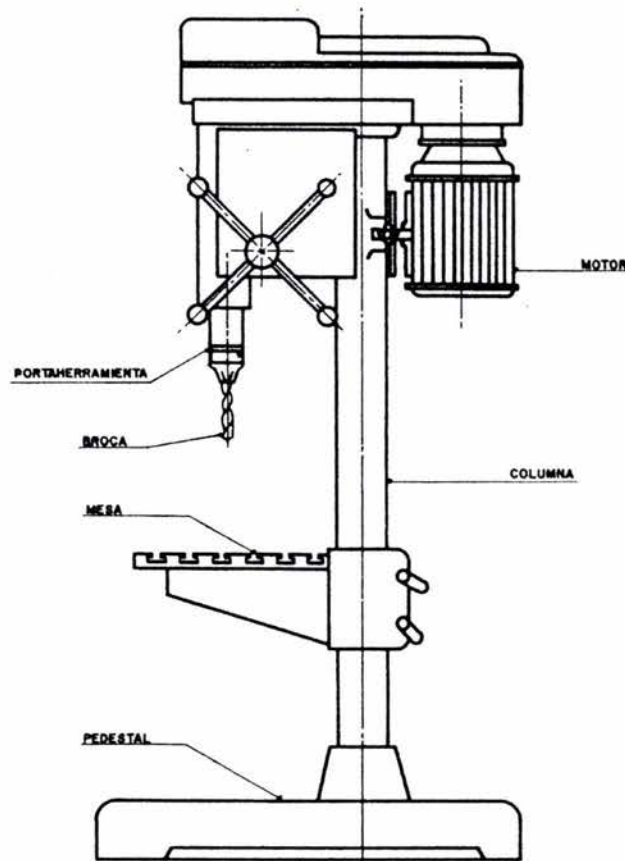


Figura 2.9

Las diferentes actividades que se pueden realizar por medio de una máquina de taladrar se presentan en la siguiente tabla:⁷

⁵ Ver Apéndice C.1

⁶ Ulrich Schärer Säuberli (Trad. José Antonio Rico Mora), *Ingeniería de Manufactura*, CECSA, México, 1984, p. 318

⁷ Página Web [2]

Actividad	Herramienta	Descripción
Perforaciones o taladros	Broca	Orificios que tienen terminado de desbastado, pueden ser rectos o cónicos. Las brocas son herramientas de dos filos y punta
Escariado	Penetrador o escariador	Orificios con gran precisión en sus dimensiones, únicamente se fabrican de manera recta. Los penetradores son herramientas de varios filos para terminado de gran precisión, los que pueden ser manuales o para máquinas herramienta.
Barrenado	Barrena	Perforaciones pasantes con terminado de gran calidad, se consideran como operaciones de ajuste, mas que de perforación. La barrena es una herramienta sin punta y de varios filos.
Avellanado	Avellanador	Herramienta con punta de 75° o 90° que se utiliza para eliminar las orillas de los bordes de un agujero previamente realizado.
Ajuste	Cuchillas de ajuste	Herramienta que se coloca en el taladro para dar propiamente un terminado a un barreno previamente realizado. Las herramientas pueden ser de cuchillas ajustables o de fieltro.

Las perforaciones o taladros pueden ser pasados o ciegos y estos a su vez pueden ser rectos o cónicos. Los diferentes tipos de taladro van desde el berbiquí o taladro de pecho, hasta los grandes taladros industriales como el radial.

La clasificación de las máquinas para taladrar se muestra a continuación:⁸

Nombre	Características	Descripción
Taladro de mano o pecho	El diámetro máximo de las brocas permisibles es de 5 mm. Sólo para materiales de poca dureza.	Son las máquinas más antiguas para taladrar, se operan con las manos y algunas tienen un dispositivo llamado matraca para permitir el ir y venir de la herramienta. También existen con engranes.
Taladro manual eléctrico	Diámetro máximo de broca 10 mm, la máquina también se utiliza para pulir, o cortar con los discos adecuados. Tienen problemas en la precisión de los taladros ejecutados.	Son máquinas a las que a un motor eléctrico se les coloca un dispositivo de sujeción, en el cual se ponen las brocas o los dispositivos. Se pueden utilizar en varios lugares pues son portátiles.
Taladro de mesa	Equipo que puede utilizar brocas de 12 mm y que produce barrenos de precisión (en cuanto al lugar en que se quieren hacer). No tienen avance automático.	Son equipos pequeños que cuentan con una base la que a su vez funciona como mesa de trabajo, columna no mayor a 60 cm y cabezal principal en el que se ubican dos poleas y los dispositivos para que funcione el husillo principal. Se puede colocar en un banco de trabajo y mover de lugar con facilidad relativa.
Taladro de columna	Equipo que puede utilizar brocas, barrenas, penetradores y avellanadores. Tiene avance automático y más de 6	Equipo pesado de precisión que está integrado por base, mesa de trabajo, columna, cabezal fijo, caja de velocidades,

⁸ Página Web [2].

	velocidades en el husillo principal. Puede ejecutar barrenos hasta de 30 mm.	manivela de actuación, poleas de velocidades, motor y husillo principal.
Taladro en serie	Son varias cabezas de taladrar colocadas una después de la otra, con ellas se pueden hacer trabajos relacionados con los taladros en serie.	La máquina se podría describir como varias cabezas de taladro de columna con todos sus aditamentos compartiendo una sola mesa de trabajo.
Taladro múltiple	Un solo cabezal con varios husillos principales, los que pueden actuar al mismo tiempo haciendo varios barrenos o perforaciones en una sola pasada.	Una máquina con un cabezal fijo pero con varios husillos.
Taladro radial	Máquina de gran tamaño que mueve su cabezal, su mesa de trabajo y el husillo principal con motores independientes. También puede girar por lo menos 90° su cabezal, con lo que se pueden ejecutar barrenos de manera horizontal o inclinados.	Máquina con una base muy robusta sobre la cual se colocan la mesa de trabajo y sus aditamentos. También en la base se sustenta la columna, la que es de gran tamaño. En la columna se ubica un brazo que sostiene al cabezal principal con sus aditamentos y motor.
Taladro horizontal	Es una máquina que se utiliza para dar terminado a barrenos previamente ejecutados o para hacerlos más grandes. Opera de manera independiente su mesa de trabajo y la barra portadora de la herramienta.	Máquina de gran precisión y costo, en la que una pieza con un taladro previamente realizado puede ser aumentado el diámetro y mejorando su terminado.

Los taladros son máquinas para la producción de pieza por pieza, no se utilizan para la fabricación de piezas en masa. Cuando es necesaria la fabricación de taladros, escariados o barrenos en grandes cantidades se utilizan las máquinas de control numérico. Estas máquinas con herramientas especiales muy parecidas a las brocas, barrenas o penetradores se realizan trabajos de producción masiva.

Características de las máquinas para taladrar

- Potencia
- Diámetro máximo de husillo principal
- Número de velocidades
- Distancia de carrera del husillo principal
- Distancia del husillo a la mesa de trabajo
- Tamaño de la mesa de trabajo
- Tipo de ranuras para sujeción de la mesa de trabajo
- Sistema de avance automático

Cuando se taladran agujeros en piezas que no son perforadas en serie, primeramente se realiza el trazado y graneteado. Siempre que se taladran agujeros con diámetro grande (aproximadamente mayor a 10mm), en máquinas de tamaño reducido (1.5 kW o menos), la operación se realiza en dos etapas: durante la primera, se taladra con una broca cuyo diámetro sea por lo menos igual a la longitud del filo transversal de la broca empleada para medida definitiva; en la segunda etapa, se obtiene el diámetro definitivo del orificio, como se muestra en la figura 2.10.

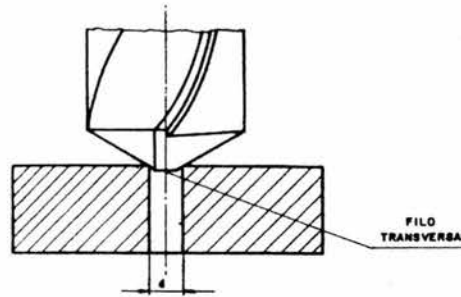


Figura 2.10

Para programar el tiempo que se utilizará la máquina para un trabajo de barrenado determinado es necesario utilizar la fórmula de tiempo principal.

$$T_p = L / (S \times N)$$

En donde:

T_p = tiempo principal utilizado en min

L = longitud total de trabajo incluyendo la longitud anterior y ulterior

S = avance recomendado en mm/rev

N = número de revoluciones por minuto de la herramienta

En la elección de una broca habrá que tomar en cuenta lo siguiente: tamaño del agujero, material de la pieza y tipo de afilado a utilizar.⁹

2.2 ENSAMBLE

El proceso de ensamble consiste en unir dos o más partes separadas para formar una nueva entidad, los componentes de ésta quedan unidos en forma permanente o semipermanente. Los procesos de unión permanente incluyen: la soldadura térmica, la soldadura fuerte, la soldadura blanda y el pegado con adhesivos. Estos procesos forman una unión entre componentes que no pueden deshacerse fácilmente. Los métodos de ensamble mecánico aseguran dos o más partes en una unión que puede desarmarse cuando convenga; el uso de tornillos, pernos, tuercas y demás sujetadores roscados son métodos tradicionales importantes dentro de esta categoría. El remachado, los ajustes a presión y los encajes de expansión son otras técnicas de ensamble mecánico que forman uniones más permanentes.¹⁰

2.2.1 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

La soldadura es un proceso para la unión de dos metales por medio de calor y/o presión y se define como la liga metalúrgica entre los átomos del metal a unir y el de aporte. Existen diversos procesos de soldadura los que difieren en el modo en que se aplica el calor o la energía para la unión. De una manera general quedan agrupados en:

- Soldadura blanda
- Soldadura fuerte
- Soldadura por forja

⁹ Ver Apéndice A.11, C.2 y C.3

¹⁰ Groover. Op. cit. p. 19.

Soldadura con gas
Soldadura con resistencia
Soldadura por inducción
Soldadura por arco
Soldadura por vaciado
Soldadura por fricción
Soldadura por explosión

Para lograr la soldadura algunos procesos requieren sólo de fuerza y calor para la unión, otros requieren de un metal de aporte y energía térmica que derrita a dicho metal. Cada uno de los diferentes procesos de soldadura tienen sus características de ingeniería particulares y sus costos específicos.

Existen diferentes tipos de uniones de los materiales; estas uniones se conocen como juntas y van desde las elementales hasta las más complejas. Su aplicación dependerá fundamentalmente del tipo de material a utilizar, la apariencia de la unión y del uso que se dará a la unión.¹¹

Soldadura por Arco Eléctrico. Es el proceso en el que su energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma entre la pieza y un electrodo. El arco eléctrico se forma al polarizar el metal base negativamente y el electrodo positivamente, al acercar el electrodo se forma el arco eléctrico localizado en las zonas más próximas donde el metal base alcanza temperaturas de 3000 a 6000 °C que derriten también el acero del electrodo debido al campo electromagnético formado, el metal de aporte es forzado a depositarse en el metal base, por lo que es posible realizar soldaduras contra la gravedad a su vez el recubrimiento del electrodo formado por minerales inertes (rutilo) se funde y alcanza la superficie del material líquido que al enfriarse forma una costra protectora de la soldadura mientras se enfría, el gas que se desprende del arco es parte debido al recubrimiento que forma una barrera protectora al depósito del metal para evitar que se mezcle con aire (hidrógeno) y quede porosa la soldadura [Figura 2.11].

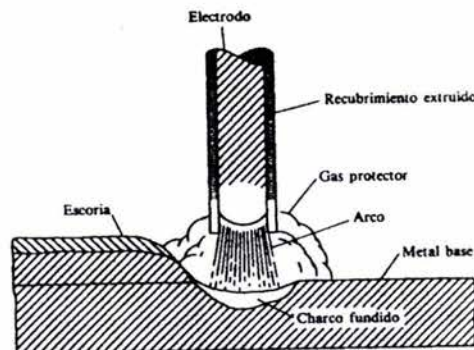


Figura 2.11

Una vez enfriado el cordón, es necesario retirar la "cáscara", para revisar o bien para aplicar un siguiente cordón.

Las labores más ligeras son efectuadas usando potencia AC por el bajo costo de los transformadores que la producen, el trabajo de alta producción industrial usualmente requiere de

¹¹ Ver Apéndice A. 4 y C.4

fuentes DC más poderosas y grandes rectificadores, para darle la polaridad exacta al proceso. El proceso es principalmente usado para soldar aleaciones ferrosas en trabajos metálicos estructurales, fabricación de barcos e industrias en general. A pesar de lo relativamente lento del proceso, por el recambio de electrodos y la remoción de la escoria, se mantiene como una de las técnicas más flexibles y sus ventajas en áreas de acceso restringido son notables.

Para la generación del arco existen los siguientes electrodos:

Electrodo de carbón. En la actualidad son poco utilizados, el electrodo se utiliza sólo como conductor para generar calor, el metal de aporte se agrega por separado.

Electrodo metálico. El propio electrodo sirve de metal de aporte al derretirse sobre los materiales a unir. Se pueden utilizar para estos electrodos máquinas para soldar de corriente directa o alterna, las segundas constan de transformadores estáticos, lo que genera bajos costos de mantenimiento e inversión inicial. Existen máquinas de 150, 200, 300, 500, 750 y 1000 A.

Electrodos recubiertos. Son electrodos metálicos con un recubrimiento que mejora las características de la soldadura; son los más utilizados en la actualidad. Las funciones de los recubrimientos son las siguientes: proporcionan una atmósfera protectora, proporcionan escoria de características adecuadas para proteger al metal fundido, facilita la aplicación de sobrecabeza, estabiliza el arco, añade elementos de aleación al metal de la soldadura, desarrolla operaciones de enfriamiento metalúrgico, reduce las salpicaduras del metal, aumenta la eficiencia de deposición, elimina impurezas y óxidos, influye en la profundidad del arco, influye en la formación del cordón y, disminuye la velocidad de enfriamiento de la soldadura.

Las composiciones de los recubrimientos de los electrodos pueden ser orgánicas o inorgánicas y estas sustancias se pueden subdividir en las que forman escoria y las que son fundentes. Algunos de los principales compuestos son: para la formación de escoria se utilizan SiO_2 , MnO_2 y FeO ; para mejorar el arco se utilizan Na_2O , CaO , MgO y TiO_2 ; desoxidantes: grafito, aluminio, aserrín; para mejorar el enlace: silicato de sodio, silicato de potasio y asbestos; para mejorar la aleación y la resistencia de la soldadura: vanadio, cesio, cobalto, molibdeno, aluminio, circonio, cromo, níquel, manganeso y tungsteno.

Los electrodos para este tipo de soldadura están sujetos a norma de calidad, resultados y tipos de uso. La nomenclatura es la siguiente: *E-XX-Y-Z*. La *E* indica que se trata de un electrodo con recubrimiento. Los dos primeros dígitos *XX* se utilizan para indicar la resistencia de la soldadura a la tensión (1000 lb/in^2). El tercer dígito *Y* se refiere a la posición en la que se puede utilizar la soldadura, por ejemplo 1 es para sobre cabeza, 2 horizontal, y 3 vertical. Por medio del cuarto dígito *Z*, se especifican características especiales de la soldadura como: si es para corriente directa, alterna o ambas; si es de alta o baja penetración. En algunas ocasiones los electrodos tienen letras al final, esto depende de la empresa que los fabricó y establece las aleaciones y características de penetración.¹²

La corriente eléctrica que se debe aplicar para generar la soldadura es muy importante, de ello depende que no se pegue el electrodo, que la soldadura fluya entre las dos piezas o que no se perforen las piezas que se van a unir.¹³

¹² Ver Apéndice C.5

¹³ Ver Apéndice C.6 y C.7

2.2.2 SUJETADOR ROSCADO

Las uniones desarmables son aquellas que reúnen varias piezas de manera solidaria y forman con ellas una misma pieza; pero que permiten, en todo momento, la separación de las piezas unidas, mediante una maniobra fácil que no deteriora los elementos. Este sistema es el más frecuentemente empleado, y uno de los medios de unión desarmable más utilizada es el empleo de tornillos y tuercas.

El tornillo es un cilindro parcial o totalmente roscado frecuentemente provisto de cabeza. La parte cilíndrica se llama vástago o caña y mediante la rosca se une a la tuerca. Los tornillos tienen forma muy variada con el fin de satisfacer múltiples necesidades. Atendiendo a la forma de la cabeza los más comunes son de: cabeza hexagonal; cabeza cuadrada; cabeza cilíndrica con ranura recta o ranuras cruzadas para destornillador; cabeza avellanada (forma de cono truncado plano); cabeza redonda con ranura; cabeza cilíndrica con hexágono interior.

De acuerdo a la forma de la cabeza se han normalizado los siguientes tornillos: 1. Tornillo avellanado; 2. Cilíndrico; 3. Alomado; 4. Gota de sebo. Se emplean en especial cuatro tipos de uniones mediante los tornillos: tornillos de unión, espárragos, tornillos pasantes y tornillos prisioneros.

Tornillos de unión. Están formados por una sola pieza que comprende: el vástago roscado con filetes en la parte inferior, y la cabeza que puede tener forma cónica plana, abombada, redonda o cilíndrica. La unión de dos piezas se hace a través de una de ellas por un agujero pasante sin rosca y se enrosca en otra como una tuerca.

Espárrago. Es una varilla roscada en los dos extremos sin variación de diámetro. Un extremo va roscado en la pieza mientras que el otro tiene rosca exterior (en lugar de cabeza). La sujeción se logra por medio de una tuerca. Los espárragos se colocan apretados a la pieza roscada mediante una herramienta especial, y cuando hay que aflojar o apretar, se hace con la tuerca.

Tornillo pasante. Es un tornillo que atraviesa las piezas a unir sin roscar en ninguna de ellas. La sujeción se efectúa mediante una tuerca y una arandela.

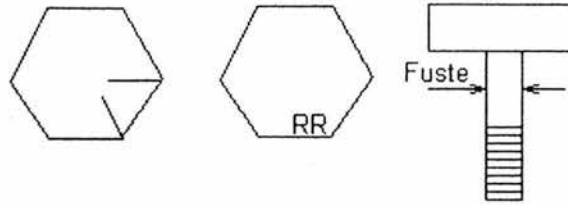
Tornillo prisionero. El tornillo prisionero es una varilla roscada por un extremo. No tiene cabeza sino una ranura. Su colocación se realiza entre la tuerca y el tornillo, taladrando previamente y luego, roscando.

Tuerca. La tuerca es el elemento que, junto con el tornillo, sirve para sujetar piezas. Su forma exterior es diversa y la parte central lleva un agujero roscado dentro del cual se introduce el tornillo con igual tipo y paso de la rosca. Entre las tuercas, las más empleadas son las hexagonales. Hay tuercas especiales para uniones desmontables frecuentes y que no conviene usar herramientas para el desmontaje. Son las llamadas tuercas mariposa.

Los tornillos deben satisfacer alguna de las siguientes normas ASTM-325 o ASTM-490. Todos los tornillos A-325 o A-490 deben apretarse hasta que haya en ellos una tensión mayor o igual a la siguiente tabla.

Ø tornillo	A-325	A-440
1/2	5.4	6.8
5/8	8.6	10.9
3/4	12.7	15.9
7/8	17.7	22.2
1	23.1	29.0
1 1/8	25.4	36.3
1 1/4	32.2	46.3
1 3/8	38.6	54.9

(Unidades en Toneladas métricas).



El fuste es el que da la medida del diámetro aunque también se puede considerar el diámetro exterior de la cuerda. Tanto la tuerca como el tornillo deben ser de alta resistencia, para que sirva la conexión. El apriete puede realizarse utilizando medidores de tensión o usando llaves calibradas.¹⁴

2.3 ACABADOS

Las Operaciones de Procesado de Superficie incluyen 1) limpieza, 2) tratamientos de superficie, y 3) procesos de recubrimiento y deposición de películas delgadas. La limpieza incluye procesos mecánico y químicos para quitar la suciedad, la grasa y otros contaminantes de la superficie. Los tratamientos de superficie incluyen tratamientos mecánicos como el chorro de perdigones y chorro de arena, así como procesos físicos como la difusión y la implantación iónica. Los procesos de recubrimiento y deposición de películas delgadas aplican un revestimiento de material a la superficie exterior de la pieza de trabajo. Los procesos comunes de revestimiento incluyen el electro-depositado, el anodizado del aluminio, los recubrimientos orgánicos (conocidos como pinturas) y el esmalte de porcelana. Los procesos de deposición de películas delgadas incluyen la deposición química y física de vapores para formar revestimientos sumamente delgados de sustancias diversas.

Las razones por las cuales se aplican recubrimientos a la superficie de una parte o producto son: 1) protección contra la corrosión, 2) color y apariencia, 3) resistencia al desgaste y 4) preparación para procesamientos siguientes.¹⁵

2.3.1 PINTURA

Dependiendo del producto a aplicar, tipo de soporte, tamaño de la superficie y lugar de trabajo, la elección del proceso acertado será la clave para lograr el máximo beneficio. Existen Diversos sistemas de aplicación de Pintura como son: Airless, Aerográfico, Mixto y Electrostático.

¹⁴ Ver Apéndice A.5

¹⁵ Ver Apéndice A.10

En el Sistema Aerográfico. El producto es bombeado, llegando a la pistola a baja presión (de 0,5 a 6 kg./cm²) o bien, tomado por succión de la taza de la propia pistola y es pulverizado o goteado por el aire a presión que incide sobre él. Consumo de aire de 150 a 400 lts./min. Presión de aire de 2 a 5 kg./cm². La relación consumo de aire y presión, que son dos cosas distintas, determina el tamaño o potencia del compresor a emplear. Los elementos que lo componen son

Pistola. [Figura 2.12]

Recipiente contenedor o bomba.

Mangueras de aire y producto.

Compresor.

Elementos de preparación del aire



Figura 2.12

Existen distintos tipos de pistola según: se disponga de válvula de aire no: pistola con escape de aire libre, pistola sin escape de aire libre; sea de mezcla interna o externa; tipo de alimentación: succión, gravedad, presión.

La manguera de aire suele estar formada por dos capas de caucho vulcanizado con un trenzado de hilo de algodón entre las dos capas. Tanto para la conducción de aire como la de producto, los diámetros interiores y longitud de las mangueras, deben calcularse detenidamente puesto que la pérdida de presión puede ser tan alta, que impida la adecuada realización del trabajo. El uso de una manguera de diámetro interior demasiado pequeño o demasiado larga, produce una presión insuficiente para la adecuada pulverización del material.¹⁶

2.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Para operar en forma efectiva, una empresa manufacturera debe tener sistemas que le permitan lograr eficientemente el tipo de producción que realiza. Los sistemas de producción consisten en mano de obra, equipos y procedimientos diseñados para combinar los materiales y procesos que constituyen sus operaciones de manufactura. Los sistemas de producción pueden dividirse en dos categorías: 1) instalaciones y 2) apoyo a la manufactura. Ambas categorías de sistemas de producción incluyen al personal; ellos hacen que estos sistemas trabajen. En general, el personal operativo es responsable de operar el equipo de manufactura y el personal profesional es responsable del apoyo a la manufactura.

2.4.1 INSTALACIONES PARA LA PRODUCCIÓN

Las instalaciones de producción comprenden la planta, el equipo de producción y el equipo de manejo de materiales. El equipo entra en contacto físico directo con las partes y ensamblajes conforme éstos se fabrican. En éstas se incluye también la disposición del equipo dentro de la fábrica: la disposición de la planta.

¹⁶ Ver Apéndice C. 8

La cantidad de producción se refiere al número de unidades *de un sólo tipo* producidas anualmente. La variedad de productos se refiere a los diferentes diseños o tipos de productos fabricados en una planta. La cantidad de productos hechos por una fábrica influye significativamente sobre la forma en que ésta organiza su personal, sus instalaciones y sus procedimientos. Las cantidades anuales de producción pueden clasificarse en tres categorías: 1) baja producción comprendida en un rango que va de 1 a 100 unidades por año, 2) producción media en el intervalo de 100 a 10,000 unidades por año y 3) alta producción de 10,000 a varios millones de unidades anuales. Se requieren diferentes instalaciones para cada una de las tres categorías antes mencionadas.

Producción en baja cantidad. Se usa frecuentemente el término de taller de trabajo para describir las instalaciones de producción. Un taller hace bajas cantidades de productos especializados y a la medida. El equipo en un taller es de propósito general y la mano de obra es altamente calificada. Un taller de trabajo debe diseñarse para máxima flexibilidad, a fin de enfrentar la amplia variedad de productos que se pueden fabricar. Si el producto es grande y pesado, y por tanto difícil de mover dentro de la fábrica, tendrá que permanecer en una ubicación única mientras se fabrica o se ensambla. Los trabajadores y el equipo de proceso son llevados al lugar del producto en lugar que el producto se mueva hacia el equipo. Este tipo de disposición de planta se conoce como disposición de posición fija, el cual se ilustra en la figura 2.13 (a). Se le llama disposición de proceso al arreglo en el cual los componentes individuales que forman estos grande productos se hacen comúnmente en fábricas donde el equipo se dispone según su función o tipo, como se muestra en la figura 2.13 (b).

Producción en mediana cantidad. En este rango de producción media se distinguen dos tipos diferentes de instalaciones. Cuando la variedad de producto es fuerte – existe diferencias grandes entre los productos – el enfoque usual es la producción por lotes, en la cual se fabrica un lote de productos, después de éste se cambian las instalaciones para producir un lote del siguiente producto, y así sucesivamente. De esta forma puede compartirse el mismo equipo entre múltiples productos. El equipo se organiza en una disposición de proceso, véase figura 2.13 (b). Si la variedad de productos es suave – existen diferencias pequeñas entre los productos – suele configurarse el equipo para que los grupos de productos similares puedan manufacturarse en el mismo equipo sin perder mucho tiempo en el cambio de herramienta.

El proceso o ensamble de los diferentes productos o partes se realiza en células que consisten en varias estaciones de trabajo o máquinas. El término manufactura celular se asocia frecuentemente con este tipo de producción. La célula se especializa en la producción de un conjunto determinado de partes similares. La disposición de planta se llama disposición celular y se muestra en la figura 2.13 (c).

Producción en altas cantidades. Se conoce también como producción en masa y se caracteriza por una alta demanda del producto y porque las instalaciones están dedicadas a la manufactura de ese único producto. La producción en cantidad comprende la producción en masa de partes sencillas con piezas sencillas del equipo. Las disposiciones típicas que se usan en la producción de grandes cantidades son: la disposición de proceso y la disposición celular [Figuras 2.13 (b) y (c)]. La disposición en línea de flujo implica múltiples piezas de equipo o estaciones de trabajo dispuestas en secuencia, a través de la cual se mueven físicamente las unidades de trabajo para completar el producto. La disposición recibe el nombre de disposición del producto y las estaciones de trabajo se disponen a lo largo de una línea, como se muestra en la Figura 2.13 (d), o dentro de una serie de segmentos conectados.

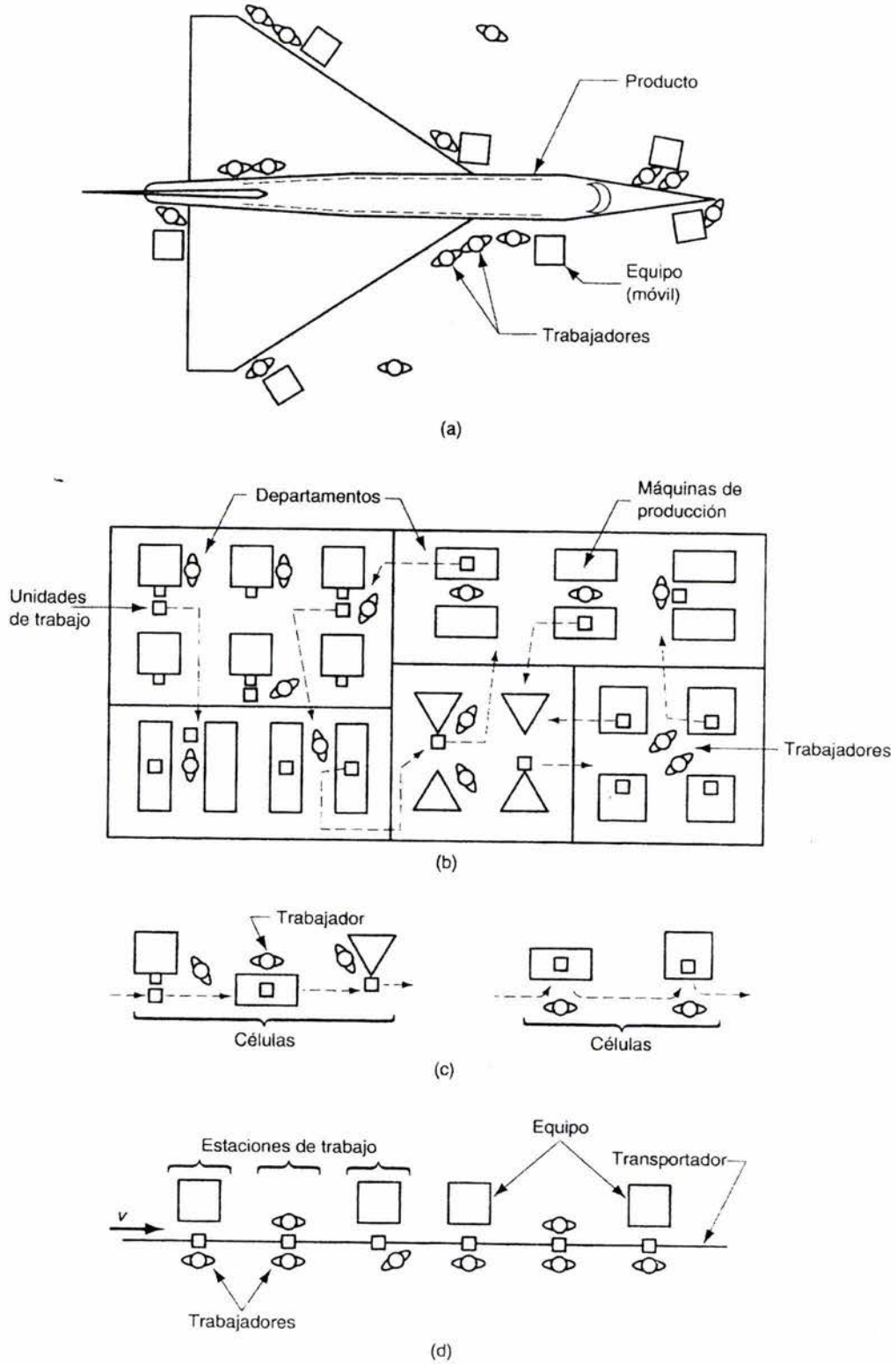


Figura 2.13

2.4.2 APOYO A LA MANUFACTURA

Para operar las instalaciones eficientemente, una compañía debe organizarse para diseñar los procesos y los equipos, planear y controlar las órdenes de producción, y satisfacer los requisitos de calidad del producto. Estas funciones se realizan con los sistemas de apoyo a la manufactura, el personal y los procedimientos mediante los cuales una compañía administra sus operaciones de producción. La mayoría de estos sistemas de apoyo no tienen contacto directo con el producto, pero planean y controlan su avance dentro de la fábrica. Las funciones de apoyo a la manufactura son frecuentemente realizadas en la empresa por personal organizado dentro de departamentos tales como los siguientes:

- Ingeniería de manufactura. Este departamento es responsable de planear los procesos de manufactura, es decir, decide cuáles procesos deben usarse para fabricar las partes y ensamblar los productos. Se encarga también de diseñar y ordenar las máquinas herramienta y otros productos que utilizan los departamentos operativos para realizar el procesado y ensamble de productos.
- Planeación y control de la producción. Este departamento es responsable de resolver los problemas logísticos en la manufactura: ordenar los materiales y partes a comprar, programar la producción y asegurar que los departamentos operativos tengan la capacidad necesaria para cumplir con los planes de producción.
- Control de calidad. La producción de artículos de alta calidad deben tener la más alta prioridad de cualquier empresa manufacturera. Ello significa diseñar y construir productos que satisfagan las especificaciones y satisfagan o excedan las expectativas de los consumidores. Gran parte de este esfuerzo es responsabilidad de control de calidad.

CAPÍTULO 3 FABRICACIÓN

Este capítulo tiene por objetivo mostrar la aplicación de los conocimientos teóricos comprendidos por los capítulos anteriores a un caso real, de tal forma que con la ayuda de los planos y diseños se estimen y evalúen aquellos aspectos relacionados con la metodología de esta Tesis. Tales aspectos son:

- Disposición de Taller.
- Selección de Procesos de Manufactura para la fabricación.
- Selección de Personal, Equipo y Herramienta.
- Velocidades de equipo y herramienta.
- Evaluación de tiempos de producción.
- Identificación de Materiales y Elementos Estructurales.

A grandes rasgos, la fabricación comprende los siguientes puntos generales:

1. Cortar perfiles estructurales – por medio de distintos métodos – como ángulos, polines o monten, placas de acero, soleras, redondos y vigas IPR; para después formar con ellos los elementos estructurales.
2. En algunos casos se tendrán que barrenar ciertas piezas y no todos los agujeros serán del mismo tamaño.
3. Algunos elementos estructurales están conformados por dos o más piezas cortadas, por lo que será necesario el empleo de soldadura por arco eléctrico para unirlos.
4. Antes de poder cortar o soldar las piezas los materiales deben ser previamente preparados, por lo que involucran tareas de trazado y esmerilado.
5. Se aplicará pintura de taller a los elementos ya terminados y previamente limpiados mediante abrasivos.

Para entender la forma de cómo se manejaron los procesos de fabricación será necesario incluir el esquema de disposición del Taller en el sitio de obra, éste se muestra en el Esquema I. El orden de ejecución de la fabricación no se comprende dentro de este capítulo, por tanto se agrupan las piezas conforme a su similitud respecto a otros elementos o procesos. Las dimensiones exactas de las piezas aparecen en la Tabla 5.1 del *Capítulo 5*.

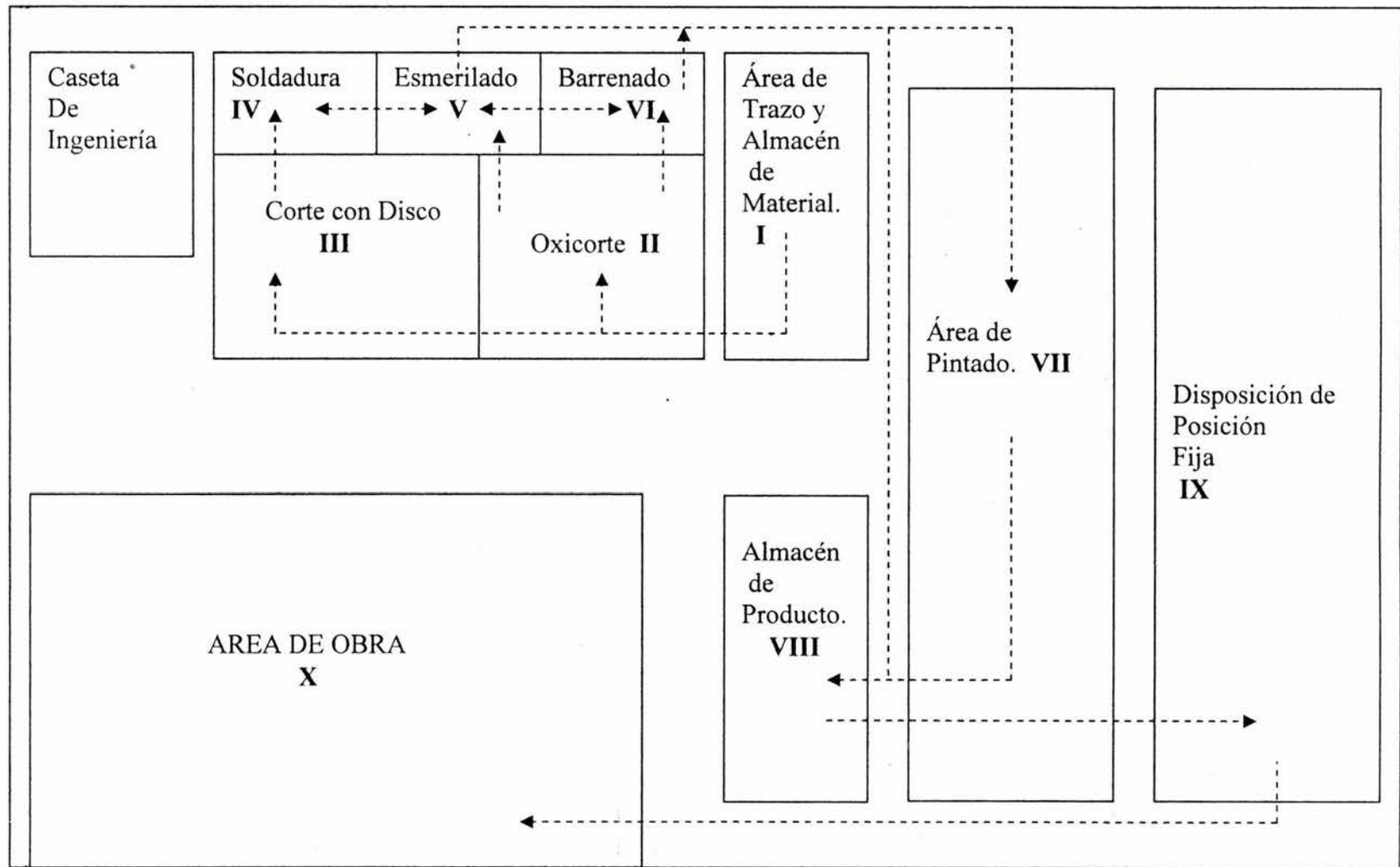
A continuación se presentan las diversas tablas, ecuaciones y valores teóricos, con los cuáles fueron calculados los tiempos según el procesos u operación. A partir de la *Sección 3.1* y en adelante serán empleados dichos valores en la fabricación de piezas y elementos estructurales.

Materiales¹

Las especificaciones de materiales empleadas para la fabricación y el montaje de los elementos estructurales fueron observadas por el autor dentro de los planos de diseño y son las que a continuación aparecen:

- Placas de acero A-36 $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Perfiles ligeros laminados en caliente de acero A-572 Gr.50 $F_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$

¹ Apéndice A.



Esquema I DISPOSICIÓN DE TALLER

- Todas las soldaduras serán de la serie E-70xx según A.W.S. (American Welding Society). Los electrodos elegidos para trabajar fueron E-7018 y E-7024.²

Las dimensiones de las piezas son mencionadas en las siguientes secciones así como en la Tabla 5.1.

Oxicorte³

En la siguiente tabla, los valores no están referidos a un tipo o clase de perfil, sino más bien al espesor de cualquier perfil o placa. Una vez que se identifica el espesor entonces se calcula la longitud de corte (en cm) según la geometría del perfil o la pieza, finalmente se multiplica dicha longitud por la velocidad de avance correspondiente para determinar el tiempo de corte. Por tanto, se tiene la misma velocidad de corte para distintos perfiles con igual espesor pero distintos tiempos, ya que la longitud de corte está con base al perímetro dado por la geometría del perfil o la pieza trazada.

Espesor a cortar (mm)	Veloc. Avance Oxicorte cm/min
5	33.3
8	29.2
10	25.0
12	21.7
15	20.0
20	18.3
25	16.7
30	15.8

Soldadura⁴

Los valores siguientes representan teóricamente la velocidad de avance de la soldadura con arco eléctrico según la posición en la que se encuentra el soldador. Esta última puede ser vertical, horizontal o inclinada.

11.5 cm/min (Posición Vertical – Subida; Filete)
30.0 cm/min (Posición Horizontal; Filete)
49.0 cm/min (Posición Inclinada – Bajada; Filete)

Si consideramos una eficiencia del 66% sobre el avance en soldadura, dada la destreza mostrada por los soldadores en la obra. Entonces el Avance resulta de:

7.8 cm/min (Posición Vertical – Subida; Filete)
20.0 cm/min (Posición Horizontal; Filete)
32.0 cm/min (Posición Inclinada – Bajada; Filete)

² Apéndice C.5

³ D. Seferian, “Las soldaduras” (Técnica y Control), URMO, Página 418.

⁴ James A. Pender, Soldadura, 3ª. Edición. Página 205.

Taladrado

Los taladros empleados fueron de pedestal de 650 RPM y 0.30 HP; y taladros manuales de velocidad variable fue de 450 RPM y 0.50 HP. El cálculo del tiempo necesario para realizar un agujero completo con taladro se aproxima mediante el empleo de las siguientes ecuaciones y las tablas del Apéndice C.2.

Ecuación 3.1
$$N = \frac{v}{\pi D},$$

Ecuación 3.2
$$s_r = Ns,$$

Ecuación 3.3
$$A = 0.5D \tan\left(90 - \frac{\theta}{2}\right),$$

Ecuación 3.4
$$T = \frac{t + A}{s_r}$$

donde:

N = velocidad del husillo (rev/min)

v = velocidad de corte (mm/min)

D = diámetro de broca (mm)

s_r = avance (mm/min)

s = avance (mm/rev)

A = tolerancia de aproximación (mm)

t = espesor de trabajo (mm)

θ = ángulo de punta de la broca (118°)

T = tiempo de agujero (min)

Conociendo de antemano el tipo de material, se identifica el diámetro del barreno dentro de los planos de diseño que determina el diámetro de la broca, el cuál es usado en la tabla del Apéndice C.2 para obtener los valores v y s . Conocidos estos valores entonces se pueden resolver las ecuaciones arriba mostradas. La siguiente tabla muestra los resultados de tiempos empleando dichas ecuaciones.

Espesor (mm)	Tiempo Talad. (min)		
	Diám. Broca (mm)		
	6.4	14.3	25.4
1.9	0.041	0.054	0.085
4.8	0.072	0.079	0.110
6.4	0.089	0.093	0.125
7.9	0.106	0.106	0.138
12.7	0.157	0.148	0.181
15	0.182	0.168	0.201
19.1	0.226	0.204	0.237
25.4	0.293	0.259	0.293

Esmerilado

Las partes a esmerilar son exclusivamente los cantos de las placas cortadas por el oxicorte. En el proceso de esmerilado se empleó un esmeril manual de 6500 rev/min con discos de 175 x 6 x 22.2 mm tipo A30TB47A de 8600 rev/min máximo. El autor propone la siguiente relación – con base a la experiencia en campo – para determinar el tiempo de esmerilado de una superficie previamente cortada por un proceso de oxicorte: el tiempo de esmerilado es proporcional al doble del tiempo requerido para realizar el oxicorte.

Trazado

Este proceso es uno de los de mayor importancia porque de él depende en gran parte la calidad de la pieza. Cualquier error durante este proceso afecta de manera inmediata y consecutiva a los procesos siguientes. La aproximación del tiempo consumido durante el desarrollo de esta operación es propuesta por el autor mediante la siguiente tabla con base a la experiencia obtenida en la obra.

TIEMPO TRAZO (MIN)											
Longitud (mm)						No. Barrenos					
150	300	500	750	1000	1500	2000	2	4	6	12	16
0.05	0.10	0.20	0.25	0.35	0.50	0.75	0.08	0.16	0.30	0.60	0.80

Corte con disco Abrasivo

La tabla siguiente muestra el tiempo empleado en cortar a un perfil por su sección transversal empleando un disco abrasivo de 14 in, el cual gira a una velocidad aproximada de 3400 rev/min. Estos valores son propuestos por el autor de acuerdo a las condiciones del lugar de trabajo.

Perfil Comercial	Corte Transversal (min)
Mon-Ten 8MT14	0.25
Mon-Ten 10MT14	0.3
Ang. 1/8"	0.2
Ang. 3/16"	0.3
Ang. 1/4"	0.35
Redondo 1"	0.5

Pintura

El avance recomendado para depositar una capa de pintura o primer es de 1.22 m²/min empleando de forma manual una pistola de aire.

Tiempos Muertos

Estos tiempos comprenden las operaciones como: manipulación de piezas; conexión y desconexión de equipos; manipulación de instrumentos, equipos y herramientas; afilado de herramientas de corte; cambio de consumibles; sujeción de piezas; cambio de posiciones del trabajador; entre otros. La Tabla que se muestra a continuación, es producto de un análisis de campo en el sitio de obra. Se muestra un factor por el cuál debiera ser multiplicado el tiempo de la operación para obtener el tiempo muerto en el desarrollo de ese proceso.

OPERACIÓN	FACTOR TIEMPO MUERTO
Trazo	1.5
Oxicorte	0.5
Corte Disco	1.1

Taladrado	2.2
Soldadura	1.0
Esmerilado	0.3
Pintura	2.0

A continuación se presenta la fabricación de los elementos estructurales, para lo cuál se engloban mediante una categoría o nombre a aquellos elementos que presentan características de fabricación y geometría similares, para su mejor visualización se representan mediante imágenes o diseños.⁵ Por medio de sus nombres y/o claves se pueden ubicar dentro de las tablas correspondientes los resultados siguientes obtenidos a partir de las fórmulas y factores arriba descritos:

- ✓ Procesos de manufactura que intervienen en la fabricación.
- ✓ Tiempo requerido por cada proceso.
- ✓ Tiempo muerto por cada proceso.
- ✓ Número de personas que se requieren por proceso.
- ✓ Tiempo total por pieza.
- ✓ Número total de personas requeridas por pieza.
- ✓ Número total de piezas solicitadas.
- ✓ Tiempo total para fabricar el número total de piezas solicitadas, expresado en días.

3.1 CARTABONES

El obtener un cartabón completo requiere de una pieza rectangular y otra pieza en forma de trapecio o bien, cuatro rectangulares. El proceso de fabricación comprende:

Cartabón A, C, E, H, I [Figura 3.1 (a)]

1. Trazo de los contornos rectangulares y trapecios sobre una placa de 5/16 in de espesor de 4ft x 10 ft. empleando distintas plantillas según el tamaño. Una persona.
2. Corte por medio del equipo de corte manual de oxiacetileno de las figuras sobre la placa. Para guiar el corte recto fue necesario emplear una regla. La boquilla a empleada del no. 2. Dos personas.
3. Esmerilado del borde de las figuras para conseguir un canto limpio y lo más plano posible. Una persona.
4. Trazo sobre las piezas rectangulares para la disposición de cuatro agujeros y una línea para indicar el lugar de unión entre piezas. Una persona.
5. Taladrado con una broca guía de 1/4 in. Para evitar perder tiempo en cambio de herramienta (broca) se decidió barrenar todas las piezas de un tamaño determinado con la guía y posteriormente se hizo el cambio de herramienta. Luego, un segundo taladrado, con una broca de 9/16 in, era necesario para obtener el diámetro requerido. Una persona.
6. Soldadura de la pieza en forma de trapecio con la pieza rectangular ya barrenada. Para ello se emplearon electrodos del tipo E-7018. Posición para soldar horizontal. Debido al calor generado y para evitar el pandeo de las placas se decidió soldar en forma alternada por ambos lados de la placa trapecio. Dos personas.

⁵ La Tabla 5.2 del Capítulo 5 muestra las funciones de los elementos estructurales.

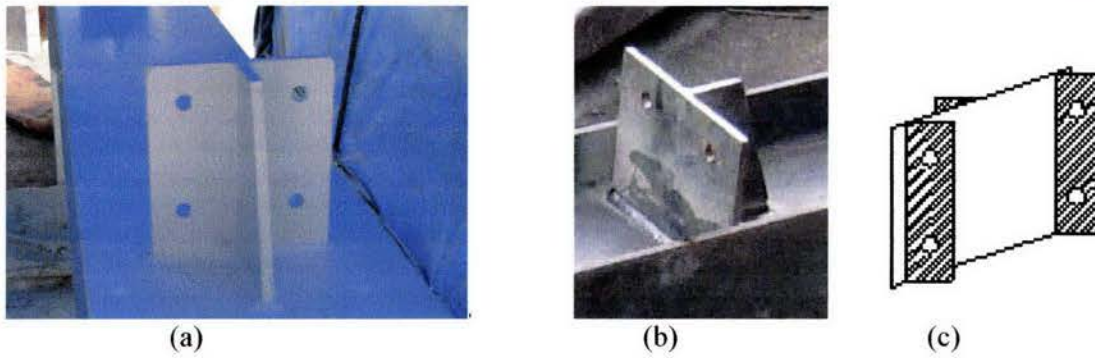


Figura 3.1

Cartabón D, F, G [Figura 3.1 (b)]

Procedimiento similar a los primeros cartabones, sólo que en lugar de ser cuatro agujeros son dos.

Cartabón B [Figura 3.1 (c)]

El cartabón B requiere de tres placas rectangulares en lugar de una en forma de trapecio. Cada una de estas tres placas contiene dos agujeros, mientras que la placa mayor no es taladrada. La fabricación es de forma similar a los primeros cartabones.

Los resultados obtenidos para estos elementos estructurales se muestran mediante la Tabla 3.1.

3.2 PLACAS

CVF [Figura 3.2 (a)]

1. Trazo de la geometría sobre placas de $3/4$ in (CVF-1, CVF-2), $5/8$ in (CVF-3, CVF-4) y $1/2$ in (CVF-5) de espesor. Una persona.
2. Corte por medio del equipo de corte manual de oxiacetileno. Para guiar el corte recto fue necesario emplear una regla. La boquilla empleada era del no. 4 para las placas mayores que $3/8$ y menores que 1 in. Dos personas.
3. Esmerilado del borde para conseguir un canto limpio y lo más plano posible. Una persona.
4. Trazo sobre las piezas CVF-1 y CVF-2 para la disposición de tres y seis agujeros respectivamente. Una persona.
5. Taladrado sobre las piezas CVF-1 y CVF-2 con una broca guía de $1/4$ in y posteriormente con una broca de 1 in. Para evitar perder tiempo en el cambio de broca se decidió barrenar todas las piezas de una geometría determinada con la guía y posteriormente se hizo el cambio de herramienta. Dos personas.

		Cartabón A		Cartabón B		Cartabón C		Cartabón D		Cartabón E		Cartabón F		Cartabón G		Cartabón H		Cartabón I		Jorn efectiva Uso Equipo
		A	A''	B	B''	C	C''	D	D''	E	E''	F	F''	G	G''	H	H''	I	I''	
Trazo I	Tiempo (min)	0.23	0.21	0.30	0.60	0.22	0.20	0.23	0.15	0.32	0.28	0.22	0.17	0.22	0.17	0.22	0.20	0.27	0.22	0.66
	T. M. (min)	0.35	0.32	0.45	0.90	0.33	0.30	0.35	0.23	0.48	0.42	0.33	0.26	0.33	0.26	0.33	0.30	0.41	0.33	
	Personal (a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Oxicorte	Tiempo (min)	2.45	1.91	2.72	5.68	2.29	1.72	2.25	1.51	3.23	2.67	2.05	1.51	2.05	1.51	2.29	1.72	2.63	2.07	6.36
	T. M. (min)	0.49	0.38	0.54	1.14	0.46	0.34	0.45	0.30	0.65	0.53	0.41	0.30	0.41	0.30	0.46	0.34	0.53	0.41	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Esmeril	Tiempo (min)	4.90	3.82	5.44	11.36	4.58	3.44	4.50	3.02	6.46	5.34	4.10	3.02	4.10	3.02	4.58	3.44	5.26	4.14	12.73
	T. M. (min)	1.47	1.15	1.63	3.41	1.37	1.03	1.35	0.91	1.94	1.60	1.23	0.91	1.23	0.91	1.37	1.03	1.58	1.24	
	Personal (b)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Trazo II	Tiempo (min)	0.21	0.00	0.22	0.35	0.21	0.00	0.15	0.00	0.26	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.21	0.00	0.22	0.00	0.30
	T. M. (min)	0.32	0.00	0.33	0.53	0.32	0.00	0.23	0.00	0.39	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.32	0.00	0.33	0.00	
	Personal (a)	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
Taladro	Tiempo (min)	0.86	0.00	0.00	1.29	0.86	0.00	0.43	0.00	0.86	0.00	0.43	0.00	0.43	0.00	0.86	0.00	0.86	0.00	1.09
	T. M. (min)	1.89	0.00	0.00	2.84	1.89	0.00	0.95	0.00	1.89	0.00	0.95	0.00	0.95	0.00	1.89	0.00	1.89	0.00	
	Personal (b)	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
Soldadura	Tiempo (min)	2.00		6.00		1.75		1.41		3.15		1.41		1.41		1.75		2.25		2.82
	T. M. (min)	0.60		1.80		0.53		0.42		0.95		0.42		0.42		0.53		0.68		
	Personal (c,d)	2		2		2		2		2		2		2		2		2		
Tiempo/Pza		23.02		46.10		21.32		18.45		30.77		17.71		17.71		21.32		24.76		Total
Pers. Total		12		13		12		12		12		12		12		12		12		
Total Pza		296		12		90		144		24		96		16		48		6		
Time Tot (jorn)		14.20		1.15		4.00		5.53		1.54		3.54		0.59		2.13		0.31		
Tiempos Efectivo minutos-hombre por Piezas Totales																				
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jornadas
a	Cabo oficial	2,029.67	165.06	574.83	840.53	221.52	539.71	89.95	306.58	44.49	10.03									
b	Ayudante gral	5,718.72	432.58	1,619.10	2,255.62	604.13	1,430.78	238.46	863.52	123.67	27.68									
c	Soldador	769.60	93.60	204.75	263.95	98.28	175.97	29.33	109.20	17.55	3.67									
d	Ayudante sold.	769.60	93.60	204.75	263.95	98.28	175.97	29.33	109.20	17.55	3.67									
e	Pintor										0.00									
f	Ayudante pint.										0.00									

Σ = 23.96

TABLA 3.1

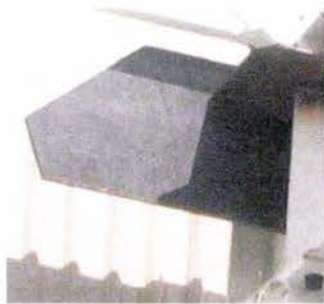
CVT [Figura 3.2 (b)]

Estas placas comprenden los mismos procesos que las anteriores del punto 1) al 3). Los espesores de las placas empleadas son 3/8 in (CVT-1, CVT-2, CVT-3).

CVF-PB [Figura 3.2 (c)]

Este elemento está constituido por tres piezas de placas de distintos espesores: 3/4 in (PB-A, PB-A''), 1 in (PB-A'). Los primeros 3 pasos de fabricación son similares a los de las placas CVF.

4. Trazo sobre las piezas PB-A y PB-A'' para la disposición de tres y cuatro agujeros respectivamente. Una persona.
5. Taladrado sobre las piezas PB-A y PB-A'' con una broca guía de 1/4 in y posteriormente con una broca de 1 in. Para evitar perder tiempo en el cambio de broca se decidió barrenar todas las piezas de una geometría determinada con la guía y posteriormente se hizo el cambio de herramienta. Dos personas.
6. Soldadura de las piezas PB-A y PB-A'' sobre la pieza base PB-A'. Dos Personas.
7. Aplicación de una capa de primario y una de pintura sobre la pieza terminada después de haber sido limpiada. Dos persona.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 3.2

CVT-PB [Figura 3.2 (d)]

Este elemento está constituido por dos piezas de placas de distintos espesores: 3/8 in (PB-A), 5/8 in (PB-A"). Los primeros 3 pasos de fabricación son similares a los de las placas CVF.

4. Trazo sobre la pieza PB-A" para la disposición de cuatro agujeros. Una persona.
5. Taladrado sobre las piezas PB-A" con una broca guía de 1/4 in y posteriormente con una broca de 1 in. Para evitar perder tiempo en el cambio de broca se decidió barrenar primero todas las piezas con la guía y posteriormente se hizo el cambio de herramienta. Dos persona.
6. Soldadura de la pieza PB-A sobre la pieza base PB-A". Dos Personas.
7. Aplicación de una capa de primario y una de pintura sobre la pieza terminada después de haber sido limpiada. Dos personas.

Col-Vto [Figura 3.2 (e)]

Estos elementos están comprendidos por una sola pieza de placa de espesor 5/16 in. Los primeros 3 pasos de fabricación son similares a los de las placas CVF.

4. Trazo sobre las piezas 1, 2, 3 para la disposición de dos agujeros. Una persona.
5. Taladrado sobre las piezas 1, 2, 3 con una broca guía de 1/4 in y posteriormente con una broca de 9/16 in. Para evitar perder tiempo en el cambio de broca se decidió barrenar primero todas las piezas de una geometría determinada con la guía y posteriormente se hizo el cambio de herramienta. Dos persona.

Los resultados obtenidos para estos elementos estructurales se muestran mediante la Tabla 3.2.

3.3 MON-TEN

El Mon-Ten se trabajará de tres formas distintas: 10MT14, 8MT14 y Mon-Ten en Caja. Cada Mon-Ten mayor de 7m se requiere con 16 barrenos, mientras que los menores de 7m únicamente con 12. Aquellos casos de distancias menores que 3m se necesitan tan sólo 8 agujeros. Se hace la observación que estos elementos comerciales ya vienen pintados con primario por lo que sólo se requirieron dos manos de pintura sobre toda la superficie visible.

10MT14 [Figura 3.3 (a)]

1. Trazo del largo requerido de la pieza y preparación para el corte. Dos personas.
2. Corte con una cortadora de disco. Dos personas.
3. Trazo con escantillones para marcar las posiciones de los barrenos. Dos personas.
4. Taladrado de forma manual contando para ello con dos taladros eléctricos manuales. Uno de ellos sujetaba una broca de 1/4 in mientras el otro contenía una de 9/16 in. Dos personas.
5. Aplicación de dos capas de pintura sobre la pieza terminada después de haber sido limpiada. Dos personas.

		CVF					CVF PB			CVT			CVT PB		Placa Col Vto			Jorn efectiva Uso Equipo
		1	2	3	4	5	A	A''	A'''	1	2	3	A	A''	1	2	3	
Trazo	Tiempo (min)	0.95	0.85	0.40	0.40	0.40	0.35	0.60	0.40	0.60	0.60	0.50	0.30	0.35	0.45	0.45	0.35	0.26
	T. M. (min)	1.43	1.28	0.60	0.60	0.60	0.53	0.90	0.60	0.90	0.90	0.75	0.45	0.53	0.68	0.68	0.53	
	Personal (a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Oxicorte	Tiempo (min)	17.96	16.22	5.83	5.83	5.47	7.24	10.29	6.23	9.33	9.33	8.05	2.77	4.80	4.72	4.72	3.41	4.09
	T. M. (min)	3.59	3.24	1.17	1.17	1.09	1.45	2.06	1.25	1.87	1.87	1.61	0.55	0.96	0.94	0.94	0.68	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Esmeril	Tiempo (min)	35.92	32.44	11.66	11.66	10.94	14.48	20.58	12.46	18.66	18.66	16.10	5.54	9.60	9.44	9.44	6.82	8.18
	T. M. (min)	10.78	9.73	3.50	3.50	3.28	4.34	6.17	3.74	5.60	5.60	4.83	1.66	2.88	2.83	2.83	2.05	
	Personal (b)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Trazo	Tiempo (min)	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.16	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.15	0.15	0.15	0.04
	T. M. (min)	0.30	0.60	0.00	0.00	0.00	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.23	0.23	0.23	
	Personal (a)	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	
Taladro	Tiempo (min)	1.38	2.80	0.00	0.00	0.00	1.38	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.54	0.43	0.43	0.43	0.30
	T. M. (min)	3.04	6.16	0.00	0.00	0.00	3.04	5.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.39	0.95	0.95	0.95	
	Personal (b,b)	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	
Soldad.	Tiempo (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60			0.00	0.00	0.00	2.90		0.00	0.00	0.00	0.31
	T. M. (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58			0.00	0.00	0.00	0.87		0.00	0.00	0.00	
	Personal (c,d)	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		0	0	0	
Pintura	Tiempo (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00			0.00	0.00	0.00	2.00		0.00	0.00	0.00	0.12
	T. M. (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00			0.00	0.00	0.00	4.00		0.00	0.00	0.00	
	Personal (e,f)	0	0	0	0	0	2			0	0	0	2		0	0	0	
Tiempo/Pza		75.54	73.72	23.15	23.15	21.79	126.55			36.95	36.95	31.84	45.49		20.81	20.81	15.58	Σ = 13
Pers. Total		7	7	4	4	4	23.00			4	4	4	16.00		7	7	7	
Total Pza		16	16	32	16	16	16			16	32	12	4		9	5	8	
Tiempo Total (jorn)		2.52	2.46	1.54	0.77	0.73	4.22			1.23	2.46	0.80	0.38		0.39	0.22	0.26	
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales																		
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jorn
a	Cabo oficial	390.83	361.42	255.87	127.94	121.02	522.99			203.14	406.27	130.92	44.44		64.48	35.82	42.74	5.64
b	Ayudante gral	1,233.28	1,272.90	708.93	354.46	332.58	1,825.54			567.26	1,134.53	367.08	154.49		186.19	103.44	125.68	17.43
c	Soldador	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	178.88			0.00	0.00	0.00	15.08		0.00	0.00	0.00	0.40
d	Ayudante sold.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	178.88			0.00	0.00	0.00	15.08		0.00	0.00	0.00	0.40
e	Pintor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.00			0.00	0.00	0.00	24.00		0.00	0.00	0.00	0.35
f	Ayudante pint.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.00			0.00	0.00	0.00	24.00		0.00	0.00	0.00	0.35

TABLA 3.2

Mon-Ten Caja [Figura 3.3 (b)]

El proceso de Mon-Ten en Caja será un segundo proceso que recibirá el 10MT14. Se realizarán exactamente los pasos que incluye el 10MT14 del 1 al 5. Una vez seco el Mon-Ten, entonces se soldarán las dos piezas del mismo tamaño encontradas una con la otra. Los cordones serán depositados en la unión que forman los patines de los Mon-Ten y se realizarán de forma alternada, cubriendo una longitud total igual a la longitud del Mon-Ten.

6. Soldadura de dos piezas 10MT14 para formar una caja. Dos personas.
7. Limpieza y retoque de pintura sobre la zona soldada. Dos personas.

8MT14 [Figura 3.3 (a)]

Los claros entre columnas muestran una separación en promedio de 9 m que es mayor que la longitud comercial del 8MT14, la cual mide 8m, por esta razón será necesario empatar el Mon-Ten 8MT14 para lograr cubrir esa distancia. Para ello, se trazará en uno de los Mon-Ten la medida necesaria para completar la longitud, obteniendo de dos piezas una sola. Una vez empataado, el proceso de habilitado será el mismo que con el 10MT14. Para los 8MT14 cuya longitud solicitada no rebase los 8m se procederá de la misma forma que para los 10MT14.

- A. Trazado sobre dos Mon-Ten para obtener la medida deseada. Dos personas.
- B. Corte con una cortadora de disco. Dos personas.
- C. Soldadura alrededor de todo el corte transversal y por dentro de la unión formada de las dos piezas. Refuerzo sobre los patines, soldando 2 ángulos de 1/8 x 1 x 1 in. El tiempo empleado en cortar los ángulos 15 cm de longitud está contemplado en el tiempo muerto. Dos personas.
- D. Los siguientes pasos son similares a el proceso del 10MT14, excluyendo a los puntos 1 y 2.

Los resultados obtenidos para estos elementos estructurales se muestran mediante la Tabla 3.3.



Figura 3.3

3.4 SEPARADORES Y ÁNGULOS

Básicamente, los separadores y los ángulos CVF y perimetral, se obtendrán de procesos similares.

Separadores [Figura 3.4 (a)]

Para la fabricación de los separadores se requieren de dos ángulos de 3/16 x 2 x 2 in (A", B", C", D", E" F") y dos ángulos de 1/8 x 1 x 1 in (A, B, C, D, E, F).

		10 MT 14						PH2		PH1	8 MT 14									Jorn efectiva Uso Equipo
		A	B	C	D	E	F	A	B	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Trazo I	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0.04
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.225	0.225	0	0	0	0	0	0	0	
	Personal (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
Corte I	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.07
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.275	0.275	0	0	0	0	0	0	0	
	Personal (a,b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
Soldad. I	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0.70
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	
	Personal (c,d)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
Trazo II	Tiempo (min)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17
	T. M. (min)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
Corte II	Tiempo (min)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26
	T. M. (min)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0	0	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
Trazo III	Tiempo (min)	0.8	0.8	0.6	0.35	0.6	0.6	0.8	0.35	0.8	0.8	0.8	0.6	0.35	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.85
	T. M. (min)	1.2	1.2	0.9	0.525	0.9	0.9	1.2	0.525	1.2	1.2	1.2	0.9	0.525	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Taladro I	Tiempo (min)	1.55	1.55	1.14	0.76	1.14	1.14	1.55	0.76	1.55	1.55	1.55	1.14	0.76	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.65
	T. M. (min)	3.41	3.41	2.508	1.672	2.508	2.508	3.41	1.672	3.41	3.41	3.41	2.508	1.672	2.508	2.508	2.508	2.508	2.508	
	Personal (b,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Pintura I	Tiempo (min)	5	5	4	1.5	4	4	5	1.5	5	5	5	4	1.5	4	4	4	4	4	5.36
	T. M. (min)	10	10	8	3	8	8	10	3	10	10	10	8	3	8	8	8	8	8	
	Personal (e,f)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Soldad. II	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	45.7	11.4	45.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.95
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	13.71	3.42	13.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Personal (c,d)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pintura II	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	1.6	0.8	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Personal (e,f)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tiempo/Pza		23.1	23.1	18.3	8.9	18.3	18.3	108.0	33.9	108.0	26.1	26.1	18.0	8.7	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	Total
Pers. Total		10	10	10	10	10	10	14	14	14	12	12	10	10	10	10	10	10	10	
Total Pza		214	20	20	20	4	4	12	2	8	126	9	9	9	24	24	24	24	12	
Tiempo Total (jorn)		10.294292	0.96208	0.76158	0.37238	0.152	0.152	2.69975	0.141	1.79983	6.853875	0.48956	0.3384	0.163	0.9024	0.9024	0.9024	0.9024	0.4512	29.24
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales																				
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jorn
a	Cabo oficial	669.82	62.60	52.60	40.10	10.52	10.52	37.56	4.01	25.04	365.40	26.10	21.60	15.98	57.60	57.60	57.60	57.60	28.80	3.34
b	Ayudante gral	2,792.70	261.00	198.52	137.38	39.70	39.70	156.60	13.74	104.40	1,568.07	112.01	87.26	59.75	232.70	232.70	232.70	232.70	116.35	13.79
c	Soldador	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	188.52	10.84	125.68	346.50	24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45
d	Ayudante sold.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	188.52	10.84	125.68	346.50	24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45
e	Pintor	3,210.00	300.00	240.00	90.00	48.00	48.00	208.80	11.40	139.20	1,890.00	135.00	108.00	40.50	288.00	288.00	288.00	288.00	144.00	16.18
f	Ayudante pint.	3,210.00	300.00	240.00	90.00	48.00	48.00	208.80	11.40	139.20	1,890.00	135.00	108.00	40.50	288.00	288.00	288.00	288.00	144.00	16.18

TABLA 3.3

1. Corte con disco de los ángulos según las medidas solicitadas. El trazo no es necesario debido a que la cortadora de disco se ajusta a la medida requerida del ángulo. Dos personas.
2. Trazo con plantilla de dos barrenos para los ángulos de $3/16 \times 2 \times 2$ in. Una persona.
3. Taladrado de dos barrenos en ángulos de $3/16 \times 2 \times 2$ in con broca de $1/4$ in y posteriormente con broca de $9/16$ in. Una persona.
4. Soldadura entre ángulos de $1/8 \times 1 \times 1$ in con cordones alternados sobre toda su longitud para formar una canal. Dos personas.
5. Soldadura de ángulos barrenados y canal con 4 cordones de 1 in de largo cada uno. Dos personas.
6. Aplicación de una capa de primario y una de pintura sobre la pieza terminada después de haber sido limpiada. Dos personas.

Ángulo CVF [Figura 3.4 (b)]

Para tener una pieza completa CVF se requieren de dos ángulos de $1/4 \times 3 \times 3$ in. Por ello el tiempo debe considerarse como el doble de cada ángulo.

1. Corte con disco de los ángulos según las medidas solicitadas. Dos personas.
2. Trazo con plantilla de barrenos. Una persona.
3. Taladrado de seis barrenos por pieza, con broca de $1/4$ in y posteriormente con broca de 1 in. Dos personas.
4. Pintado según la operación (6) de los separadores.

Ángulo Perimetral

Esta pieza se considera como una sola a pesar que se forma de varias secciones de ángulo de $1/4 \times 3 \times 3$ in.

1. Corte con disco de los ángulos según las medidas solicitadas. Dos personas.
2. Trazo con plantilla de barrenos. Una persona.
3. Taladrado de un barrenos cada 1.5m (135 agujeros en total), con broca de $1/4$ in y posteriormente con broca de $9/16$ in. Dos personas.
4. Pintado según la operación (6) de los separadores.

Ángulo 1A

De manera semejante al ángulo perimetral, el 1A está constituido por varias secciones de ángulo de $1/4 \times 3 \times 3$ in.

1. Corte con disco de los ángulos según las medidas solicitadas. Dos personas.
2. Pintado según la operación (6) de los separadores.

Los resultados obtenidos para estos elementos estructurales se muestran mediante la Tabla 3.4.

		Separador A		Separador B		Separador C		Separador D		Separador E		Separador F		Angulo	Angulo	Angulo	Angulo
		A	A"	B	B"	C	C"	D	D"	E	E"	F	F"	CVF-1	CVF-2	Perimetral	1A
Corte	Tiempo (min)	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.35	0.35	11.8	1.6
	T. M. (min)	0.44	0.66	0.44	0.66	0.44	0.66	0.44	0.66	0.44	0.66	0.44	0.66	0.385	0.385	12.98	1.76
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Trazo	Tiempo (min)	0	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.16	0.3	0.3	5.41	0
	T. M. (min)	0	0.24	0	0.24	0	0.24	0	0.24	0	0.24	0	0.24	0.45	0.45	8.115	0
	Personal (a)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
Tallado	Tiempo (min)	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	1.3	1.3	30.4	0
	T. M. (min)	0	1.32	0	1.32	0	1.32	0	1.32	0	1.32	0	1.32	2.86	2.86	66.88	0
	Personal (b,b)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	2	2	0
Soldad. I	Tiempo (min)	7.6	0	2.5	0	4.7	0	7.4	0	4.8	0	2.3	0	0	0	0	0
	T. M. (min)	2.28	0	0.75	0	1.41	0	2.22	0	1.44	0	0.69	0	0	0	0	0
	Personal (c,d)	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0
Soldad. II	Tiempo (min)	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0	0	0	0
	T. M. (min)	0.15		0.15		0.15		0.15		0.15		0.15		0	0	0	0
	Personal (c,d)	2		2		2		2		2		2		0	0	0	0
Pintura	Tiempo (min)	0.8		0.3		0.5		0.8		0.5		0.3		6.8	5.3	112.8	15.2
	T. M. (min)	1.6		0.6		1		1.6		1		0.6		13.6	13.6	13.6	13.6
	Personal (e,f)	2		2		2		2		2		2		2	2	2	2
Tiempo/Pza		17.4		9.2		12.7		17.1		12.8		9.0		52.1	49.1	262.0	32.2
Pers. Total		12		12		12		12		12		12		7	7	7	4
Total Pza		624		39		78		410		51		110		16	16	1	1
Tiempo Total (jorn)		22.56		0.75		2.06		14.60		1.36		2.05		1.74	1.64	0.55	0.07
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales																	
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jornadas
a	Cabo oficial	1,560.00	97.50	195.00	1,025.00	127.50	275.00	23.76	23.76	38.31	3.36	7.02					
b	Ayudante gral	2,508.48	156.78	313.56	1,648.20	205.02	442.20	144.88	144.88	219.34	3.36	12.06					
c	Soldador	6,570.72	152.10	527.28	4,210.70	351.39	400.40	0.00	0.00	0.00	0.00	25.44					
d	Ayudante sold.	6,570.72	152.10	527.28	4,210.70	351.39	400.40	0.00	0.00	0.00	0.00	25.44					
e	Pintor	1,497.60	35.10	117.00	984.00	76.50	99.00	326.40	302.40	126.40	28.80	7.49					
f	Ayudante pint.	1,497.60	35.10	117.00	984.00	76.50	99.00	326.40	302.40	126.40	28.80	7.49					

Jorn efectiva Uso Equipo
2.78
0.47
1.79
18.20
1.37
2.62

Σ = 27.24

TABLA 3.4



(a)



(b)

Figura 3.4

3.5 TENSOR, CANAL Y EXTENSIÓN COLUMNA

Tensores

Un sólo tensor se formará a partir de una combinación de perfil redondo de 1 in, cuatro tramos de solera de 1/2 x 4 in de 30 cm cada uno y dos Clevis. Para alcanzar el largo deseado será necesario unir dos redondos mediante una junta de traslape de 50 cm. Después será soldada (con cordones de 20 cm) una solera barrenada mediante otra junta de traslape en cada extremo del redondo. Un segundo redondo de longitud de 50 cm también requerirá sus dos soleras en los extremos. Finalmente todos los elementos serán unidos a través del Clevis, teniendo una longitud final de la suma de cada elemento como se muestra en la Figura 3.5 (a) y 3.5 (b).

1. Corte con disco de los redondos según las medidas solicitadas. Dos personas.
2. Trazo de largo de solera. Una persona.
3. Corte de solera por medio del equipo de corte manual de oxiacetileno. Para guiar el corte recto fue necesario emplear una regla. La boquilla empleada del no. 4. Dos personas.
4. Esmerilado de borde de solera. Una persona.
5. Trazo sobre solera para la disposición de un agujeros. Una persona.
6. Taladrado sobre la solera con una broca guía de 1/4 in y posteriormente con una broca de 1 in. Una persona.
7. Soldadura de dos redondos para realizar un empate, soldadura de los redondos sobre las soleras. Dos Personas.
8. Aplicación de una capa de primario y una de pintura sobre la pieza terminada después de haber sido limpiada. Dos personas.
9. Unión de las dos partes que conforman un tensor mediante una Clevis.

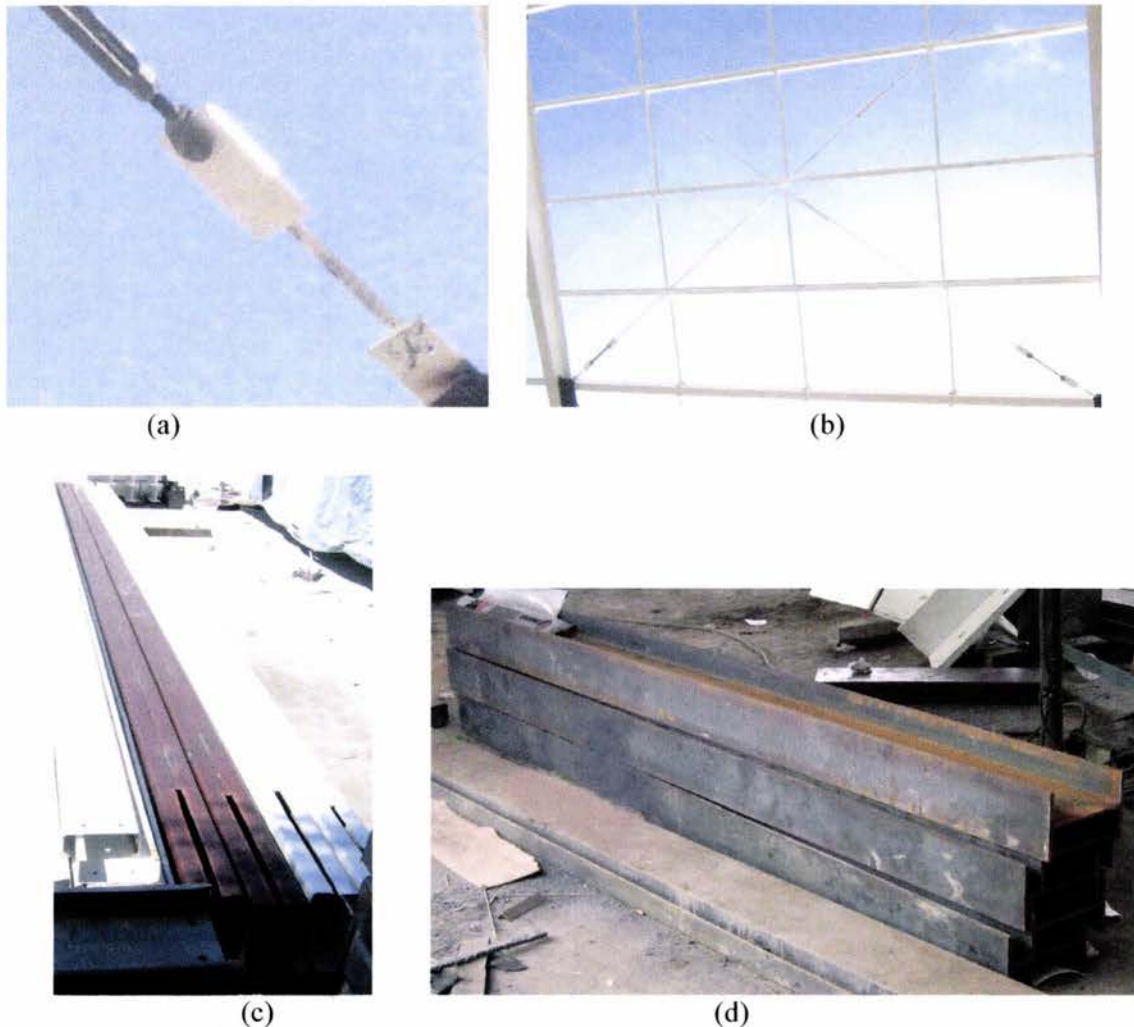


Figura 3.5

Canal en Caja [Figura 3.5 (c)]

El canal en caja se formará a partir de dos canales de 8 in x 20.46 kg/m unidas por soldadura a todo lo largo.

1. Trazo del tamaño de la canal. Dos personas.
2. Corte de la canal por medio del equipo de corte manual de oxiacetileno. Para guiar el corte recto fue necesario emplear una regla. La boquilla empleada del no. 4. Dos personas.
3. Esmerilado de borde de la canal. Una persona.
4. Soldadura de dos canales para formar una caja. Dos personas.
5. Trazo de las ranuras en los extremos. Una persona.
6. Corte de ranuras por medio del equipo de corte manual de oxiacetileno. Dos personas.
7. Esmerilado de bordes de ranuras. Una persona.
8. Aplicación de una capa de primario y una de pintura sobre la pieza terminada después de haber sido limpiada. Dos personas.

Extensión Columnas [Figura 3.5 (d)]

La extensión de columna se formará a partir de una viga IPR de 8 x 13. El proceso comprende el corte de la viga mediante equipo de oxiacetileno y el taladrado de ocho barrenos utilizando un escantillón para el trazo de los mismos.

1. Trazo del largo de la viga. Una persona.
2. Corte de la viga por medio del equipo de corte manual de oxiacetileno. Dos personas.
3. Esmerilado de borde de la viga. Una persona.

Los resultados obtenidos para estos elementos estructurales se muestran mediante la Tabla 3.5.

		Tensor A		Tensor B		Tensor C		Tensor D		PT1	Ext Col	Jorn efectiva Uso Equipo
		RA	SA	RB	SB	RC	SC	RD	SD			
Corte	Tiempo (min)	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0	0	0.04
	T. M. (min)	0.55	0	0.55	0	0.55	0	0.55	0	0	0	
	Personal (a,b)	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	
Trazo I	Tiempo (min)	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.03
	T. M. (min)	0	0.3	0	0.3	0	0.3	0	0.3	0.3	0.3	
	Personal (a,b)	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	
Oxicorte I	Tiempo (min)	0	1.84	0	1.84	0	1.84	0	1.84	2.21	1.64	0.25
	T. M. (min)	0	0.368	0	0.368	0	0.368	0	0.368	0.442	0.328	
	Personal (a,b)	0	2	0	2	0	2	0	2	2	2	
Esmeril I	Tiempo (min)	0	3.68	0	3.68	0	3.68	0	3.68	4.42	3.28	0.50
	T. M. (min)	0	1.104	0	1.104	0	1.104	0	1.104	1.326	0.984	
	Personal (b)	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	
Trazo II	Tiempo (min)	0	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.35	0.03
	T. M. (min)	0	0.24	0	0.24	0	0.24	0	0.24	0	0.525	
	Personal (a)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
Taladro	Tiempo (min)	0	1.35	0	1.35	0	1.35	0	1.35	0	1.7	0.17
	T. M. (min)	0	2.97	0	2.97	0	2.97	0	2.97	0	3.74	
	Personal (b)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
Soldad.	Tiempo (min)	9		9		9		9		44.3	0	1.49
	T. M. (min)	2.7		2.7		2.7		2.7		13.29	0	
	Personal (c,d)	2		2		2		2		2	0	
Trazo III	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0.01
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	
	Personal (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Oxicorte II	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	8.2	0	0.14
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	1.64	0	
	Personal (a,b)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
Esmeril II	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	16.4	0	0.27
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	4.92	0	
	Personal (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Pintura	Tiempo (min)	5.47		5.26		4.36		4.14		5.9	0	0.53
	T. M. (min)	10.94		10.52		8.72		8.28		11.8	0	
	Personal (e,f)	2		2		2		2		2	0	
Union Clevis	Tiempo (min)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.04
	T. M. (min)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	
	Personal (b)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
Tiempo/Pza		42.4		41.7		39.0		38.4		116.3	13.0	Σ = 3.49
Pers. Total		13		13		13		13		13	6	
Total Pza		16		16		4		4		8	17	Total
Tiempo Total (jorn)		1.41		1.39		0.33		0.32		1.94	0.46	5.85
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales												
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jornadas	
a	Cabo oficial	66.53	66.53	16.63	16.63	111.94	56.83			0.70		
b	Ayudante gral	221.79	221.79	55.45	55.45	320.46	206.92			2.25		
c	Soldador	187.20	187.20	46.80	46.80	460.72	0.00			1.93		
d	Ayudante sold.	187.20	187.20	46.80	46.80	460.72	0.00			1.93		
e	Pintor	262.56	252.48	52.32	49.68	141.60	0.00			1.58		
f	Ayudante pint.	262.56	252.48	52.32	49.68	141.60	0.00			1.58		

TABLA 3.5

CAPÍTULO 4

MONTAJE

Dentro de este capítulo se comprenden aquellos procesos de manufactura y de unión que hacen posible se levante la estructura previamente fabricada. En principio se identificarán las distintas etapas y características por la que atraviesa el proceso de montaje. Después se continúa de manera análoga al capítulo anterior y se presentan los valores y fórmulas requeridos para establecer los tiempos y demás aspectos que cubran los procesos involucrados. Las tablas, valores y fórmulas que estén contenidos en el *Capítulo 3* ya no serán analizados en el presente capítulo, sin embargo sí serán empleados.

El montaje de las piezas fabricadas es considerado a través de tres etapas. La primera de ellas consiste en unir todos aquellos elementos que van soldados a las columnas y cumbreras, como son cartabones y placas. La segunda comprende el levantamiento de las Columnas y Columnas de Viento sobre sus placas base y, el montaje de las cumbreras sobre las columnas. Por último, La tercera se refiere al montaje de los elementos que conforman el bastidor del techo y de la fachada, así como la colocación de todos aquellos elementos no comprendidos en la primera y segunda etapa.

Los procesos involucrados en el montaje están normalizados y son básicamente: trazo, unión por soldadura, aplicación de pintura, unión por sujetadores roscados, maniobras de traslado, elevación con grúa y nivelación.¹

El cálculo de tiempos y tiempos muertos en los procesos de trazo, soldadura y aplicación de pintura están basados en los valores teóricos y /o fórmulas del *Capítulo de Fabricación*. Los tiempos de los procesos no comprendidos en los anteriores se aproximan de acuerdo a los siguientes valores:

Sujetadores Roscados

- Para un tornillo de 1/2 in con tuerca y rondana el tiempo promedio para su colocación y apriete es de 1.0 min.
- Para tuercas de 1 y 1 1/4 in el tiempo promedio para su colocación y apriete final es de 0.8 min y 0.3 min respectivamente.

Selección de Grúa o Equipo de Carga

Los principales factores a considerar para seleccionar una grúa son:

1. Peso del Objeto.
2. Dimensiones y geometría del Objeto.
3. Tipo de Maniobra.
4. Distancia inicial con respecto a la grúa.
5. Distancia final con respecto a la grúa.
6. Espacio en Patio de Maniobra.

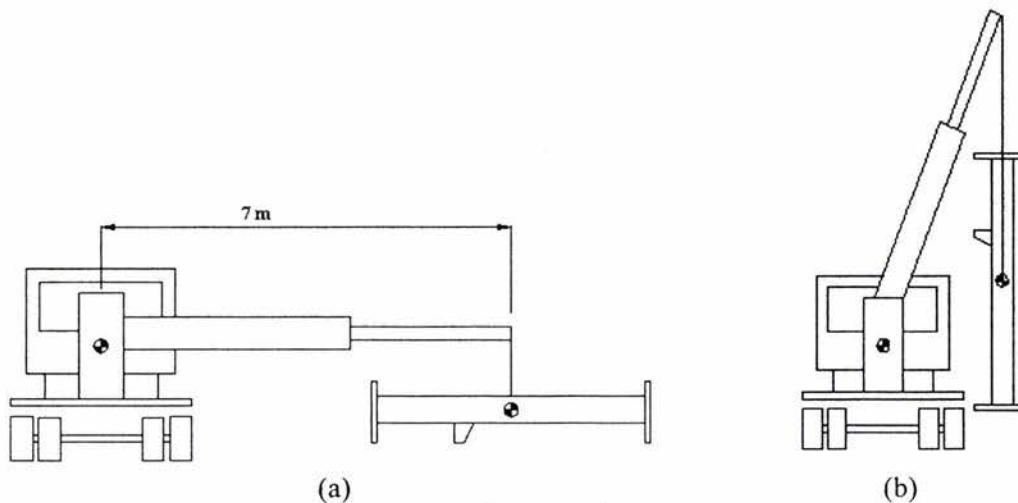
En nuestro caso, los elementos que requerirán de una grúa para ser trasladados y montados debido a su peso y dimensiones considerables son:

¹ Ver Apéndice A.12

	Largo (m)	Peso (kg)
Columna	11	1600
Cumbrera*	28	2500
Col. Vto.	13	500

*La cumbrera se tiene en un principio en tres secciones, dos de la cuales miden 7 m y pesan 600 kg cada una aproximadamente. La sección de en medio es de 14 m y pesa 1300 kg aproximadamente.

Dado que en un principio se tienen los elementos colocados a nivel de piso en un lugar lejano al de la zona de obra, se trasladarán mediante una grúa con plataforma llamada “*HIAB*”. El principal obstáculo a vencer será el momento que se producirá al tratar de levantar las piezas del suelo hacia la plataforma, ya que el peso propio de la pieza pudiera ser capaz de levantar la grúa contrario a los resultados deseados. La distancia entre la ubicación de la grúa y la pieza será aproximadamente de 7m y las piezas más pesadas a levantar por el *HIAB* serán la columnas, como se muestra en el esquema 4.1 (a).



Para las maniobras de traslado de columnas, cumbreras y columnas de viento, del sitio de ubicación fija a la zona de obra se considerará, tomando en cuenta un factor de riesgo, una grúa tipo *HIAB* con capacidad de 5 ton con el brazo extendido a 7 m a 180° respecto al mismo. La cumbrera, por su parte, será trasladada en tres secciones y no de forma completa.

Para colocar las columnas y columnas de viento en su posición se requerirá nuevamente del *HIAB*. Tomando la columna por su centroide y haciéndola girar sobre el mismo se logrará posicionar las columnas, para ello será necesario disminuir el momento ejercido sobre la grúa, lo cual se logrará al disminuir la distancia entre ellos [Esquema 4.1 (b)].

Respecto al montaje de las cumbreras será necesario primero armar las tres secciones a nivel de piso y posteriormente levantarlas a un altura aproximada de 15 m. Una grúa de brazo telescópico será la ideal. En la figura 4.2 se muestra la grúa de 10 ton capacidad con el brazo extendido a 15 m.

Es importante señalar que a medida que se extiende el brazo, la grúa se vuelve más inestable y su capacidad de carga disminuye, por ello, aún cuando el peso total de la cumbrera no llegaba a las 5 ton, la selección de esa grúa se realizará considerando factores de seguridad.

La siguiente experiencia viene a lugar en esta sección de elección de grúa: en una ocasión se observó la maniobra de traslado de un tanque tipo salchicha para aceite dieléctrico el cuál pesaba 40 ton. Se hizo un primer intento con una grúa de 60 ton, la cuál no logró moverlo. Un segundo intento con una grúa de 100 ton lo colocó en un sitio cercano a ella, pero cuando ésta se desplazó para ubicarse en un nuevo sitio y desde ese punto tomar el tanque y posicionarlo sobre su base, la grúa comenzó a despegarse del suelo, por lo que fue necesario utilizar lastre para hacer el efecto de contrapeso. Resumiendo, la capacidad de una grúa debe ser estimada con un factor casi del doble del peso del cuerpo a mover.

Otras máquinas consideradas para el montaje son: diferenciales, poleas, tirfor, garruchas, etc. Estas máquinas compuestas por engranes y reductores son de capacidad no muy grande y se tienen que colocar sobre un puente o trabe para hacerlas funcionar, por lo tanto no son útiles en el montaje de las columnas y cubreras, pero sí para todos los otros elementos.

Continuando con el resumen de tiempos los siguientes valores que se muestran están basados en tiempos reales en sitio de obra, los cuáles fueron tomados por el autor del presente trabajo.

Maniobras

Las maniobras consisten principalmente en posicionar los elementos estructurales sobre la plataforma del *HIAB*, trasladarlos sobre la misma a la zona de obra y acomodarlos para realizar el ensamble. Finalmente, son elevados y ensamblados.

Con Grúa	Tiempo (min)
Carga sobre plataforma	5
Traslado sobre plataforma (300m)	5
Descarga hacia piso	4
Posicionamiento para elevación	3
Elevación de brazo telescópico con carga	7
Liberación de carga	5

Con Máquinas Simples	Tiempo (min)
Carga o sujeción de piezas.	5
Traslado (200m)	5
Descarga	4
Elevación	7
Liberación	5

Nivelación

La nivelación se logra mediante la técnica de plomeo y venteo. Con la ayuda de tuercas y tornillos se corrigen desniveles y se sujetan los elementos firmemente. Los tiempos empleados son:

	Tiempo (min)
Plomeo	5
Venteo	5

Tiempos Muertos

La tabla que se muestra a continuación contiene el factor, obtenido en el campo, por el cuál debiera ser multiplicado el tiempo de la operación para obtener el tiempo muerto en el desarrollo de ese proceso.

OPERACIÓN	FACTOR TIEMPO MUERTO
Sujetador Roscado	0.5
Maniobra	0.5
Nivelación	0.5

De manera semejante en como fueron presentados los elementos estructurales en el *Capítulo 5* y su proceso de manufactura, en este capítulo se muestran a continuación los procesos de montaje de acuerdo a los elementos estructurales que engloban y la etapa correspondiente. Aspectos semejantes a los de fabricación son tratados para cada elemento, tales como: procesos de manufactura, tiempos de proceso, tiempos muertos, etc.

4.1 ETAPA I

Antes de colocar un elemento principal: columna, cumbrera o columna de viento, deberá contener todos los elementos que el diseño señale, para evitar al máximo el trabajo en altura lo cual implicaría un mayor riesgo. En esta etapa se obtendrá el tiempo necesario para preparar por completo los elementos principales próximos a colocarse.

Columnas [Figura 4.1 (a)]

1. Trazo de posición de 5 Cartabones "C" sobre las columnas: 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1, A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, C-2, D-1, D-2. Dos personas.
 2. Trazo de posición de placas CVF-2, CVF-3, CVF-5, sobre las columnas: B-1, B-2, C-1, C-2, 3-1, 3-2, 4-1, 4-2, 5-1, 5-2, 6-1, 6-2, 8-1, 8-2, 9-1, 9-2. Dos personas.
 3. Trazo de posición de 5 Cartabones "E" sobre las columnas: 1-1, 1-2, 7-1, 7-2. Dos personas.
 4. Soldadura de Cartabones "C" sobre las respectivas columnas. Dos personas.
 5. Soldadura de placas CVF-2, CVF-3, CVF-5 sobre las respectivas columnas. Dos personas.
 6. Soldadura de Cartabones "E" sobre las respectivas columnas. Dos personas.
 7. Limpieza y aplicación de primer sobre cartabones, placas CVF y áreas dañadas. Cuatro personas.
 8. Limpieza y aplicación de una capa de pintura sobre todas las columnas. Cuatro personas.
- [Tabla 4.1 (A)]

Cumbreras [Figura 4.1 (b)]

1. Trazo de posición de Cartabones “A” y “B” sobre las cumbreras: A, B, C, D, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 10”. Dos personas.
2. Trazo de posición de placas CVF-1, CVF-4, CVT-1, CVT-2, CVT-3, sobre las cumbreras: B, C, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10”. Dos personas.
3. Trazo de posición de placas Col-Vto. 1, Col-Vto. 2, Col-Vto. 3, sobre las cumbreras: A, 1, 7, 10”. Dos personas.
4. Soldadura de Cartabones “A” y “C” sobre las respectivas cumbreras. Dos personas.
5. Soldadura de placas CVF-1, CVF-4, CVT-1, CVT-2, CVT-3, sobre las respectivas cumbreras. Dos personas.
6. Soldadura de placas Col-Vto. 1, Col-Vto. 2, Col-Vto. 3, sobre las respectivas cumbreras. Dos personas.
7. Limpieza y aplicación de primer sobre cartabones, placas CVF, placas CVT, placas Col-Vto. y áreas dañadas. Cuatro personas.
8. Limpieza y aplicación de una capa de pintura sobre todas las cumbreras. Cuatro personas.
[Tabla 4.1 (B)]

Columnas de Viento [Figura 4.1 (c)]

1. Trazo de posición de Cartabones “F”, “G”, “H”, “I” sobre las columnas de viento de los ejes: A, 1, 7, 10”. Dos personas.
2. Trazo de posición de placas CVT-3, sobre las columnas de viento del eje: 10”. Dos personas.
3. Soldadura de Cartabones “F”, “G”, “H”, “I” sobre las respectivas columnas de viento. Dos personas.
4. Soldadura de placas CVT-3, sobre las respectivas columnas de viento. Dos personas.
5. Limpieza y aplicación de primer sobre cartabones, placas CVT y áreas dañadas. Tres personas.
6. Limpieza y aplicación de una capa de pintura sobre todas las columnas. Tres personas.
[Tabla 4.1 (C)]

Extensión Columnas [Figura 4.1 (d)]

1. Trazo de posición de 8 Cartabones “D”, sobre la extensión de columna. Dos personas.
2. Soldadura de Cartabones “D”, sobre la extensión de columna. Dos personas.
3. Limpieza y aplicación de primer sobre cartabones y extensión de columna. Dos personas.
4. Aplicación de una capa de pintura sobre toda la extensión. Dos personas.
[Tabla 4.1 (D)]



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4.1

		COLUMNA																													
		A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	9-1	9-2	10-1	10-2		
Trazo I	Tiempo (min)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	0.23	
	T. M. (min)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0		
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0		
Trazo II	Tiempo (min)	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0.03
	T. M. (min)	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0		
	Personal (a,b)	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0		
Trazo III	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0.05
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0		
	Personal (a,b)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0		
Soldad I	Tiempo (min)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	0.56	
	T. M. (min)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0		
	Personal (c,d)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0		
Soldad II	Tiempo (min)	0	0	40	40	40	40	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0	0	40	40	40	40	0	0	1.33
	T. M. (min)	0	0	40	40	40	40	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0	0	40	40	40	40	0	0	
	Personal (c,d)	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0	
Soldad III	Tiempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0.13
	T. M. (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0		
	Personal (c,d)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0		
Pintura I	Tiempo (min)	0.46	0.46	1.28	1.28	1.28	1.28	0.46	0.46	0.92	0.46	0.46	0	1.28	0.82	1.28	0.82	1.28	0.82	1.28	0.82	1.28	0.82	0.46	1.28	0.82	1.28	0.82	0.46	0	0.05
	T. M. (min)	0.92	0.92	2.56	2.56	2.56	2.56	0.92	0.92	1.84	0.92	0.92	0	2.56	1.64	2.56	1.64	2.56	1.64	2.56	1.64	2.56	1.64	0.92	2.56	1.64	2.56	1.64	0.92	0	
	Personal (2e,2f)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	
Pintura II	Tiempo (min)	21.31	21.31	22.13	22.13	22.13	22.13	21.31	21.31	21.77	21.31	21.31	20.85	22.13	21.67	22.13	21.67	22.13	21.67	22.13	21.67	21.77	21.31	22.13	21.67	22.13	21.67	21.31	20.85	1.26	
	T. M. (min)	42.62	42.62	44.26	44.26	44.26	44.26	42.62	42.62	43.54	42.62	42.62	41.7	44.26	43.34	44.26	43.34	44.26	43.34	44.26	43.34	43.54	42.62	44.26	43.34	44.26	43.34	42.62	41.7		
	Personal (2e,2f)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4
Tiempo/Pza		110.3	110.3	197.7	197.7	197.7	197.7	110.3	110.3	158.1	110.3	110.3	62.6	197.7	150.0	197.7	150.0	197.7	150.0	197.7	150.0	158.1	110.3	197.7	150.0	197.7	150.0	110.3	62.6	total	
Pers. Total		12	12	16	16	16	16	12	12	16	12	12	4	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	12	4		
Total Pza		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Tiempo Total (jorn)		0.23	0.23	0.41	0.41	0.41	0.41	0.23	0.23	0.33	0.23	0.23	0.13	0.41	0.31	0.41	0.31	0.41	0.31	0.41	0.31	0.33	0.23	0.41	0.31	0.41	0.31	0.23	0.13	8.75	
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales																															
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jorn	
a	Cabo oficial	15.00	15.00	17.50	17.50	17.50	17.50	15.00	15.00	30.00	15.00	15.00	0.00	17.50	2.50	17.50	2.50	17.50	2.50	17.50	2.50	30.00	15.00	17.50	2.50	17.50	2.50	15.00	0.00	0.77	
b	Ayudante gral	15.00	15.00	17.50	17.50	17.50	17.50	15.00	15.00	30.00	15.00	15.00	0.00	17.50	2.50	17.50	2.50	17.50	2.50	17.50	2.50	30.00	15.00	17.50	2.50	17.50	2.50	15.00	0.00	0.77	
c	Soldador	30.00	30.00	110.00	110.00	110.00	110.00	30.00	30.00	60.00	30.00	30.00	0.00	110.00	80.00	110.00	80.00	110.00	80.00	110.00	80.00	60.00	30.00	110.00	80.00	110.00	80.00	30.00	0.00	4.04	
d	Ayudante sold.	30.00	30.00	110.00	110.00	110.00	110.00	30.00	30.00	60.00	30.00	30.00	0.00	110.00	80.00	110.00	80.00	110.00	80.00	110.00	80.00	60.00	30.00	110.00	80.00	110.00	80.00	30.00	0.00	4.04	
e	Pintor	130.62	130.62	140.46	140.46	140.46	140.46	130.62	130.62	136.14	130.62	130.62	125.10	140.46	134.94	140.46	134.94	140.46	134.94	140.46	134.94	140.46	134.94	136.14	130.62	140.46	134.94	140.46	130.62	125.10	7.88
f	Ayudante pint.	130.62	130.62	140.46	140.46	140.46	140.46	130.62	130.62	136.14	130.62	130.62	125.10	140.46	134.94	140.46	134.94	140.46	134.94	140.46	134.94	140.46	134.94	136.14	130.62	140.46	134.94	140.46	130.62	125.10	7.88

Jorn efectiva
0.23
0.03
0.05
0.56
1.33
0.13
0.05
1.26

Σ = 3.64

TABLA 4.1 (A)

		CUMBRERA															Jorn efectiva
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10"	Uso Equipo
Trazo I	Tiempo (min)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0.75
	T. M. (min)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Trazo II	Tiempo (min)	0	1.7	1.7	0	0	0	1.7	1.7	1.7	1.7	0	1.7	1.7	0	0.3	0.03
	T. M. (min)	0	2.55	2.55	0	0	0	2.55	2.55	2.55	2.55	0	2.55	2.55	0	0.45	
	Personal (a,b)	0	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0	2	2	0	2	
Trazo III	Tiempo (min)	1.25	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.75	0.01
	T. M. (min)	1.875	0	0	0	0.75	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0	1.125	
	Personal (a,b)	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	
Soldad. I	Tiempo (min)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1.88
	T. M. (min)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
	Personal (c,d)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Soldad. II	Tiempo (min)	0	54	54	0	0	0	54	54	54	54	0	54	54	0	8	0.92
	T. M. (min)	0	54	54	0	0	0	54	54	54	54	0	54	54	0	8	
	Personal (c,d)	0	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0	2	2	0	2	
Soldad. III	Tiempo (min)	36	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	20	0.18
	T. M. (min)	36	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	20	
	Personal (c,d)	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	
Pintura I	Tiempo (min)	3.61	4.95	4.95	1.84	2.25	1.84	4.95	4.95	4.95	4.95	2.25	4.95	4.95	1.84	3.3	0.12
	T. M. (min)	7.22	9.9	9.9	3.68	4.5	3.68	9.9	9.9	9.9	9.9	4.5	9.9	9.9	3.68	6.6	
	Personal (2e,2f)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	
Pintura II	Tiempo (min)	55.01	56.35	56.35	53.24	53.65	53.24	56.35	56.35	56.35	56.35	53.65	56.35	56.35	53.24	23.84	1.66
	T. M. (min)	110.02	112.7	112.7	106.48	107.3	106.48	112.7	112.7	112.7	112.7	107.3	112.7	112.7	106.48	47.68	
	Personal (2e,2f)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	
Tiempo/Pza		431.0	476.2	476.2	345.2	381.0	345.2	476.2	476.2	476.2	476.2	381.0	476.2	476.2	345.2	320.0	Σ = 5.54
Pers. Total		16	16	16	12	16	12	16	16	16	16	16	16	16	14	20	
Total Pza		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tiempo Total (jorn)		0.90	0.99	0.99	0.72	0.79	0.72	0.99	0.99	0.99	0.99	0.79	0.99	0.99	0.72	0.67	13.25
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales																	
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	Jorn
a	Cabo oficial	63.13	64.25	64.25	60.00	61.25	60.00	64.25	64.25	64.25	64.25	61.25	64.25	64.25	60.00	62.63	1.96
b	Ayudante gral	63.13	64.25	64.25	60.00	61.25	60.00	64.25	64.25	64.25	64.25	61.25	64.25	64.25	60.00	62.63	1.96
c	Soldador	192.00	228.00	228.00	120.00	152.00	120.00	228.00	228.00	228.00	228.00	152.00	228.00	228.00	120.00	176.00	5.95
d	Ayudante sold.	192.00	228.00	228.00	120.00	152.00	120.00	228.00	228.00	228.00	228.00	152.00	228.00	228.00	120.00	176.00	5.95
e	Pintor	351.72	367.80	367.80	330.48	335.40	330.48	367.80	367.80	367.80	367.80	335.40	367.80	367.80	330.48	162.84	10.67
f	Ayudante pint.	351.72	367.80	367.80	330.48	335.40	330.48	367.80	367.80	367.80	367.80	335.40	367.80	367.80	330.48	162.84	10.67

TABLA 4.1 (B)

		Ejes-Columna de Viento				Jorn efectiva Uso Equipo
		A	1	7	10"	
Trazo I	Tiempo (min)	12	6	6	12	0.35
	T. M. (min)	18	9	9	18	
	Personal (a,b)	2	2	2	2	
Trazo II	Tiempo (min)	0	0	0	1	0.01
	T. M. (min)	0	0	0	1.5	
	Personal (a,b)	0	0	0	0	
Soldad. I	Tiempo (min)	30	15	15	30	0.88
	T. M. (min)	30	15	15	30	
	Personal (c,d)	2	2	2	2	
Soldad. II	Tiempo (min)	0	0	0	7.7	0.08
	T. M. (min)	0	0	0	7.7	
	Personal (c,d)	0	0	0	2	
Pintura I	Tiempo (min)	0.92	0.46	0.46	0.92	0.03
	T. M. (min)	1.84	0.92	0.92	1.84	
	Personal (e,2f)	3	3	3	3	
Pintura II	Tiempo (min)	10.53	10.07	10.07	10.53	0.39
	T. M. (min)	21.06	20.14	20.14	21.06	
	Personal (e,2f)	3	3	3	3	
Tiempo/Pza		124.4	76.6	76.6	142.3	$\Sigma =$ 1.73
Pers. Total		10	10	10	12	
Total Pza		5	4	4	5	total
Tiempo Total (jorn)		1.30	0.64	0.64	1.48	
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales						
	Personal	(min)	(min)	(min)	(min)	Jorn
a	Cabo oficial	150.00	60.00	60.00	162.50	0.90
b	Ayudante gral	150.00	60.00	60.00	162.50	0.90
c	Soldador	300.00	120.00	120.00	377.00	1.91
d	Ayudante sold.	300.00	120.00	120.00	377.00	1.91
e	Pintor	171.75	126.36	126.36	171.75	1.24
f	Ayudante pint.	343.50	252.72	252.72	343.50	2.48

TABLA 4.1 (C)

		Extensión Columna	Jorn efectiva Uso Equipo
Trazo I	Tiempo (min)	9.6	
	T. M. (min)	14.4	
	Personal (a,b)	2	
Soldad. I	Tiempo (min)	24	0.25
	T. M. (min)	24	
	Personal (c,d)	2	
Pintura I	Tiempo (min)	2.5	0.03
	T. M. (min)	5	
	Personal (e,2f)	3	
Pintura II	Tiempo (min)	2.5	0.03
	T. M. (min)	5	
	Personal (e,2f)	3	
Tiempo/Pza		87.0	$\Sigma =$ 0.40
Pers. Total		10	
Total Pza		5	total
Tiempo Total (jorn)		0.91	
Tiempos minutos-hombre por Piezas Totales			
	Personal	(min)	Jorn
a	Cabo oficial	120.00	0.25
b	Ayudante gral	120.00	0.25
c	Soldador	240.00	0.50
d	Ayudante sold.	240.00	0.50
e	Pintor	75.00	0.16
f	Ayudante pint.	150.00	0.31

TABLA 4.1 (D)

4.2 ETAPA II

Esta etapa se distingue por el empleo de grúas y la unión por medio de elementos roscados. Las columnas, cumbreras, y columnas de viento serán trasladadas y levantadas por medio de grúas. Previo al levantamiento de cada columna se deberá nivelar la superficie donde descansará cada una. Esta nivelación se logrará con el ajuste de tuercas de nivelación ubicadas en las anclas del dado, con las cuales se sujeta la columna a través de su placa base y las contratuercas. Una vez parada la columna se plomeará y quedará lista para recibir a su respectiva cumbrera. Por otro lado, las cumbreras serán trasladadas en tres partes o secciones debido a su tamaño, cuando se ubican dentro de la zona de obra se deberán unir estas secciones a través de tornillos para finalmente ser levantadas y colocadas sobre las columnas. La sujeción entre columna y cumbrera se logrará por medio de tornillos. Será necesario “ventear” o sujetar las cumbreras levantadas, para ello se emplearán cuerdas y elementos de unión entre cumbreras como Mon-Ten. Los tensores deberán ser colocados inmediatamente que se tengan las cumbreras a donde pertenecen.²

Es importante señalar que el trabajo en altura implicará grandes riesgos por lo que se deberá actuar con seguridad y nunca con exceso de confianza. Los hombres deberán estar provistos de equipo de seguridad y en algunos casos el empleo de “canastillas” será un recurso muy bueno para trabajos en altura.

Conforme a las normas de montaje el apriete final de los elementos roscados se verificará mediante el uso de un instrumento llamado Torquímetro.³

En la Figura 4.2 se muestran algunas imágenes durante el montaje de esta etapa.

Columnas

La columna será trasladada desde la zona de pintura hasta dentro de la nave por medio del *HIAB*. Una vez adentro será bajada y colocada sobre bases para posicionar la grúa y sujetarla correctamente antes de levantarla. Finalmente se realizará la maniobra para levantar la columna y sujetarla al dado previamente nivelado. Para realizar todas las tareas programadas del montaje de una columna se necesitarán seis personas en total.

1. Nivelación de 12 tuercas de 1 1/4 in en anclas. Una persona.
 2. Maniobra de carga sobre el *HIAB*. Dos personas.
 3. Maniobra de traslado de columna hasta la zona de obra. Ninguna persona.
 4. Maniobra de descarga de columna a nivel de piso. Dos personas.
 5. Maniobra de elevación y colocación de columna sobre tuercas de anclas. Seis personas.
 6. Colocación y apriete de 12 contratuercas de 1 1/4 in. Seis personas.
 7. Plomeo y nivelación de columna. Dos personas.
 8. Apriete final de las 12 contratuercas. Dos personas.
 9. Maniobra de liberación de columna y traslado de grúa a zona de pintura. Dos personas.
- [Tabla 4.2 (A)]

Cumbreras

Una vez que las tres secciones que conforman una cumbrera hayan sido ubicadas dentro de la zona de obra con el empleo del *HIAB* se procederá al armado de las mismas a nivel de piso.

² El procedimiento para colocar Mon-Ten y Tensores se encuentra en la sección 4.3 de este capítulo.

³ Ver Apéndice A.5

Posteriormente, con la grúa telescópica de 20 ton de capacidad se levantará para dar el apriete final a los tornillos y luego se elevará para colocarla sobre las columnas. Cuando haya sido asegurada sobre las columnas se procederá a ventearla con cuerdas. La colocación de algunos Mon-Ten será necesario antes de soltar la cumbrera. Al igual que en las columnas se requerirán de tan sólo seis personas para llevar a cabo todo el proceso de montaje.

1. Maniobra de carga de una cumbrera en tres secciones sobre el *HIAB*. Dos personas.
 2. Maniobra de traslado de cumbrera hasta la zona de obra. Ninguna persona.
 3. Maniobra de descarga de secciones para armar a nivel de piso. Dos personas.
 4. Maniobra de posicionamiento de la grúa. Ninguna persona.
 5. Colocación y apriete de 8 tornillos de 3/4 in en placas unión de secciones. Dos personas.
 6. Maniobra de levantamiento y posicionamiento de cumbrera sobre piso con grúa. Dos personas.
 7. Apriete final de los 8 tornillos. Dos personas.
 8. Maniobra de elevación y colocación de cumbrera sobre columnas con grúa. Cuatro personas.
 9. Colocación y apriete de 16 tornillos de 1 1/4 in para sujetar la cumbrera a la columna. Cuatro personas.
 10. Vento de cumbrera con cuerdas. Cuatro personas.
 11. Colocación de 5 piezas de Mon-Ten 10 MT entre cumbreras. Seis personas.
 12. Maniobra de liberación de cumbrera y posicionamiento de grúa. Cuatro personas.
- [Tabla 4.2 (B)]

Columnas de Viento

Las columnas de viento seguirán una ruta de montaje similar a las columnas. Debido a que son de menor peso y tamaño que las segundas, se requerirán tan sólo cuatro personas para llevar a cabo la operación de montar una sola de ellas.

1. Nivelación de 4 tuercas de 1 in en anclas. Una persona.
 2. Maniobra de carga de columna sobre el *HIAB*. Dos personas.
 3. Maniobra de traslado de columna hasta la zona de obra. Ninguna persona.
 4. Maniobra de descarga de columna a nivel de piso. Dos personas.
 5. Maniobra de elevación y colocación de columna sobre tuercas de anclas. Cuatro personas.
 6. Colocación y apriete de 4 contratuercas de 1 in en placa base y 2 tornillos de 1/2 in para sujetar la columna de viento a la placa Col-Vto. Cuatro personas.
 7. Plomeo y nivelación de columna. Dos personas.
 8. Apriete final de 4 contratuercas de 1 in y 2 tornillos de 1/2 in. Dos personas.
 9. Maniobra de liberación de columna y traslado de grúa a zona de pintura. Dos personas.
- [Tabla 4.2 (C)]

Cumbrera 10"

La cumbrera 10" es más ligera que cualquiera de las otras, y su geometría está basada en el de una viga IPR. Debido a que son de menor peso y tamaño que las cumbreras principales, se requerirán sólo cuatro personas para llevar a cabo la operación de montar una sola de ellas.

1. Maniobra de colocación de la cumbrera 10" en una sola sección sobre el *HIAB*. Dos personas.
2. Maniobra de traslado de cumbrera hasta la zona de obra. Ninguna persona.
3. Maniobra de descenso y acomodamiento de cumbrera. Dos personas.

4. Maniobra de posicionamiento de la grúa. Ninguna persona.
 5. Maniobra de elevación y colocación de cumbrera sobre columnas con grúa. Cuatro personas.
 6. Colocación y apriete de 8 tornillos de 1 in para sujetar la cumbrera a la columna. Cuatro personas.
 7. Venteo de cumbrera con cuerdas. Cuatro personas.
 8. Colocación de 5 piezas de Mon-Ten 10 MT entre cumbreras. Seis personas.
 9. Liberación y posicionamiento de grúa. Cuatro personas.
- [Tabla 4.2 (D)]



Figura 4.2

		CUMBRERA	
M. Carga	Tiempo (min) T. M. (min)	15	7.5
M. Traslado	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
M. Descarga	Tiempo (min) T. M. (min)	12	6
M. Posición	Tiempo (min) T. M. (min)	9	4.5
Apriete I	Tiempo (min) T. M. (min)	6.4	3.2
M. Levant. & Posic.	Tiempo (min) T. M. (min)	10	5
Apriete II	Tiempo (min) T. M. (min)	2.5	1.25
M. Elevación	Tiempo (min) T. M. (min)	7	3.5
Apriete III	Tiempo (min) T. M. (min)	6.4	3.2
Venteo	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
MontTen	Tiempo (min) T. M. (min)	40	0
M. Liberación	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
Tiempo/Pza		165.0	
Pers. Total		6	
Total Pza		14	
Tiempo Total (jorn)		4.81	
Total		4.81	

TABLA 4.2 (B)

		COLUMNA	
Nivelación	Tiempo (min) T. M. (min)	6	3
M. Carga	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
M. Traslado	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
M. Descarga	Tiempo (min) T. M. (min)	4	2
M. Elevación	Tiempo (min) T. M. (min)	7	3.5
Apriete I	Tiempo (min) T. M. (min)	1.6	0.8
Plomeo & Nivelación	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
Apriete II	Tiempo (min) T. M. (min)	0.6	0.3
M. Liberación	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
Tiempo/Pza		58.8	
Pers. Total		6	
Total Pza		28	
Tiempo Total (jorn)		3.43	
Total		3.43	

TABLA 4.2 (A)

		COLUMNA VIENTO	
Nivelación	Tiempo (min) T. M. (min)	2	1
M. Carga	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
M. Traslado	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
M. Descarga	Tiempo (min) T. M. (min)	4	2
M. Elevación	Tiempo (min) T. M. (min)	7	3.5
Apriete I	Tiempo (min) T. M. (min)	2.4	1.2
Plomeo & Nivelación	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
Apriete II	Tiempo (min) T. M. (min)	0.9	0.45
M. Liberación	Tiempo (min) T. M. (min)	5	2.5
Tiempo/Pza		54.5	
Pers. Total		4	
Total Pza		18	
Tiempo Total (jorn)		2.04	
Total		2.04	

TABLA 4.2 (C)

		CUMBRERA 10"	
M. Carga	Tiempo (min)	5	
	T. M. (min)	2.5	
M. Traslado	Tiempo (min)	5	
	T. M. (min)	4	
M. Descarga	Tiempo (min)	4	
	T. M. (min)	2	
M. Posición	Tiempo (min)	3	
	T. M. (min)	1.5	
M. Elevación	Tiempo (min)	7	
	T. M. (min)	3.5	
Apriete I	Tiempo (min)	2.4	
	T. M. (min)	1.2	
Venteo	Tiempo (min)	5	
	T. M. (min)	2.5	
MonTen	Tiempo (min)	25	
	T. M. (min)	0	
M. Liberación	Tiempo (min)	5	
	T. M. (min)	2.5	
Tiempo/Pza		81.1	
Pers. Total		4	
Total Pza		1	Total
Tiempo Total (jorn)		0.17	0.17

TABLA 4.2 (D)

4.3 ETAPA III

Dentro de esta etapa quedan comprendidos todos los elementos no incluidos en alguna de las anteriores. El empleo de grúas para montar estos elementos no es necesario y en vez de ellas se utilizan máquinas como diferenciales, Tirfor y poleas entre otras. La mayor parte de las uniones se realizan con elementos roscados, sólo algunos elementos muy específicos requieren de soldadura. El tiempo de preparación de una maniobra incluyendo movimiento de herramientas y torres de andamios está considerado dentro de los tiempos de cada operación. A menos que se indique algún cambio, se tienen presente que el número de personas que integra un equipo de montadores estará compuesto por seis personas para llevar a cabo las labores abajo descritas.

Mon-Ten y PH2 Figura[4.3(a)]

La ruta de montaje del monten 10MT, 8MT y PH2 es muy similar.

1. Maniobra de traslado de pieza a zona de obra. Dos personas.
 2. Sujeción de piezas con cuerdas y ganchos. Dos personas.
 3. Maniobra de elevación de piezas por medio de dos poleas. Dos personas.
 4. Colocación de Mon-Ten en cartabones. Cuatro personas.
 5. Colocación y apriete final de 4 tornillos de 1/2 in para sujetar el Mon-Ten al cartabón. Cuatro personas.
- [Tabla 4.3 (A)]

Tensores Figura[3.5]

Estos elementos deberán ser montados tan pronto se tengan las cumbreras colocadas en su sitio. Su gran importancia radica en la rigidez que proporciona a la Estructura. En nuestro caso el montaje se realizará de la siguiente manera:

1. Maniobra de traslado de Tensores a zona de obra. Dos personas.
 2. Sujeción de piezas con cuerdas y gancho. Dos personas.
 3. Maniobra de elevación de tensores por medio de dos poleas. Dos personas.
 4. Colocación de tensor sobre las placas CVT. Cuatro personas.
 5. Soldadura sobre soleras y placas CVT. Cuatro personas.
 6. Ajuste de tensión del tensor. Dos personas.
 7. Retoque con aplicación de pintura a mano sobre área dañada. Dos personas.
- [Tabla 4.3 (B)]

PH1

La caja PH presenta un montaje similar a los Mon-Ten. Los PH serán unidos a la estructura por medio de soldadura, a diferencia de los monten.

1. Maniobras de traslado de pieza a zona de obra. Cuatro personas.
 2. Sujeción de piezas con cuerdas y gancho. Dos personas.
 3. Maniobra de elevación de PH1 por medio de dos poleas. Cuatro personas.
 4. Colocación de PH1 en las placas CVF-1. Cuatro personas.
 5. Soldadura plana y sobre cabeza entre PH1 y CVF-1. Cuatro personas.
 6. Retoque con aplicación de pintura a mano sobre área dañada. Dos personas.
- [Tabla 4.3 (C)]

PT1 [Figura 4.3 (b)]

La caja PT presenta un montaje parecido al PH1, pero por sus dimensiones y peso no se puede realizar con las poleas. En lugar de ello se empleará el Tirfor sujetado a una columna por un extremo del cable y a una patesca por el otro extremo. Estos elementos también serán unidos a la estructura por medio de soldadura, a diferencia de los monten.

1. Preparación de Tirfor, cables y patesca. Dos personas.
2. Maniobras de traslado de pieza a zona de obra. Cuatro personas.
3. Sujeción de piezas con cables y gancho. Dos personas.
4. Maniobra de elevación de PT1 por medio de Tirfor. Dos personas.
5. Colocación de PT1 en las placas CVF-2. Cuatro personas.
6. Soldadura plana y sobre cabeza entre PH1 y CVF-2 . Cuatro personas.
7. Retoque con aplicación de pintura a mano sobre área dañada. Dos personas.

[Tabla 4.3 (D)]

Placas Base [Figura 4.3(c)]

Las placas base CVF y CVT se montarán sobre tuercas de nivelación ubicadas en las anclas de los dados correspondientes. Para este montaje se requerirán dos personas.

1. Maniobra de traslado de piezas a zona de obra. Dos personas.
2. Nivelación de 4 tuercas de 1 in en anclas. Una persona.
3. Colocación de placas sobre tuercas. Dos personas.
4. Colocación y apriete final de 4 contratueras de 1 in. Dos personas.

[Tabla 4.3 (E)]

Extensión Columna

Para la elevación de esta pieza se emplearán dos poleas con sus respectivos juegos de garruchas.

1. Maniobras de traslado de pieza a zona de obra. Dos personas.
2. Sujeción de piezas con cuerdas y garruchas. Dos personas.
3. Maniobra de elevación de pieza por medio de dos poleas. Cuatro personas.
4. Colocación de extensión sobre cumbra. Tres personas.
5. Colocación y apriete final de 8 tornillos de 1/2 in. Dos personas.

[Tabla 4.3 (F)]

Separadores [Figura 4.3(d)]

Los separadores estarán unidos a la estructura a través de tornillos de 1/2 in que sujetarán a los Mon-Ten. Equipo de montadores compuesto por cuatro personas.

1. Maniobra de traslado de pieza a zona de obra. Una Persona.
2. Sujeción de pieza con cuerda y garrucha. Una Persona.
3. Maniobra de elevación de pieza por medio de una polea. Una persona.
4. Colocación de separador entre Mon-Ten. Dos personas.
5. Colocación y apriete final de 4 tornillos de 1/2 in. Dos personas.

[Tabla 4.3 (G)]

Ángulo CVF [Figura 4.3(c)]

1. Maniobra de traslado de pieza a zona de obra. Dos personas.
2. Sujeción de pieza con cuerda y garrucha. Una Persona.
3. Maniobra de elevación de pieza por medio de una polea. Dos personas.
4. Colocación de ángulo sobre placas CVF. Cuatro personas.
5. Colocación y apriete final de 6 tornillos de 1 in. Cuatro personas.

[Tabla 4.3 (H)]

Ángulo Perimetral

El equipo de montadores para esta labor estará compuesto por cuatro personas.

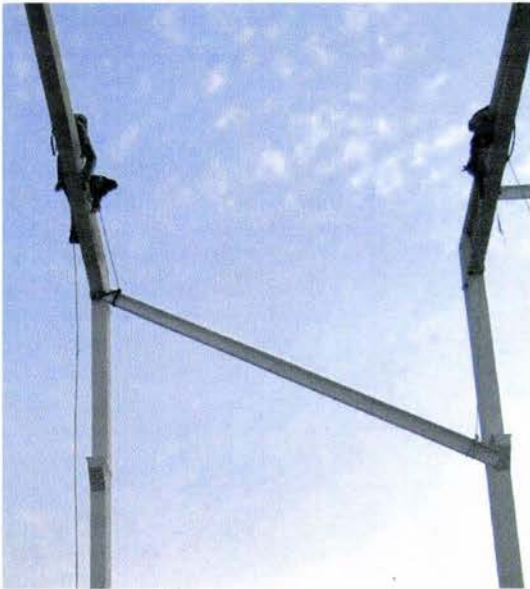
1. Maniobra de traslado de pieza a zona de obra. Dos personas.
2. Sujeción de pieza con cuerda y garrucha. Una Persona.
3. Maniobra de elevación de pieza por medio de una polea. Dos personas.
4. Colocación de ángulo sobre muro de concreto. Dos personas.
5. Colocación y apriete final de 3 tornillos de 1/2 in. Dos personas.

[Tabla 4.3 (I)]

Ángulo 1A

1. Maniobra de traslado de pieza a zona de obra. Dos personas.
2. Sujeción de pieza con cuerda y garrucha. Una Persona.
3. Maniobra de elevación de pieza por medio de dos poleas. Dos personas.
4. Colocación de ángulo sobre cumbrera "A". Dos personas.
5. Soldadura plana alternada entre ángulo y cumbrera. Dos personas.
6. Retoque con aplicación de pintura a mano sobre área dañada. Dos personas.

[Tabla 4.3 (J)]



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4.3

		10MT	8MT	PH2		
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7	1.7	2		
	T. M. (min)	0.85	0.85	1		
Sujeción	Tiempo (min)	0.8	0.8	0.8		
	T. M. (min)	0.4	0.4	0.4		
M. Elevación	Tiempo (min)	1	1	1		
	T. M. (min)	0.5	0.5	0.5		
Colocación	Tiempo (min)	0.8	0.8	0.8		
	T. M. (min)	0.4	0.4	0.4		
Apriete	Tiempo (min)	1	1	1		
	T. M. (min)	0.5	0.5	0.5		
Tiempo/Pza		8.0	8.0	8.4		
Pers. Total		6	6	6		
Total Pza		282	261	14	Total	
Tiempo Total (jorn)		4.67	4.32	0.25	9.24	

TABLA 4.3 (A)

		TENSORES			
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7			
	T. M. (min)	0.85			
Sujeción	Tiempo (min)	0.8			
	T. M. (min)	0.4			
M. Elevación	Tiempo (min)	1			
	T. M. (min)	0.5			
Colocación	Tiempo (min)	0.8			
	T. M. (min)	0.4			
Soldadura	Tiempo (min)	3			
	T. M. (min)	0.9			
Tensión	Tiempo (min)	0.5			
	T. M. (min)	0			
Retoque	Tiempo (min)	1.5			
	T. M. (min)	0.75			
Tiempo/Pza		13.1			
Pers. Total		6			
Total Pza		40	Total		
Tiempo Total (jorn)		1.09	1.09		

TABLA 4.3 (B)

		PHI		
M. Traslado	Tiempo (min)	2		
	T. M. (min)	1		
Sujeción	Tiempo (min)	0.8		
	T. M. (min)	0.4		
M. Elevación	Tiempo (min)	1		
	T. M. (min)	0.5		
Colocación	Tiempo (min)	1.5		
	T. M. (min)	0.75		
Soldadura	Tiempo (min)	14.3		
	T. M. (min)	4.29		
Retoque	Tiempo (min)	3		
	T. M. (min)	1.5		
Tiempo/Pza		31.0		
Pers. Total		6		
Total Pza		8	Total	
Tiempo Total (jorn)		0.52	0.52	

TABLA 4.3 (C)

		PTI		
Preparación	Tiempo (min)	30		
	T. M. (min)	0		
M. Traslado	Tiempo (min)	4		
	T. M. (min)	2		
Sujeción	Tiempo (min)	2		
	T. M. (min)	1		
M. Elevación	Tiempo (min)	10		
	T. M. (min)	5		
Colocación	Tiempo (min)	10		
	T. M. (min)	5		
Soldadura	Tiempo (min)	29		
	T. M. (min)	8.7		
Retoque	Tiempo (min)	5		
	T. M. (min)	2.5		
Tiempo/Pza		114.2		
Pers. Total		6		
Total Pza		8	Total	
Tiempo Total (jorn)		1.90	1.90	

TABLA 4.3 (D)

		Placa Base		
		CVF	CVT	
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7	1.7	
	T. M. (min)	0.85	0.85	
Nivelación	Tiempo (min)	2	2	
	T. M. (min)	1	1	
Colocación	Tiempo (min)	0.5	0.5	
	T. M. (min)	0.25	0.25	
Apriete	Tiempo (min)	2	2	
	T. M. (min)	1	1	
Tiempo/Pza		9.3	9.3	
Pers. Total		2	2	
Total Pza		16	4	Total
Tiempo Total (jorn)		0.31	0.08	0.39

TABLA 4.3 (E)

		Extensión Columna	
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7	
	T. M. (min)	0.85	
Sujeción	Tiempo (min)	0.8	
	T. M. (min)	0.4	
M. Elevación	Tiempo (min)	1	
	T. M. (min)	0.5	
Colocación	Tiempo (min)	1	
	T. M. (min)	0.5	
Apriete	Tiempo (min)	4.4	
	T. M. (min)	2.2	
Tiempo/Pza		13.4	
Pers. Total		6	
Total Pza		17	Total
Tiempo Total (jorn)		0.47	0.47

TABLA 4.3 (F)

		Separadores	
M. Traslado	Tiempo (min)	0.1	
	T. M. (min)	0.05	
Sujeción	Tiempo (min)	0.2	
	T. M. (min)	0.1	
M. Elevación	Tiempo (min)	0.2	
	T. M. (min)	0.1	
Colocación	Tiempo (min)	0.5	
	T. M. (min)	0.25	
Apriete	Tiempo (min)	2.2	
	T. M. (min)	1.1	
Tiempo/Pza		4.8	
Pers. Total		4	
Total Pza		1312	Total
Tiempo Total (jorn)		13.12	13.12

TABLA 4.3 (G)

		Angulo CVF	
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7	
	T. M. (min)	0.85	
Sujeción	Tiempo (min)	1.6	
	T. M. (min)	0.8	
M. Elevación	Tiempo (min)	2	
	T. M. (min)	1	
Colocación	Tiempo (min)	2	
	T. M. (min)	1	
Apriete	Tiempo (min)	4.4	
	T. M. (min)	2.2	
Tiempo/Pza		17.6	
Pers. Total		6	
Total Pza		32	Total
Tiempo Total (jorn)		1.17	1.17

TABLA 4.3 (H)

		Angulo Perim.	
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7	
	T. M. (min)	0.85	
Sujeción	Tiempo (min)	0.8	
	T. M. (min)	0.4	
M. Elevación	Tiempo (min)	1	
	T. M. (min)	0.5	
Colocación	Tiempo (min)	2	
	T. M. (min)	1	
Apriete	Tiempo (min)	4.4	
	T. M. (min)	2.2	
Tiempo/Pza		14.9	
Pers. Total		4	
Total Pza		34	Total
Tiempo Total (jorn)		1.05	1.05

TABLA 4.3 (I)

		Angulo IA	
M. Traslado	Tiempo (min)	1.7	
	T. M. (min)	0.85	
Sujeción	Tiempo (min)	0.8	
	T. M. (min)	0.4	
M. Elevación	Tiempo (min)	1	
	T. M. (min)	0.5	
Colocación	Tiempo (min)	1	
	T. M. (min)	0.5	
Soldadura	Tiempo (min)	7	
	T. M. (min)	3.5	
Retoque	Tiempo (min)	3	
	T. M. (min)	1.5	
Tiempo/Pza		21.8	
Pers. Total		4	
Total Pza		2	Total
Tiempo Total (jorn)		0.09	0.09

TABLA 4.3 (J)

CAPÍTULO 5

PLANEACIÓN SISTEMÁTICA

En este Capítulo se manifiestan de manera sistemática los resultados obtenidos de la aplicación de la planeación mostrada al principio de esta Tesis.¹ Los valores obtenidos en los capítulos anteriores complementan los resultados mostrados en éste. Finalmente dentro de esta parte del trabajo, se muestra un proceso básico de elaboración de presupuesto con el cuál se logran cumplir los últimos objetivos de la planeación.

En seguida se presentan algunas consideraciones que serán aplicadas para obtener los resultados de la presente tesis:

I. PLANEACIÓN.

- a. Debe existir un proyecto funcional. El proyecto debe ser lo más simple posible que cumpla con los requerimientos técnicos y las exigencias del cliente.
- b. Material adecuado. Los productos requieren cumplir con varias especificaciones dependiendo en qué van a ser utilizados o cuales son las necesidades de los clientes, puede darse el caso que el diseño sea perfecto pero el material utilizado no sea el adecuado. De nada servirá hacer productos que no tienen los materiales adecuados.
- c. Selección o diseño de los procesos de producción. En los sistemas de fabricación existen varias maneras de producir o manufacturar los productos, la selección de los procesos de fabricación se convierte en fundamental para lograr una producción considerada como económica.

II. ADMINISTRACIÓN.

- a. El proceso administrativo. El éxito de la producción económica se encuentra garantizada al aplicar el proceso administrativo por todos los participantes, en las partes del proceso de producción. En conjunción con el proceso administrativo es común la aplicación de los principios de la administración, de los cuales se destacan los siguientes:
 - No trabajar como 10 personas, sino hacer que trabajen por lo menos 10 personas.
 - Un solo mando, cuando dos dan órdenes a uno, estas nunca coinciden y se genera descontrol.
 - La responsabilidad no se delega lo que se delega es la autoridad.
 - Toda instrucción que no se supervisa, es muy probable que no se realice.
- b. Un proceso siempre es mejorable, pero sólo se mejora cuando requiere ser modificado. En la administración el éxito está en: la suma, la coordinación, el control, el manejo del conocimiento, la creatividad, la información.

¹ Capítulo 1, sección 1.1

III. EJECUCIÓN O PRODUCCIÓN.

- a. Producción. La producción y los procesos de manufactura quedan comprendidos por la fabricación, el montaje de estructura y el proceso de pintura.
- b. Seguridad. Es fundamental que exista un ambiente sano y seguro para el desempeño de las labores, por lo tanto será fundamental contar con cursos, pláticas y equipos de seguridad en todo momento.
- c. Recursos humanos. En los sistemas productivos participan las personas en dos ámbitos; el operativo en donde el hombre es un experto manejando u operando maquinaria. El otro ámbito es el de supervisión en donde se encuentran los directivos, los supervisores y el ingeniero mecánico. Para lograr la participación eficiente del factor humano en la producción económica se deberá considerar: la motivación, el trato, la confianza, la capacitación y la seguridad

IV. COSTOS.

- a. El costo de los productos depende de las inversiones o gastos que se generan al consumir materias primas, comprar máquinas, pagar la mano de obra y el costo de vender los productos, el almacenamiento, el financiamiento, la planeación y administración, el control, el cumplimiento de los estándares y el pago de impuestos.
- b. Los costos principales en los sistemas productivos de bienes materiales son por lo regular la maquinaria y la materia prima. Los costos de planeación, la administración ventas y el cumplimiento de estándares son para lograr aumentar la eficiencia y no son muy altos en comparación con el costo final del producto terminado. En este conjunto de gastos se ubica a la planeación del producto o el análisis o diseño de los sistemas productivos. Uno de los principales factores a considerar en un sistema productivo es la competitividad, para ello se deberá buscar que la producción siempre sea económica.
- c. Algunos parámetros de costos que hay que considerar para comprobar una correcta planeación de éste tipo son:
 - La fabricación y el montaje son dos procesos que deben considerarse siempre por separado.
 - El costo de montaje de estructura pesada es menor al de estructura ligera.
 - En el giro de la construcción los precios se dan en relación al peso de la estructura.

5.1 ALCANCE DE OBRA

El alcance de obra estuvo comprendido prácticamente por las bases del concurso señaladas en la *sección 1.1*. Sin embargo, para complementar este alcance fue necesaria una observación superficial de los planos de diseño que nos permita realizar la cubicación de la nave industrial (128m de largo, 28m de ancho y una altura promedio de 13 m). Luego se continuó con una visita de campo a la zona de obra para prever aquellos puntos que no hubieran estado contenidos en las condiciones de trabajo y tener presente la distancia y el tiempo de traslado desde la ubicación original del taller.

Se estableció entre ambas partes – la constructora y el propietario – que el proceso de fabricación consideraría a aquellos elementos que debieran ser sometidos a un proceso de

manufactura, comprendido por la transformación de materia prima y cubriendo en general 3 de los procesos más importantes: trazo, corte y unión. Mientras que el montaje consideraría los proceso de incorporar elementos previamente fabricados a la estructura, por medio de uniones de tornillos o soldadura.

Una vez acordados los términos anteriores quedó entonces comprendido nuestro Alcance de Obra:

- Fabricar los elementos que corresponden a la estructura ligera.
- Montar todos los elementos comprendidos en la estructura ligera.
- Montar todos los elementos comprendidos en la estructura pesada.
- Realizar los trabajos de pintura de taller sobre la estructura ligera.
- Realizar los trabajos de acabado de pintura sobre toda la estructura.
- Presentar una tabla de avance de obra con respecto al tiempo.

5.2 PLANOS Y DISEÑOS

El juego de planos que llegó a manos del autor correspondía al tipo de plano de diseño y se apegaba a las Normas del IMCA referidas a planos de diseño.² Algunos de los planos de taller tuvieron que ser dibujados por el autor de esta obra a partir de los de diseño según lo estipulado por el IMCA.³ En la figuras 5.1(a), (b) y (c) se muestran distintos detalles de los planos de diseño. Mientras que en las figuras 5.2 (a) y (b) se observan algunos detalles de los planos de taller y montaje.

Con respecto a tolerancias el IMCA especifica las variaciones tanto para la fabricación como para el montaje.⁴ Las tolerancias no fueron menores a 1 mm por lo que el trabajo de taller no requirió de una gran precisión como sucede con ciertas piezas de elementos mecánicos cuyas tolerancias son de hasta milésimas de centímetros. Al respecto, se sabe de antemano que la precisión en la fabricación encarece el costo del producto.

² Ver Apéndice A.2

³ La reproducción total de los planos de diseño y de taller en esta tesis no fue posible por lo que sólo se presentan segmentos y detalles de algunos de ellos. Al respecto de la patente del diseño ver Apéndice A.2

⁴ Ver Apéndice A.3

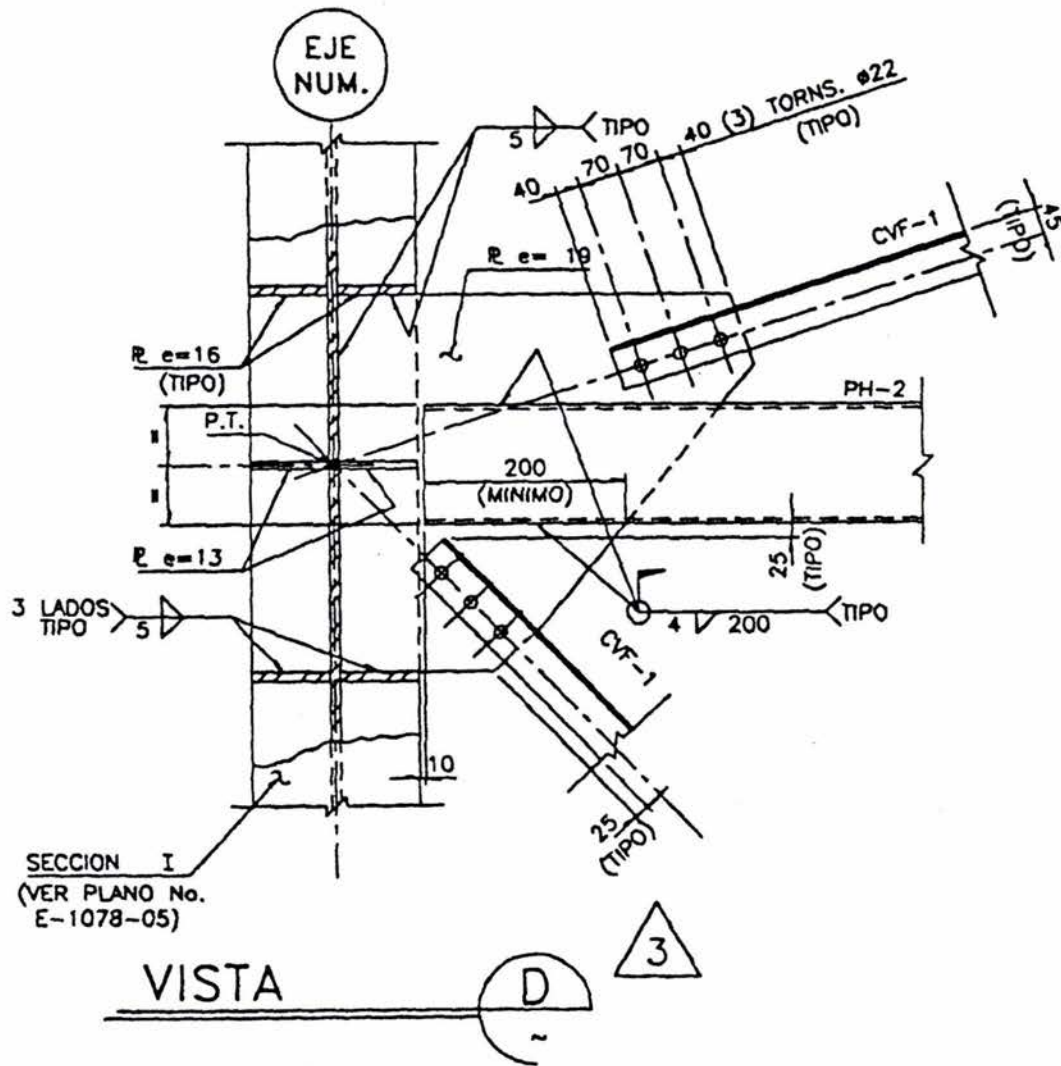


Figura 5.1 (a)

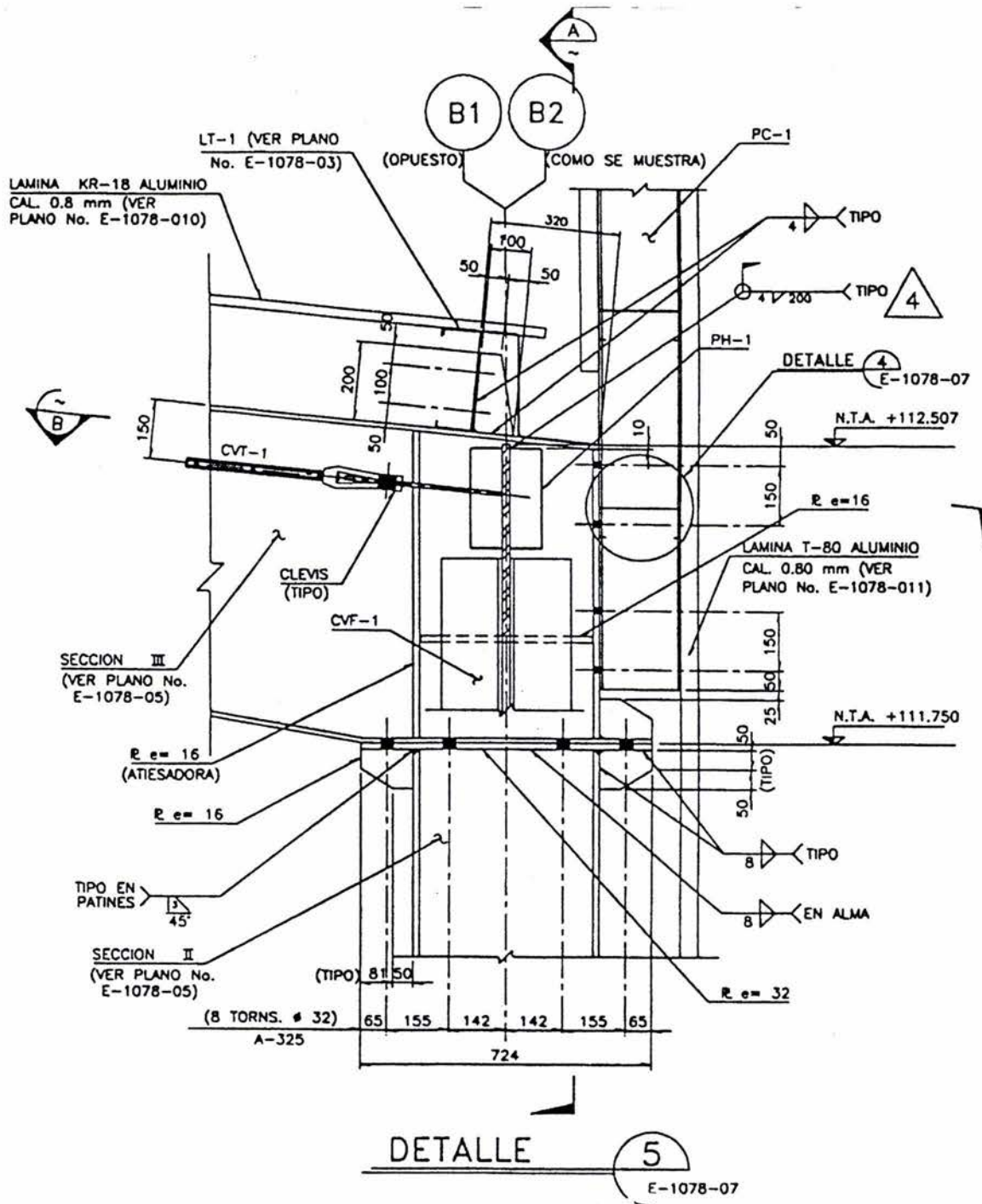


Figura 5.1 (b)

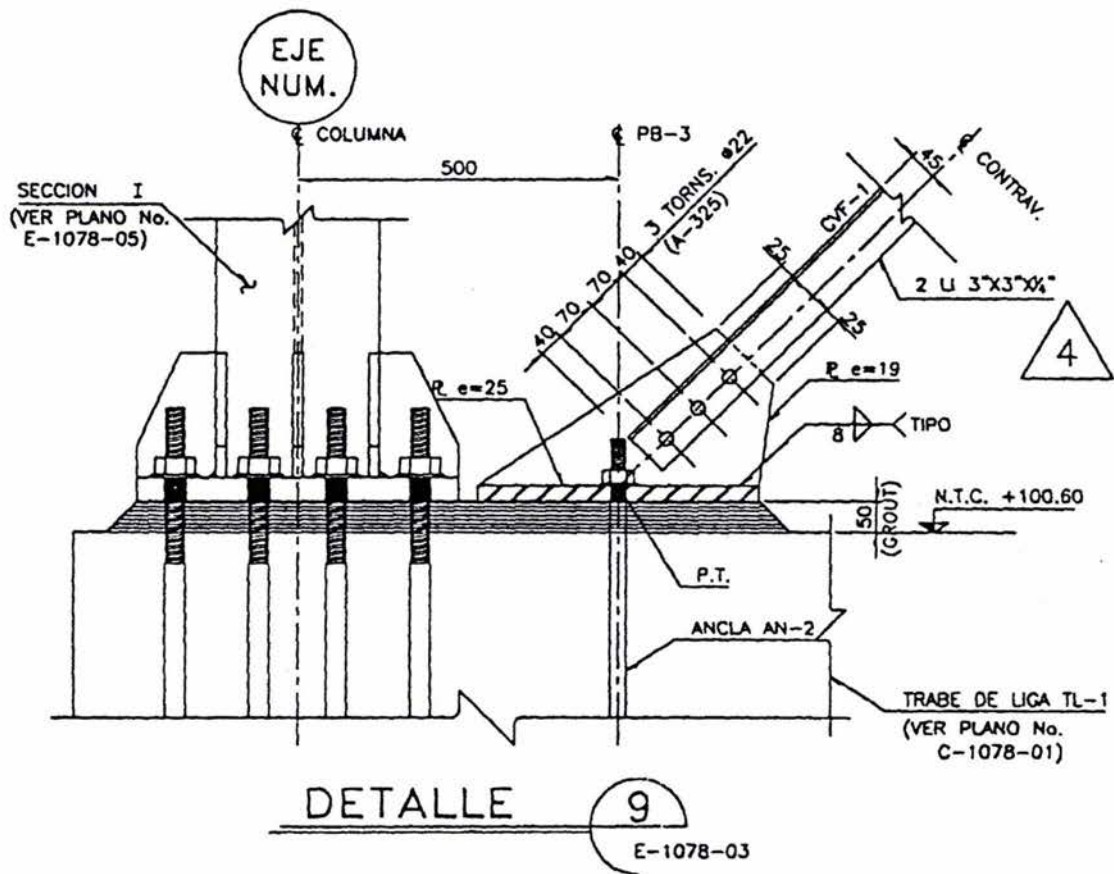


Figura 5.1 (c)

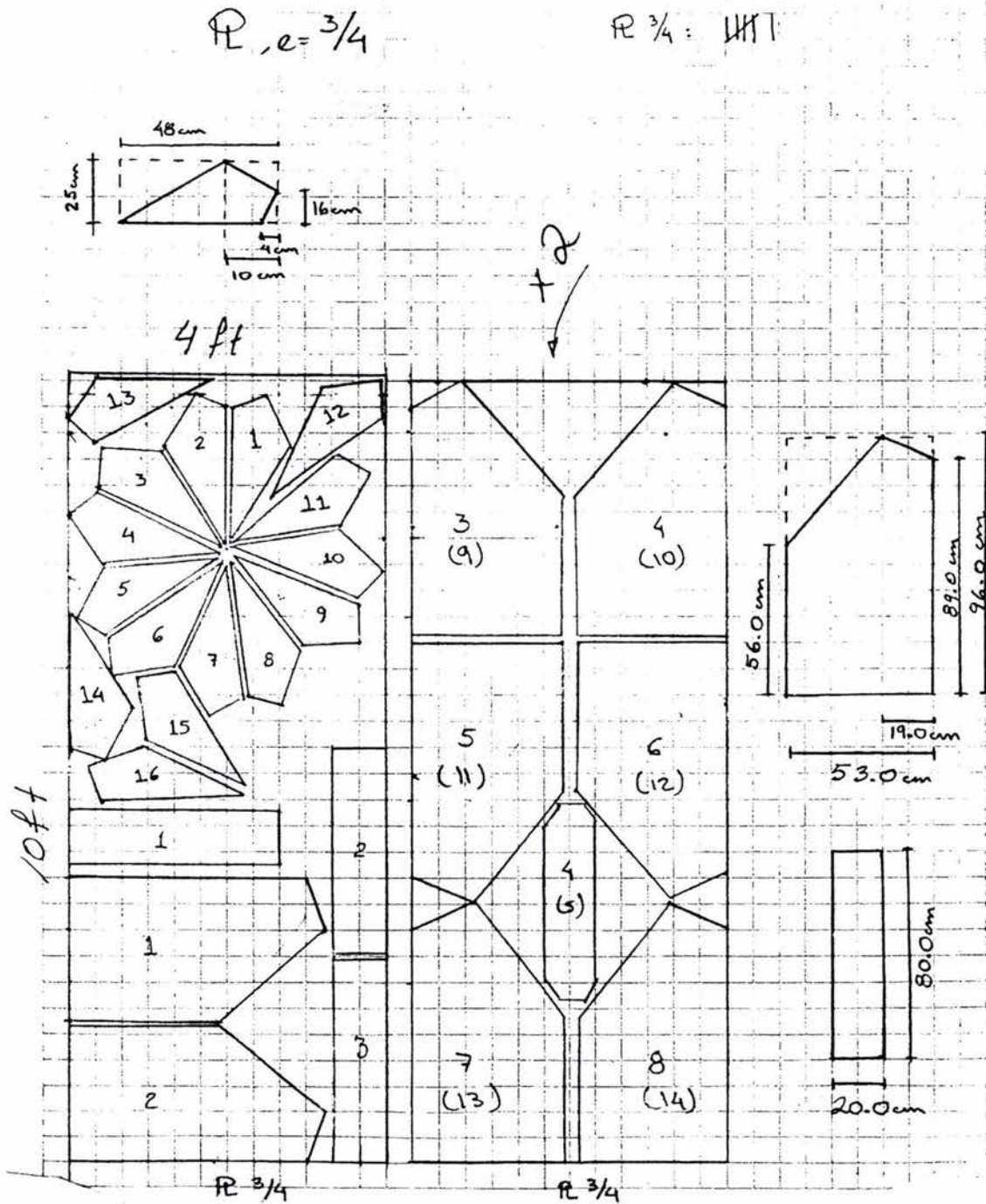


Figura 5.2 (a)

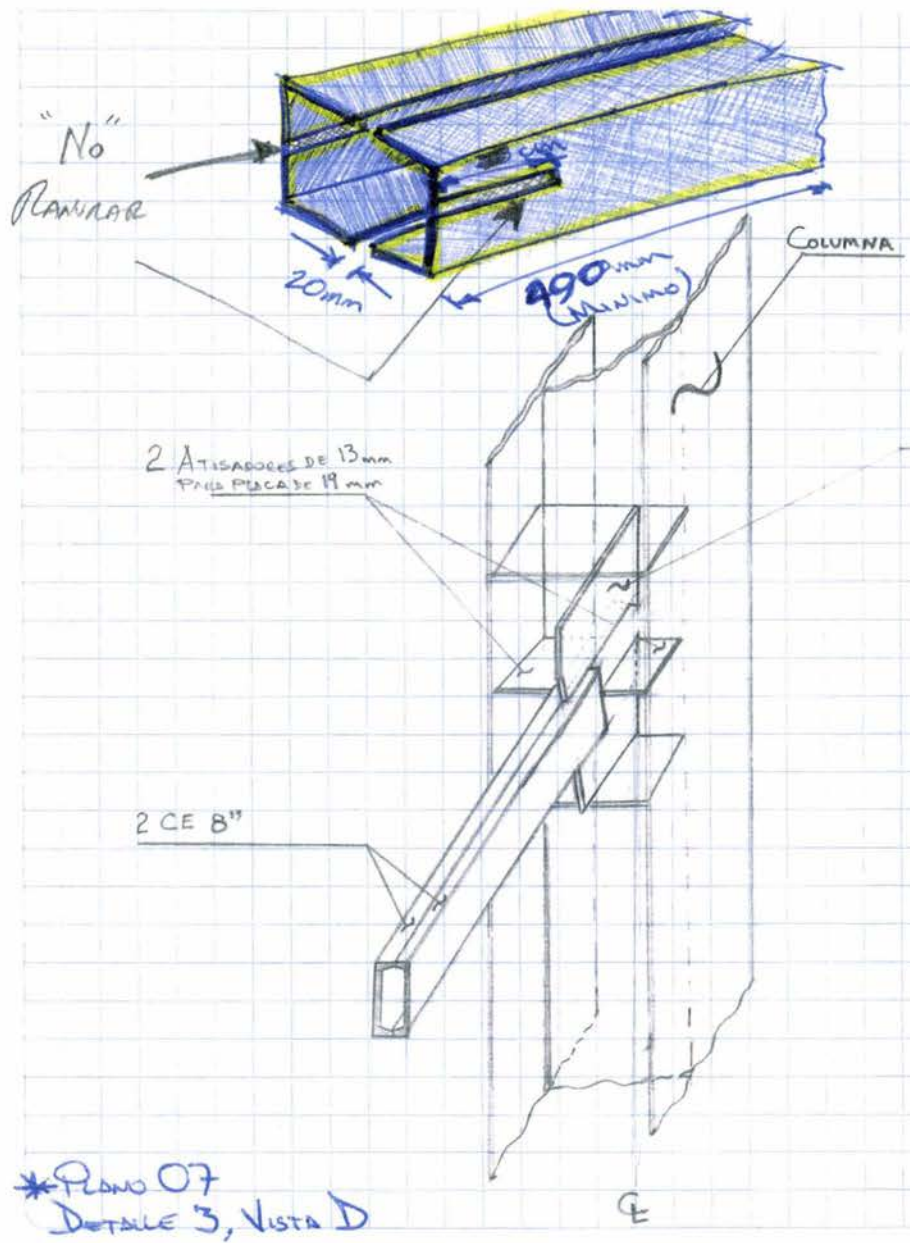


Figura 5.2 (b)

Tensor-A (Techo)	xxx	Redondo 1"	RA	3.973	kg/m	11.640	x	x	x	46.246	16	739.932
		Solera 1/2 x 4	SA	10.13	kg/m	0.300	x	x	x	3.039	64	194.496
Tensor-B (Techo)	xxx	Redondo 1"	RB	3.973	kg/m	11.180	x	x	x	44.418	16	710.690
		Solera 1/2 x 4	SB	10.13	kg/m	0.300	x	x	x	3.039	64	194.496
Tensor-C (10")	xxx	Redondo 1"	RC	3.973	kg/m	9.280	x	x	x	36.869	4	147.478
		Solera 1/2 x 4	SC	10.13	kg/m	0.300	x	x	x	3.039	16	48.624
Tensor-D (10")	xxx	Redondo 1"	RD	3.973	kg/m	8.800	x	x	x	34.962	4	139.850
		Solera 1/2 x 4	SD	10.13	kg/m	0.300	x	x	x	3.039	16	48.624
PH2-A	E-1078-03	Montén 10 MT 14	(2) Montén Caja Techo	6.78	kg/m	9.144	x	x	x	123.993	12	1,487.912
PH2-B	E-1078-03	Montén 10 MT 14	(2) Montén Caja Techo	6.78	kg/m	2.281	x	x	x	30.930	2	61.861
PH1-A	E-1078-02	Montén 10 MT 14	(2) Montén Caja Fachada B1 y B2	6.78	kg/m	9.144	x	x	x	123.993	8	991.941
PT1	E-1078-07 / D	Canal 8" x 20.46	(2) Canal	20.46	kg/m	8.850	x	x	x	181.071	8	1,448.568
Placa Col Vto-1	E-1078-09/ 2	Placa e = 5/16	Eje 1A	62.25	kg/m ²	0.400	0.3	0.120	x	7.470	9	67.230
Placa Col Vto-2	E-1078-09/ 2	Placa e = 5/16	Eje 10"	62.25	kg/m ²	0.400	0.3	0.120	x	7.470	5	37.350
Placa Col Vto-3	E-1078-08 / 12	Placa e = 5/16	Ejes 1 y 7	62.25	kg/m ²	0.300	0.2	0.060	x	3.735	8	29.880
10 MT 14 - A	E-1078-02	Montén 10 MT 14	Techo	6.78	kg/m	9.144	x	x	x	61.996	214	13,267.212
10 MT 14 - B	E-1078-02	Montén 10 MT 14	Techo	6.78	kg/m	9.294	x	x	x	63.013	20	1,260.266
10 MT 14 - C	E-1078-02	Montén 10 MT 14	Techo	6.78	kg/m	6.572	x	x	x	44.558	20	891.163
10 MT 14 - D	E-1078-02	Montén 10 MT 14	Techo	6.78	kg/m	2.821	x	x	x	19.126	20	382.528
10 MT 14 - E	E-1078-03	Montén 10 MT 14	Fachada Eje 1A	6.78	kg/m	7.210	x	x	x	48.884	4	195.535
10 MT 14 - F	E-1078-03	Montén 10 MT 14	Fachada Eje 1A	6.78	kg/m	6.430	x	x	x	43.595	4	174.382
8 MT 14 - A	E-1078-03	Montén 8 MT 14	Fachada B1 y B2	5.62	kg/m	9.144	x	x	x	51.389	126	6,475.049
8 MT 14 - B	E-1078-03	Montén 8 MT 14	Fachada B2	5.62	kg/m	9.294	x	x	x	52.232	9	470.091
8 MT 14 - C	E-1078-03	Montén 8 MT 14	Fachada B2	5.62	kg/m	6.572	x	x	x	36.935	9	332.412
8 MT 14 - D	E-1078-03	Montén 8 MT 14	Fachada B2	5.62	kg/m	2.821	x	x	x	15.854	9	142.686
8 MT 14 - E	E-1078-04	Montén 8 MT 14	Fachada Eje 1A y 10"	5.62	kg/m	7.210	x	x	x	40.520	24	972.485
8 MT 14 - F	E-1078-04	Montén 8 MT 14	Fachada Eje 1A y 10"	5.62	kg/m	6.430	x	x	x	36.137	24	867.278
8 MT 14 - G	E-1078-04	Montén 8 MT 14	Fachada Eje 1 y 7	5.62	kg/m	6.590	x	x	x	37.036	24	888.859
8 MT 14 - H	E-1078-04	Montén 8 MT 14	Fachada Eje 1 y 7	5.62	kg/m	5.000	x	x	x	28.100	24	674.400
8 MT 14 - I	E-1078-04	Montén 8 MT 14	Fachada Eje 1 y 7	5.62	kg/m	4.100	x	x	x	23.042	12	276.504
Ang Perim	E-1078-09 / 5	Angulo 1/4 x 3 x 3	x	7.29	kg/m	203.140	x	x	x	1,480.891	1	1,480.891
Ang CVF-1	E-1078-03	Angulo 1/4 x 3 x 3	(2) Angulos en Tee	7.29	kg/m	12.282	x	x	x	179.072	16	2,865.145
Ang CVF-2	E-1078-03	Angulo 1/4 x 3 x 3	(2) Angulos en Tee	7.29	kg/m	9.624	x	x	x	140.318	16	2,245.087
Ang 1A	E-1078-09 / F	Angulo 1/4 x 4 x 4	x	9.82	kg/m	27.280	x	x	x	267.890	1	267.890
Ext Col	E-1078-07 / A	Viga IPR 8 x 13	x	19.4	kg/m	2.500	x	x	x	48.500	17	824.500
Cumb 10"	E-1078-04	Viga IPR 10 x 17	x	25.3	kg/m	13.890	x	x	x	351.417	2	702.834

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Tabla 5.1

Columna	E-1078-07 / A	Placa e = 1/2	Sec. I Alma	99.61	kg/m ²	7.931	0.463	3.672	365.773	1,553.704	28	43,503.710
	E-1078-07 / A	Placa e = 5/8	Sec. I Patin (2)	124.51	kg/m ²	7.931	0.253	2.007	499.669			
	E-1078-01 / A	Placa e = 1 1/4	Sec. I Placa Base	249.01	kg/m ²	0.932	0.5	0.466	116.039			
	E-1078-01 / A	Placa e = 5/8	Sec. I Atiesador Placa Base (2)	124.51	kg/m ²	0.200	0.646	0.129	32.173			
	E-1078-06 / A	Placa e = 5/8	Sec. I y Sec. II Atiesador Unión (2)	124.51	kg/m ²	0.361	0.144	0.052	12.945			
	E-1078-06 / A	Placa e = 7/8	Sec. I y Sec. II Placa Unión	174.31	kg/m ²	0.960	0.3	0.288	50.201			
	E-1078-07 / A	Placa e = 7/16	Sec. II Alma	87.15	kg/m ²	3.169	0.463	1.467	127.871			
	E-1078-07 / A	Placa e = 11/16	Sec. II Patin (2)	136.96	kg/m ²	3.169	0.28	0.887	243.055			
	E-1078-08 / 5	Placa e = 1 1/4	Sec. II Placa Unión Cumb.	249.01	kg/m ²	0.724	0.3	0.217	54.085			
	E-1078-06 / A	Placa e = 1/2	Sec. I y II Ménsula Trabe Carril	99.61	kg/m ²	0.572	0.253	0.145	14.415			
	E-1078-06 / A	Placa e = 1/2	Sec. I y II Cartabón Trabe Carril	99.61	kg/m ²	xx	xx	0.049	4.881			
E-1078-08,01/5,A	Placa e = 5/8	Sec. I y II Atiesador Trapecio (14)	124.51	kg/m ²	xx	xx	0.019	32.597				
Cumbrecera	E-1078-05	Placa e = 1/4	Sec. III Alma (2)	49.8	kg/m ²	xx	xx	3.830	381.468	2,221.660	14	31,103.240
	E-1078-05	Placa e = 1/2	Sec. III Patin Superior (2)	99.61	kg/m ²	6.945	0.254	1.764	351.430			
	E-1078-05	Placa e = 1/2	Sec. III Patin Inferior (2)	99.61	kg/m ²	7.170	0.254	1.821	362.815			
	E-1078-05	Placa e = 5/8	Sec. III Atiesador Lateral (4)	124.51	kg/m ²	0.755	0.251	0.190	94.381			
	E-1078-05	Placa e = 1/4	Sec. IV Alma (2)	49.8	kg/m ²	xx	xx	3.950	393.420			
	E-1078-05	Placa e = 3/8	Sec. IV Patin Superior (2)	74.7	kg/m ²	6.940	0.254	1.763	263.356			
	E-1078-05	Placa e = 3/8	Sec. IV Patin Inferior (2)	74.7	kg/m ²	6.885	0.254	1.749	261.269			
	E-1078-05	Placa e = 3/8	Sec. IV Atiesador Centro (2)	74.7	kg/m ²	0.780	0.12	0.094	13.984			
E-1078-05	Placa e = 3/4	Sec. III y IV Placa Unión (4)	149.41	kg/m ²	0.510	0.28	0.143	85.343				
E-1078-05	Placa e = 5/16	Sec. III y IV Atiesador Trapecio (12)	62.25	kg/m ²	xx	xx	0.019	14.193				
Col Vto 1A	E-1078-09	Viga IPR 10 x 17	Eje 1A	-25.3	kg/m	13.200	x	x	x	333.960	5	1,669.800
Col Vto 10" - L	E-1078-09	Viga IPR 10 x 17	Eje 10" Eje B1 y B2	25.3	kg/m	13.200	x	x	x	333.960	2	667.920
Col Vto 10" - M	E-1078-09	Viga IPR 10 x 17	Eje 10" Intermedia	25.3	kg/m	12.102	x	x	x	306.181	2	612.361
Col Vto 10" - C	E-1078-09	Viga IPR 10 x 17	Eje 10" Central	25.3	kg/m	12.745	x	x	x	322.449	1	322.449
Col Vto 1 y 7 - M	E-1078-09	Viga IPR 10 x 17	Eje 1 y Eje 7 Sec. III	25.3	kg/m	11.400	x	x	x	288.420	4	1,153.680
Col Vto 1 y 7 - C	E-1078-09	Viga IPR 10 x 17	Eje 1 y Eje 7 Sec. IV	25.3	kg/m	11.500	x	x	x	290.950	4	1,163.800
Col Vto PB	E-1078-01	Placa e = 5/8	Placa Base Col. Vto. Ejes: 1A, 10", 1 y 7	124.51	kg/m ²	0.278	0.19	0.053	x	6.577	18	118.379

x: NO APLICA
xx: FORMA IRREGULAR
xxx: NO APARECE EN PLANOS

TOTAL (kg): 133,952.540

Tabla 5.1

5.3 MATERIALES, DIMENSIONES Y PESO.

Dentro de los planos de diseño se señalaban claramente los materiales o perfiles a utilizar.⁵ La Tabla 5.1 muestra los tipos de perfiles empleados para cada pieza, también señala el peso propio de cada material según las Tablas de dimensiones y propiedades de perfiles del IMCA⁶. Los materiales fueron adquiridos por kg o ton y no por pieza o tramo como se pudiera suponer. El peso total de elementos y la estructura completa se calculó utilizando la misma Tabla 5.1. Este valor no considera el peso de material de desperdicio.

Cabe aclarar que la Tabla 5.1 muestra todos los perfiles y placas utilizados en toda la estructura correspondientes a los elementos estructurales, tanto para los elementos fabricados como para los que no lo fueron – es decir la estructura pesada.

Con la interpretación de los planos se determinaron las dimensiones y cantidades de piezas que conforman la estructura. Con estos últimos se completaron los valores de la Tabla 5.1, la cual se realizó mediante una hoja de cálculo. Se obtuvieron por tanto: el peso por pieza, peso total por piezas y peso final de la estructura. Las consideraciones de dimensiones estuvieron sujetas a las normas. La ubicación precisa de los elementos y piezas que los constituyen tanto en los planos como en la estructura permitió facilitar las labores en la fabricación y el montaje.

5.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

De los planos de diseño se ubicaron los elementos estructurales que habían de ser fabricados y los que ya se encontraban habilitados. La Tabla 5.2 agrupa a los elementos en dos divisiones principales: elementos fabricados y elementos no fabricados. Dentro de la misma se indican los elementos pertenecientes a la estructura pesada y la estructura ligera, así como su función o significado. En los *Capítulos III y IV* se muestran algunas imágenes de estos elementos.

NO.	ELEMENTO	TIPO	FUNCIÓN
NO FABRICADO			
1	Cartabón	<i>Ligera</i>	Conexión que permite unir los largueros a las columnas o cumbreras.
2	Separador	<i>Ligera</i>	Elemento de rigidez ubicado entre los largueros para formar un bastidor.
3	Placa CVT	<i>Ligera</i>	Placa de sujeción de los tensores y conexión a las cumbreras o columnas.
4	Placa CVF	<i>Ligera</i>	Placa de sujeción de los ángulos contra flambeo y conexión a las cumbreras o columnas.
5	Tensor	<i>Ligera</i>	Elemento principal que da rigidez a la estructura completa, ubicado entre cumbreras o columnas.
6	Monten en caja PH-2	<i>Ligera</i>	Doble larguero en forma de caja que sirve como principal elemento de fijación de lámina y de rigidez entre marcos estructurales.
7	Monten en caja PH-1	<i>Ligera</i>	Doble larguero en forma de caja que sirve como principal elemento de fijación de lámina y de rigidez entre marcos estructurales.
8	Canal en caja PT-1	<i>Ligera</i>	Doble canal en forma de caja que acompaña a la Trabe carril entre columnas para dar rigidez.
9	Placa columna de viento	<i>Ligera</i>	Conexión que permite la unión entre las columnas de viento y las cumbreras.
10	Monten 10 MT 14	<i>Ligera</i>	Larguero o polín que sirve como principal elemento de fijación de

⁵ Ver nota [3] Capítulo 5, pág. 72.

⁶ Ver Apéndice B

			lámina. En conjunto con los separadores forman un bastidor.
11	Monten 8 MT 14	Ligera	Larguero o polín que sirve como principal elemento de fijación de lámina. En conjunto con los separadores forman un bastidor.
12	Ángulo perimetral	Ligera	Elemento perimetral que permite la fijación de la lámina al muro.
13	Ángulo CVF	Ligera	Doble ángulo en forma de Tee que sirve como contra flambeo entre columnas.
14	Ángulo eje 1-A	Ligera	Angulo de remate de lámina en la fachada frontal o eje 1-A.
15	Extensión columna – viga	Pesada	Viga que continúa la columna para incorporar cartabones y contribuir a la laminación de la fachada.

FABRICADO

16	Cumbrera eje 10"	Pesada	Trabe del fondo o final de la nave distinta a las demás por los perfiles estructurales que la componen.
17	Columna	Pesada	Elemento principal vertical que junto con la cumbrera forma la armadura de un marco estructural.
18	Cumbrera	Pesada	Elemento principal horizontal que junto con la columna forma la armadura de un marco estructural.
19	Columna de viento	Pesada	Elemento vertical secundario ubicado entre claros de columnas para contribuir a la laminación y fachada.

TABLA 5.2

5.5 IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS

Los servicios identificados en la zona de obra fueron:

- Distintos puntos retirados del área de fabricación para suministro de energía eléctrica trifásica en 440 V y 110V a través de enchufes para clavijas de media vuelta.
- Distintos puntos retirados del área de fabricación para suministro de aire con una presión de 90 lb/in² en tubería de galvanizada de 1/2 pulgada.
- Instalaciones hidráulicas.
- Sanitarios.
- El espacio para establecer el taller de fabricación, área de pintura, almacén de material y almacén de productos, estaba comprendida en un espacio abierto a la intemperie de 80 m por 10 m.
- Los transportes de carga como: grúas viajeras, plataformas y montacargas con que cuenta la planta son de uso exclusivo para la misma y no pudieron ser utilizados por la constructora.
- Depósitos de basura accesibles.
- Depósitos de residuos peligrosos accesibles.

Por lo anterior, se considera el siguiente material y equipo:

1. Cable de uso rudo.
2. Clavijas de media vuelta.
3. Tablero eléctrico con interruptor principal.
4. Manguera para aire.
5. Conexiones para red neumática.
6. Fabricación de taller tipo "carpa" a base de lonas y perfil tubular.
7. Bodega de equipo y herramienta.
8. Caseta móvil para pintar a base de lonas y perfil tubular.
9. Lonas para cubrir material y productos.
10. Puente móvil (diferencial) y tortugas para maniobras de desplazamientos cortos y giros.

11. Grúas para efecto de montaje.
12. Fletes para los traslados de los equipos, máquinas y herramientas para la fabricación y montaje.

5.6 EQUIPO Y HERRAMIENTAS.

Los procesos de manufactura identificados de manera general para la fabricación y el montaje de esta estructura en estudio fueron:

- Corte.
- Unión por soldadura y tornillos.
- Acabados y pintura.

Considerando el inventario del taller, se decidió realizar estos procesos con los siguientes equipos y herramientas:

- Equipo de corte de oxiacetileno para: placas, canal y viga, empleando para ello boquillas del número 2, 4 y 6.
- Corte con disco abrasivo para: ángulos, monten y redondo.
- Taladro de banco para: barrenos en placas, solera y ángulos, brocas varias.
- Taladro de mano para: barrenos en monten, brocas varias.
- Máquina de soldar trifásica con rango de 90 a 130 Amper. Soldadura para la fabricación y el montaje, empleando principalmente electrodos FW-5P-7018 de 5/32 y 1/8; y FW-5P-6010 de 1/8.
- Juegos de matracas, llaves de estrías, llaves mixtas, llaves españolas, dados y extensiones para apriete de tuercas y tornillos.
- Torquímetro de carátula para medir el torque de apriete de los tornillos.
- Esmeril de mano y de banco para desbaste de rebabas ocasionadas por el corte del material y soldadura.
- Juego de Pistolas, Secador de Aire y Tanque para pintar.

Además de las anteriores se contemplaron aquellas herramientas que son necesarias para conectarse a las redes neumáticas, hidráulicas o eléctricas; y que de igual forma pueden contribuir a los procesos. A continuación se muestra la lista de los equipos y herramientas empleados para llevar a cabo los trabajos de fabricación y montaje para la nave industrial.

No.	EQUIPO Y HERRAMIENTA	No.	EQUIPO Y HERRAMIENTA
1	Arco de segueta	19	Matracas con dados (varios)
2	Caja de herramientas con ruedas	20	Máquina de soldar
4	Cepillo de alambre	21	Martillo de bola
5	Cinzel	22	Multímetro
6	Cortadora de disco	23	Nivel de aluminio
7	Desarmador plano	24	Perico
8	Desarmador de cruz	25	Pinzas de presión
9	Diablo porta-tanques de oxígeno y acetileno	26	Pinzas de electricista
10	Equipo de corte completo	27	Prensa de cadena
11	Escuadra 24"	28	Pulidor esmerilador con llave
12	Escuadra universal	29	Punto de golpe

13	Extensión de cable para 110 V con caja - contacto	30	Punzón
14	Extensión de cable trifásico uso rudo 3 x 8 AWG	31	Tablero - interruptor 3 x 100 amp
15	Juego llaves allen	32	Taladro de banco
16	Llave stilson	33	Taladro de mano
17	Llaves española (varias)	34	Tanque de acetileno
18	Llaves mixtas (varias)	35	Tanque de oxígeno

También se dio el caso que no se tuviera o se estropeará alguna herramienta necesaria en el taller, para lo cual se tuvo tres soluciones en general: se fabricó, se compró o se rentó.

5.7 SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

En este caso hubo que tener especial cuidado en las labores que se realizaron en altura al montar la estructura. La comunicación con los trabajadores u obreros en este tema no se escatimó puesto que algunos de ellos desarrollan una necesidad por no emplear el equipo de seguridad o normas. La forma más segura y cómoda para mantener a las personas trabajando en altura fue mediante arneses y cuerdas de vida. Como regla general, desde los ayudantes hasta los supervisores y visitantes a la obra tuvieron que portar casco de seguridad, gafas de seguridad y calzado con casquillo, así como una vestimenta que cubriera las extremidades inferiores y superiores. Para los soldadores y ayudantes de éstos, se dispuso de petos, polainas y mangas con el fin de evitar accidentes por quemaduras. Los extintores formaron parte del equipo básico de seguridad en el taller.

La manera de cómo impactó la construcción de la nave al medio ambiente fue contemplada por los diseñadores y estructuristas, por nuestra parte debimos cuidar en donde se depositaron los desechos peligrosos como los sobrantes de electrodos y materiales; así como de no pintar al aire libre con pistola de aire.

Nuestros problemas de impacto fueron fácilmente resueltos al contar con dos contenedores de desechos uno para desperdicio de acero y el otro para residuos de electrodos. La construcción de dos casetas móviles para pintar fue la respuesta al problema de la contaminación del aire por pintura aplicada con pistola de aire.

En el listado que sigue a continuación se muestran otras herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo de manera segura algunos de los procesos de fabricación y montaje.

No.	DESCRIPCION DE EQUIPO Y HERRAMIENTA	No.	DESCRIPCION DE EQUIPO Y HERRAMIENTA
1	Andamios	14	Gato
2	Arnés de seguridad con cable de vida	15	Guantes de carnaza
3	Barretas	16	Mangas para soldador
4	Cable manila 1" y 3/4"	17	Manguera negra de 3/4" diám. para pintar
5	Cable para tirfor	18	Manómetros + filtros para aire
6	Caja de herramientas con ruedas	19	Patesca
7	Careta para soldar	20	Peto para soldador
8	Cuerda	21	Pistola para pintar
9	Cuerdas con seguro p/ extensión de cable de vida	22	Polainas
10	Diferencial CM-50308	23	Puente con ruedas para - grúa diferencial
11	Escalera de extensión de 8m	24	Tanque para pintar con conexiones
12	Estrobos de cable de acero	25	Tirfor con palanca

13	Gafas para cortar	26	Tortuga
----	-------------------	----	---------

El equipo de seguridad personal no está contenido en el listado anterior pero este es: casco, gafas de seguridad, tapones para oídos, calzado industrial (casquillo y suela de hule), overol y mascarilla para pintar.

5.8 PERSONAL CALIFICADO

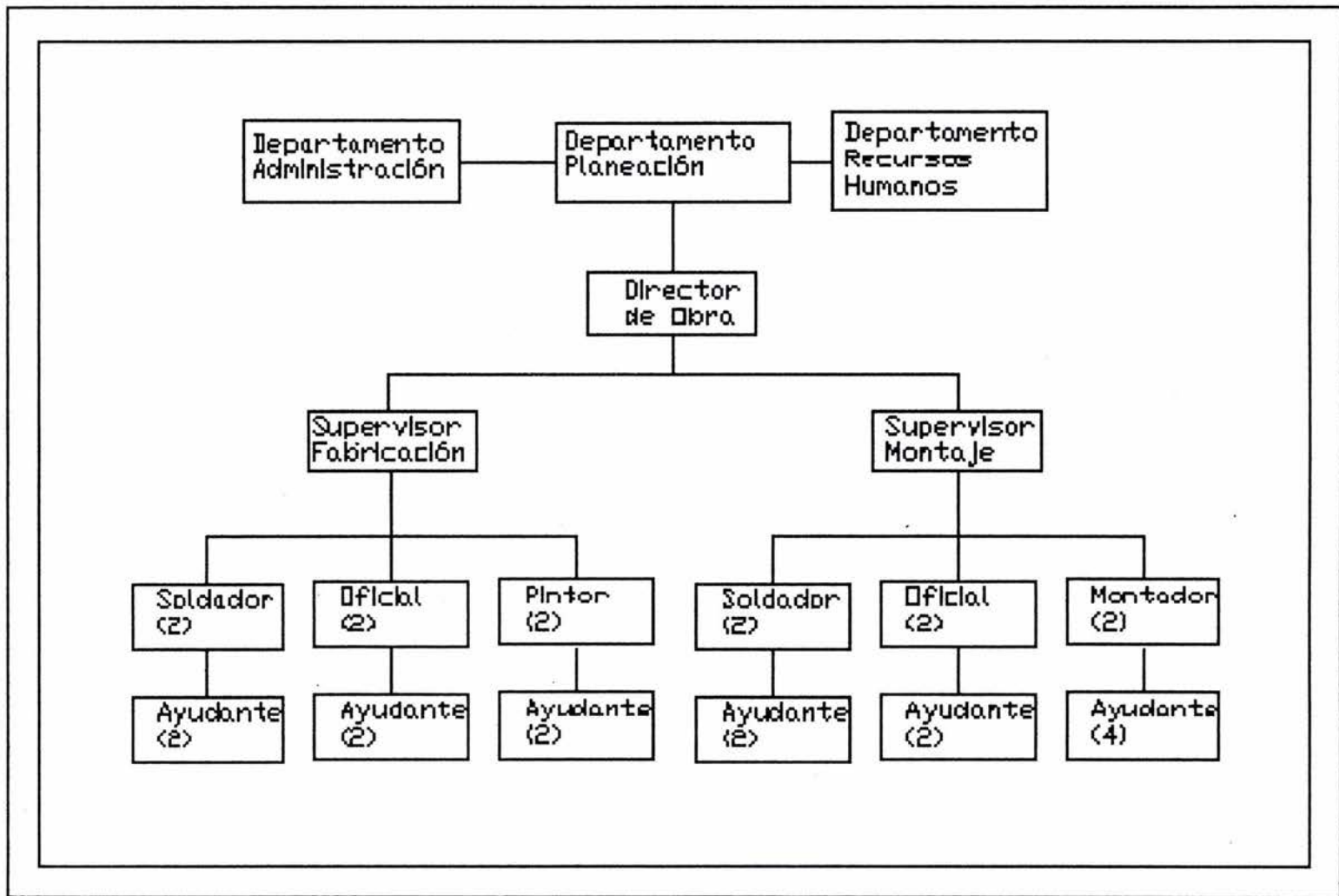
El organigrama que aparece a continuación intenta mostrar de alguna manera el personal con que se contó en la construcción de la nave. Las funciones y responsabilidades del personal son establecidas mediante el contrato y conforme a las normas del IMCA.⁷

Es importante señalar que la mayoría de los trabajos requirieron de al menos dos personas (un oficial, soldador o pintor más un ayudante) para ser realizados, por ello se emplea el término de “pareja” para sacar el costo por jornada.

Aún cuando en el organigrama aparecen por separado montaje y fabricación, como consecuencia de que ambos trabajos fueron realizados por una sola compañía, el personal de fabricación fue repartido conforme se iban terminando las piezas hacia el montaje. De acuerdo con la Tabla 5.3, la cual está basada en los cálculos de los capítulos *III* y *IV*, el promedio estimado de número parejas es cinco, es decir, con diez personas se cubrirían todos los procesos; sin embargo, este número de personas sólo es un indicativo promedio del número de personas por proceso, no es posible realizar esta obra con tan poco número de personas ya que afectaría al tiempo de conclusión de la misma y no podrían llevarse a cabo varios procesos a la vez. Más adelante, en la *sección 5.9* se determina el número de personas para realizar la obra con respecto al tiempo de obra.

Algunos de los trabajadores se contrataron en el momento de llevar a cabo los trabajos. Es común que ellos mismos se acerquen a solicitar trabajo cuando ven una construcción. Se recomienda contar de planta con al menos el 70% del personal estimado, ya que éstos son los que se consideran de confianza y que además se sabe de antemano si son o no calificados.

⁷ Ver Apéndice A.14



ORGANIGRAMA

5.9 CRONOLOGÍA

De acuerdo a la Tabla 5.3 el tiempo estimado para la fabricación de la estructura fue de 133.41 jornadas, mientras que el montaje fue de 67.16 jornadas, los cuales equivalen a:

$$133.41 \text{ (jornadas)} \times 1/6 \text{ (semana/jornada)} \times 1/4 \text{ (mes/semana)} = 5.6 \text{ meses}$$

$$67.16 \text{ (jornadas)} \times 1/6 \text{ (semana/jornada)} \times 1/4 \text{ (mes/semana)} = 2.8 \text{ meses}$$

Este resultado de tiempo está considerado si se realizaran las labores con el mínimo del personal requerido por cada proceso y de manera secuencial y no simultánea. El estimado de tiempo de personas son 10 en promedio, lo cual nos llevaría a decir que 5 parejas fabrican y montan una nave en 5.6 y 2.8 meses respectivamente, inmediatamente suponemos que si tuviéramos el doble de gente, la realizarían en menor tiempo si es que su rendimiento fuera el mismo, o dicho de otra forma: constante. Los siguientes modelo pretenden suponer el comportamiento del tiempo con respecto al número de personas (parejas) empleados:

$$\frac{T_f}{5.6} \times \frac{P_f}{5} = N_f$$
$$\frac{T_m}{2.8} \times \frac{P_m}{5} = N_m$$

Donde:

T_f = Tiempo de Fabricación

P_f = Parejas para la Fabricación

N_f = Naves de Fabricadas

T_m = Tiempo de Montaje

P_m = Parejas para el Montaje

N_m = Naves de Montadas

Está claro que el número de naves por fabricar y montar es 1, por tanto esta variable pasa a ser constante. La Gráfica 5.1 simula las ecuaciones para visualizar el número de parejas óptimo para la realización de ambas.

De la gráfica se observa que el número de parejas 10 para la fabricación y 10 para el montaje corresponden a los: tiempos 2.8 y 1.4 meses respectivamente. Estos tiempos representan una disminución del 50% con respecto a los iniciales. Podemos asumir que estas reducciones porcentuales las podemos aplicar directamente sobre los tiempos de elementos estructurales y obtener así nuestro Calendario de Obra. Este número de personal es bueno dado el número de equipos y procesos con que se cuenta.

Al realizar el plan de trabajo observamos que es un buen indicador y simulador de que el personal estimado cumple de manera organizada las actividades, conociendo de ante mano los tiempos de fabricación y montaje. Por tanto, el calendario aquí mostrado está basado en los resultados obtenidos en los *Capítulo III* y *IV* de esta obra.⁸

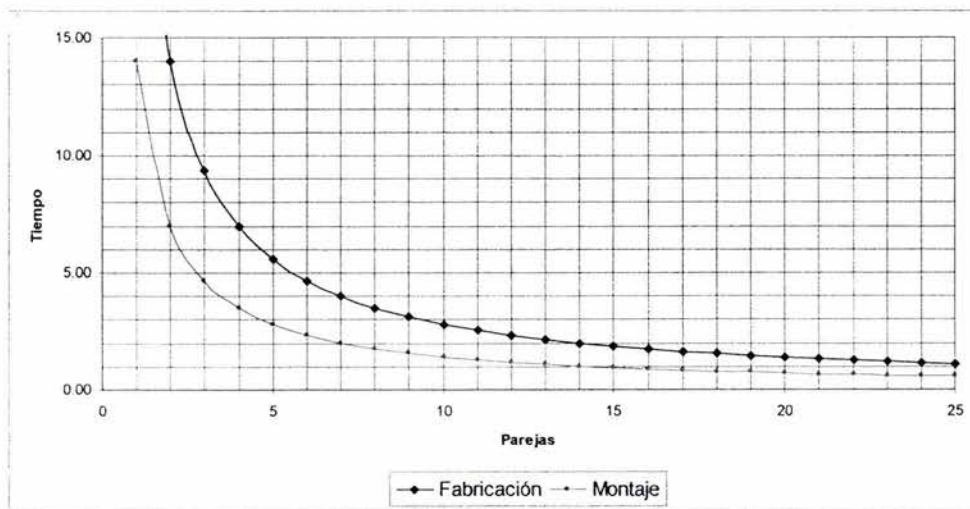
⁸ Recuérdese que las Columnas, Cumbreiras y Columnas de Viento ya habían sido fabricadas previamente.

Tabla Resumen de Tiempos de Fabricación y Montaje

		Tabla Número	Tiempo (Jorn)	Tiempo Total	Personal (Promedio)	Personal (Promedio)
FABRICACIÓN	Cartabones	3.1	32.99	133.41	12	10.4
	CVF - CVT - Atiesadores	3.2	17.97		7	
	Mon-Ten	3.3	29.24		11	
	Separadores - Ángulos	3.4	47.36		10	
	Tensores - Canal - Extensión	3.5	5.85		12	
MONTAJE	Columnas	4.1 (A)	8.75	27.67	13	12.5
	Cumbreras	4.1 (B)	13.96		16	
	Columnas de Viento	4.1 (C)	4.05		11	
	Extensión Columnas	4.2 (D)	0.91		10	
	Columnas	4.2 (A)	3.43	10.45	6	5
	Cumbreras	4.2 (B)	4.81		6	
	Columnas de Viento	4.2 (C)	2.04		4	
	Cumbrera 10"	4.2 (D)	0.17		4	
	Mon-Ten 10MT, 8MT, PH2	4.3 (A)	9.24	29.04	6	5
	Tensores	4.3 (B)	1.09		6	
	PH1	4.3 (C)	0.52		6	
	PT1	4.3 (D)	1.9		6	
	Placas Base CVF y CVT	4.3 (E)	0.39		2	
	Extensión Columnas	4.3 (F)	0.47		6	
	Separadores	4.3 (G)	13.12		4	
	Angulo CVF	4.3 (H)	1.17		6	
	Angulo Perimetral	4.3 (I)	1.05		4	
	Angulo 1A	4.3 (J)	0.09		4	

Tiempo Final: 200.57 jornadas

TABLA 5.3



Gráfica 5.1

Elemento	Parejas	SEMANA																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Fabricación																			
Cartabones	6	■	■	■	■	■	■												
Placas	4	■	■	■	■														
Monten	4				■	■	■	■	■	■	■								
Separadores	5											■	■	■	■	■	■	■	■
Tensores	4										■	■							
Montaje I																			
Columnas	6						■	■	■										
Cumbreras	6							■	■	■	■	■	■						
Columna Viento	5											■							
Extensión Columna	5											■							
Montaje II																			
Columnas	3												■						
Cumbreras	3												■	■					
Columna Viento	3													■					
Cumbrera 10"	3														■				
Montaje III																			
Mon-Ten 10MT, 8MT, PH2	3													■	■		■	■	
Tensores	3														■				
PH1	3															■			
PT1	3																	■	
Placas Base CVF y CVT	1															■			
Extensión Columnas	3															■			
Separadores	4															■		■	■
Angulo CVF	3																■		■
Angulo Perimetral	2																■		
Angulo 1A	2																	■	■

PLAN DE TRABAJO

5.10 COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.⁹

Una vez que contamos con los indicativos anteriores podemos realizar una estimación o presupuesto del costo de obra. Cabe señalar que según se tiene en el alcance de obra, el costo final no se trata de obtener un precio total sino que debe estar referido al peso de la estructura.¹⁰ Para obtener los costos directos e indirectos el autor se basa en las definiciones establecidas en el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas – RLOP en lo sucesivo..

Las siguientes consideraciones están presentes para la realización de los presupuestos:

1. Se presentan los resultados de manera en como fueron solicitados en el alcance de trabajo.
2. La finalidad de este trabajo no es realizar un análisis exhaustivo de precios unitarios, por lo que los valores que corresponden a la columna de *costos* en las siguientes tablas fueron extraídos de un listado proporcionado por la constructora.
3. Las cantidades de los materiales se basan en la Tabla 5.1 y son afectadas por un 10% más que corresponde al desperdicio según lo establecido por el RLOP.
4. Las jornada de mano de obra aquí presentada es la real y necesaria con base a los tiempos de producción, por tanto no es necesario aplicar ningún rendimiento.
5. Las horas de trabajo de los equipos y herramientas empleados son los netos con base a los tiempos de producción, de igual forma no se aplican rendimientos.
6. El costo de la herramienta menor se calculó con un factor porcentual sobre el costo directo de mano de obra según lo establecido por el RLOP.
7. El costo de equipo de seguridad se calculó con un factor porcentual sobre el costo directo de mano de obra, según lo establecido por el RLOP.
8. En los costos indirectos se incluyen los establecidos por el RLOP.
9. El factor de financiamiento es de un 2% para todos los casos.

⁹ Los costos presentados están dados en pesos mexicanos y con fecha de marzo del 2004.

¹⁰ Capítulo 1, sección 1.1



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA. "NAVE INDUSTRIAL"

Descripción General del Concepto: FABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Cartabones: A, B, C, D, E, F, G, H, I; Separadores: A, B, C, D, E, F; Placas: CVT1, CVT2, CVT3, CVTPB, CVF1, CVF2, CVF3, CVF4, CVF5, CVFPB, COLVTO1, COLVTO2, COLVTO3; Tensor A, B, C, D; 8MT14: A, B, C, D, E, F, G, H, I; 10MT14: A, B, C, D, E, F; Monten Caja: PH1A, PH2A, PH2B; Ángulos: Perim, CVF1, CVF2, 1A; Canal: PT1; Viga: ExtCol, Cum10".

UNIDAD: KG

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
A.- MATERIALES				
Placa e= 1	647.86	kg	10.97	7,107.02
Placa e= 3/4	2,133.14	kg	10.9	23,251.23
Placa e= 5/8	426.03	kg	10.5	4,473.32
Placa e= 1/2	165.77	kg	9.67	1,603.00
Placa e= 3/8	834.48	kg	9.61	8,019.35
Placa e= 5/16	2,316.00	kg	9.61	22,256.76
Ángulo 1/8 x 1 x 1	4,551.50	kg	9.8	44,604.70
Ángulo 3/16 x 2 x 2	1,868.15	kg	9.8	18,307.87
Ángulo 1/4 x 3 x 3	7,250.25	kg	9.8	71,052.45
Ángulo 1/4 x 4 x 4	294.68	kg	9.8	2,887.86
Redondo 1	1,911.75	kg	10.2	19,499.85
Solera 1/2 x 4	533.76	kg	10.3	5,497.73
Mon-Ten 10MT14	20,584.07	kg	7.95	163,643.36
Mon-Ten 8MT14	12,210.00	kg	7.95	97,069.50
Canal 8 x 20.4	1,593.43	kg	9.3	14,818.90
Viga IPR 8 x 13	906.95	kg	10.33	9,368.79
Clevis	200.00	kg	130	26,000.00
Electrodos FWP - 5P 7018	220	kg	22	4,840.00
Electrodos FWP - 5P 6010	110	kg	22	2,420.00
A.- IMPORTAN LOS MATERIALES				546,721.68

B.- MANO DE OBRA

Cabo de Oficios	26.73	jorn.	200	5,346.00
Ayudante General	73.21	jorn.	140	10,249.40
Operario Especialista Soldadura	32.89	jorn.	250	8,222.50
Ayudante Inspección Soldadura	32.89	jorn.	180	5,920.20

B.- IMPORTAN MANO DE OBRA

29,738.10



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA. "NAVE INDUSTRIAL"

Descripción General del Concepto: FABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Cartabones: A, B, C, D, E, F, G, H, I; Separadores: A, B, C, D, E, F; Placas: CVT1, CVT2, CVT3, CVTPB, CVF1, CVF2, CVF3, CVF4, CVF5, CVFPB, COLVTO1, COLVTO2, COLVTO3 ; Tensor A, B, C, D; 8MT14: A, B, C, D, E, F, G, H, I; 10MT14: A, B, C, D, E, F; Monten Caja: PH1A, PH2A, PH2B; Ángulos: Perim, CVF1, CVF2, 1A; Canal: PT1; Viga: ExtCol, Cum10".

UNIDAD: KG

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
C.- EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Herramienta menor % B	29,738.10	%	0.03	892.14
Equipo Seguridad % B	29,738.10	%	0.15	4,460.72
Máquina Soldar	214.72	hr	13	2,791.36
Equipo Oxicorte	86.72	hr	22	1,907.84
Cortadora Disco	25.20	hr	10	252.00
Taladro Manual	13.20	hr	15	198.00
Taladro de Banco	26.80	hr	15	402.00
Pulidor - Esmeril	173.44	hr	10	1,734.40

C.- IMPORTAN EQUIPO Y HERRAMIENTA

12,638.46

COSTO DIRECTO A + B + C		\$	589,098.24
INDIRECTOS ANALIZADOS	15%	\$	88,364.74
COSTO UNITARIO SUMA		\$	677,462.98
FACTOR FINANCIAMIENTO	2%	\$	13,549.26
COSTO UNITARIO SUMA		\$	691,012.24
UTILIDAD	30%	\$	207,303.67

PRECIO UNITARIO \$ 898,315.91

PESO TOTAL DE ELEMENTOS A FABRICAR kg 53,600.00

PRECIO POR UNIDAD DE OBRA \$/kg 16.76



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA. "NAVE INDUSTRIAL"

Descripción General del Concepto: MONTAJE ESTRUCTURA LIGERA

Cartabones: A, B, C, D, E, F, G, H, I; Separadores: A, B, C, D, E, F; Placas: CVT1, CVT2, CVT3, CVTPB, CVF1, CVF2, CVF3, CVF4, CVF5, CVFPB, COLVTO1, COLVTO2, COLVTO3 ; Tensor A, B, C, D; 8MT14: A, B, C, D, E, F, G, H, I; 10MT14: A, B, C, D, E, F; Monten Caja: PH1A, PH2A, PH2B; Ángulos: Perim, CVF1, CVF2, 1A; PT1;

UNIDAD: KG

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
A.- MATERIALES				
Tornillos 1/2 in	8,000.00	pza	3.2	25,600.00
Tuerca 1/2 in	8,000.00	pza	1.75	14,000.00
Roldana 1/2 in	8,000.00	pza	0.75	6,000.00
Electrodos FWP - 5P 7018	220	kg	22	4,840.00
Electrodos FWP - 5P 6010	110	kg	22	2,420.00
A.- IMPORTAN LOS MATERIALES				52,860.00
B.- MANO DE OBRA				
Cuadrilla (6 Montadores)	13.3	jorn.	950	12,635.00
Operario Especialista Soldadura	13.3	jorn.	250	3,325.00
Ayudante Inspección Soldadura	13.3	jorn.	180	2,394.00
Cabo de Oficios	2.34	jorn.	200	468.00
Ayudante General	2.34	jorn.	140	327.60
B.- IMPORTAN MANO DE OBRA				19,149.60
C.- EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Herramienta menor % B	19,149.60	%	0.05	957.48
Equipo Seguridad % B	19,149.60	%	0.15	2,872.44
Máquina Soldar	53.20	hr	13	691.60
Andamios	15.00	jorn.	200	3,000.00
C.- IMPORTAN EQUIPO Y HERRAMIENTA				7,521.52
COSTO DIRECTO A + B + C			\$	79,531.12
INDIRECTOS ANALIZADOS			15%	\$ 11,929.67
COSTO UNITARIO SUMA			\$	91,460.79
FACTOR FINANCIAMIENTO			2%	\$ 1,829.22
COSTO UNITARIO SUMA			\$	93,290.00
UTILIDAD			30%	\$ 27,987.00
PRECIO UNITARIO			\$	121,277.00
PESO TOTAL DE ELEMENTOS A MONTAR			kg	53,600.00
PRECIO POR UNIDAD DE OBRA			\$/kg	2.26



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA. "NAVE INDUSTRIAL"

Descripción General del Concepto: MONTAJE ESTRUCTURA PESADA

Columnas, Cumbresas, Columnas de Viento y Extensión de columnas.

UNIDAD: KG

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
A.- MATERIALES				
Tornillos 1 in	450.00	pza	6.5	2,925.00
Tuerca 1 in	450.00	pza	2.25	1,012.50
Tuerca 1 1/4 in	336.00	pza	8.1	2,721.60
Roldana 1 in	450.00	pza	1.1	495.00
A.- IMPORTAN LOS MATERIALES				7,154.10
B.- MANO DE OBRA				
Cuadrilla (6 Montadores)	11	jorn.	950	10,450.00
B.- IMPORTAN MANO DE OBRA				10,450.00
C.- EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Herramienta menor % B	10,450.00	%	0.05	522.50
Equipo Seguridad % B	10,450.00	%	0.15	1,567.50
Grúa HIAB 3 ton	50.00	hr	260	13,000.00
Grúa Telescópica 20 ton	40.00	hr	560	22,400.00
Andamios	25.00	jorn.	200	5,000.00
C.- IMPORTAN EQUIPO Y HERRAMIENTA				42,490.00
COSTO DIRECTO A + B + C			\$	60,094.10
INDIRECTOS ANALIZADOS			15%	\$ 9,014.12
COSTO UNITARIO SUMA			\$	69,108.22
FACTOR FINANCIAMIENTO			2%	\$ 1,382.16
COSTO UNITARIO SUMA			\$	70,490.38
UTILIDAD			30%	\$ 21,147.11
PRECIO UNITARIO			\$	91,637.49
PESO TOTAL DE ELEMENTOS A MONTAR				kg 81,000.00
PRECIO POR UNIDAD DE OBRA			\$/kg	1.13



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA. "NAVE INDUSTRIAL"

Descripción General del Concepto: PINTURA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Pintura de elementos estructurales de nave industrial.

UNIDAD: **KG**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
A.- MATERIALES				
Solvente	195.00	lt	10	1,950.00
Pintura primer	285.00	lt	45	12,825.00
Pintura esmalte	494.00	lt	65	32,110.00
A.- IMPORTAN LOS MATERIALES				46,885.00
B.- MANO DE OBRA				
Operario especialista pintura	40	jorn.	200	8,000.00
Ayudante inspección pintura	40	jorn.	150	6,000.00
B.- IMPORTAN MANO DE OBRA				14,000.00
C.- EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Herramienta menor % B	14,000.00	%	0.3	4,200.00
Equipo Seguridad % B	14,000.00	%	0.15	2,100.00
Equipo Pintura	120.00	hr	13	1,560.00
C.- IMPORTAN EQUIPO Y HERRAMIENTA				7,860.00
COSTO DIRECTO A + B + C				\$ 68,745.00
INDIRECTOS ANALIZADOS 15%				\$ 10,311.75
COSTO UNITARIO SUMA				\$ 79,056.75
FACTOR FINANCIAMIENTO 2%				\$ 1,581.14
COSTO UNITARIO SUMA				\$ 80,637.89
UTILIDAD 30%				\$ 24,191.37
PRECIO UNITARIO				\$ 104,829.25
PESO TOTAL DE ELEMENTOS A PINTAR				kg 133,952.54
PRECIO POR UNIDAD DE OBRA				S/kg 0.78

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES

Se afirma que el ingeniero mecánico después de establecer objetivos claros y precisos en los procesos de manufactura realiza las siguientes actividades:

- Planea
- Organiza
- Integra recursos humanos, materiales, financieros y técnicos
- Aplica metodologías
- Diseña sistemas
- Dirige
- Controla, supervisa, evalúa y retroalimenta.

El siguiente procedimiento general se establece para el ingeniero mecánico que pretende realizar el levantamiento de una estructura metálica.

1. Establecer el alcance de obra.
2. Estudiar los planos de diseño considerando:
 - a. Obtener las dimensiones totales de la nave.
 - b. Obtener el peso total de la estructura.
 - c. Señalar los elementos y piezas contenidos.
 - d. Identificar los materiales.
 - e. Identificar los procesos de manufactura.
3. Ubicar los servicios y el lugar de trabajo.
4. Planear los procesos de manufactura con base en:
 - a. Normatividad de la construcción de estructuras de acero.
 - b. Equipo y herramienta.
 - c. Distribución de taller.
 - d. Tiempo de procesos.
 - e. Tecnología de punta, tomando en cuenta la adquisición o renta de servicios o equipos.
 - f. Normas de seguridad y medio ambiente.
5. Estimación de recursos humanos con base en:
 - a. Proceso.
 - b. Disponibilidad de equipo.
 - c. Tiempo estimado.
6. Calendario de actividades con base en:
 - a. Tiempo total de construcción.
 - b. Tiempo de procesos.
 - c. Cronología de procesos.
7. Costos del proyecto constituido por:
 - a. Costos directos.
 - b. Costos indirectos.
8. Ejecución de obra con base en:
 - a. Fabricación.
 - b. Pintura.
 - c. Montaje.
 - d. Seguridad.

La metodología mostrada está enfocada para un profesionalista con conocimientos sólidos en: materiales; procesos de manufactura; normatividad de seguridad, medio ambiente y acero; costos e ingeniería económica; interpretación de planos y diseños; programas de cómputo como: hojas de cálculo y CAD; geometría; mecánica; matemáticas. El ingeniero mecánico reúne estos requisitos y es por tanto el indicado para dirigir la planeación y ejecución de la fabricación y el montaje de una estructura metálica.

La formación adquirida dentro de las aulas y dada por los profesores se vio reflejada en cada acción y responsabilidad asumida durante la planeación y ejecución de la obra. Sin embargo, no se puede pasar por alto la falta de experiencia y a veces de conocimiento, adquiridos durante la carrera, en los siguientes casos concretos: relaciones laborales, equipo y herramienta, cálculos alzados, materiales comerciales (denominaciones y medidas), legislación, administración, seguridad, paquetería (software) comercial. Existe gran diferencia entre los problemas reales y los teóricos, y la forma de dar soluciones no es la misma para ambos casos, de tal manera que la capacidad de ingenio práctico tiene mayor peso en los primeros ya que se deben aprovechar los recursos disponibles para resolverlos. No por ello pierden validez los modelos o simulaciones teóricas, sin los cuales obviamente el avance tecnológico sería lento y costoso; prueba de ellos es la presente tesis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C. IMCA, *Manual de Construcción en Acero-DEP*, LIMUSA, México, 2002.
2. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C. IMCA, *Código de Prácticas Generales*, LIMUSA, México, 2002.
3. American Institute of Steel Construction, Inc. AISC, *Manual of Steel Construction*, AISC, Estados Unidos, 1967.
4. Bruce G. Johnston, *Diseño Básico de Estructuras de Acero*, Prentice Hall, México, 1988.
5. Ulrich Schärer Säuberli (Trad. José Antonio Rico Mora), *Ingeniería de Manufactura*, CECSA, México, 1984.
6. Mikell P. Groover, *Fundamentos de Manufactura Moderna*, Prentice Hall, México 1997.
7. Henry Horwitz, *Soldadura: Aplicaciones y Práctica*, Alfaomega, México, 1990.
8. James A. Pender, *Soldadura*, McGraw-Hill, México, 1989.
9. José María Gaxiola Angulo, *Curso de Capacitación en Soldadura*, LIMUSA, México, 1994.
10. James F. Shackelford, *Ciencia de Materiales para Ingenieros*, Prentice Hall, México, 1995.
11. Anthony Bedford , *Mecánica para Ingeniería: Estática*, Addison-Wesley Iberoamericana, Estados Unidos, 1996.
12. Ferdinand P. Beer, *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática*, McGraw-Hill, México, 1995.
13. Shriver L. Coover, *Interpretación del Dibujo Mecánico*, McGraw-Hill, México.
14. Warren Luzadder, *Fundamentos de Dibujo en Ingeniería*, Prentice Hall, México, 1993.
15. Reglamento de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas. 2004.

PÁGINAS WEB (INTERNET):

1. http://www.fimcp.espol.edu.ec/Procmecan_site/af_herr_torn.htm
2. http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Temario2_IX.html
3. <http://www.construaprende.com/Trabajos/Apuntes1/A1pag27.html>
4. <http://www.drweld.com/Procesos.html>
5. <http://www.drweld.com/smaw.html>
6. <http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica88.html>
7. <http://www.geocities.com/soldadura17>
8. <http://www.monografias.com/trabajos14/uniones-desarmables/uniones-desarmables.shtml>
9. <http://www.mbpspray.com/sistemas/sisteapli.html>
10. <http://www.mbpspray.com/sistemas/aerografico.html>

Estas páginas fueron consultadas durante los meses de febrero a junio de 2004.

APÉNDICE A

Dentro de este apéndice se encuentran las referencias directas al **Manual de Construcción en Acero (MCA)**, elaborado por el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A. C. (IMCA) en su cuarta edición. Así también se incluyen las referencias al **Código de Prácticas Generales (CPG)** del mismo instituto de igual número de edición.

La finalidad de este apéndice es facilitar la búsqueda de algunas normas y reglamentos en la construcción. Lo anterior se logra direccionando un tema en específico con algunas de las secciones a que corresponde dentro de las obras arriba mencionadas.

A.1 Materiales.

Acero Estructural. Sección: 1.4.1, 1.4.1.1, 1.4.1.2, 1.4.; p. 131, MCA.

Elementos de Acero Estructural y de otros materiales. Sección: 2.1, 2.2; p.213, CPG.

Procedencia y Fabricación de Materiales. Sección: 5.1.1 – 6.1.4 p. 216 – 217, CPG

Entrega de Materiales. Sección: 6.7 p. 220, CPG.

Manejo y Almacenamiento. Sección: 7.14, p. 229, CPG.

A.2 Planos y Diseños.

De Diseño, Taller, Simbología. Sección: 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4; p. 127, MCA.

Responsabilidad, Patentes. Sección: 1.5.1, 1.5.2, 1.5.6; p. 212, CPG.

Especificaciones. Sección. 3.1; p. 214, CPG.

Arquitectónicos y de instalaciones. Sección: 3.2; p. 214, CPG.

Discrepancias y Escalas. Sección: 3.3, 3.4; p. 214-215, CPG.

De Taller y Montaje. Sección: 4; p. 215, CPG.

A.3 Tolerancias en dimensiones.

Tolerancias en diseño. Sección: 6.4; p. 218, CPG.

Tolerancias en práctica. Sección: 7.5.1; p. 222 CPG.

A.4 Soldadura.

Metal de aportación y fundentes. Sección: 1.4.5; p. 133, MCA.

Esfuerzos Permisibles. Sección: 1.5.3; p.142 MCA.

Aplicación. Sección: 1.17; p. 181, MCA.

Calificación. Sección: 1.23.6; p. 192, MCA.

A.5 Remaches, Tornillos y Pernos.

Normas. Sección: 1.4.3, 1.4.4; p.133, MCA.

Conectores. Sección: 1.4.6; p. 134, MCA.

Esfuerzos permisibles. Sección: 1.5.2, 1.5.2.1, 1.5.2.2; p. 142, MCA.

De alta de resistencia. Sección: 1.16.1; p. 178, MCA.

Armado. Sección: 1.23.5; p.191, MCA.

Fatiga. Sección: B3; p. 265, CPG.

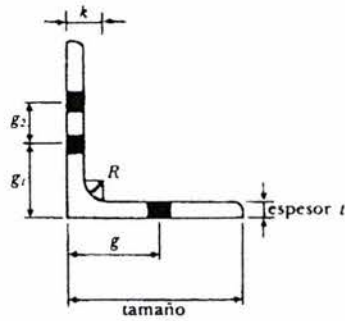
- A.6 Dimensiones.**
Área total y área neta. Sección: 1.14; p. 168, MCA.
Limitaciones. Sección: 6.7.4; p. 220, CPG.
- A.7 Bases de Columnas.**
Generalidades. Sección: 1.21; p. 188, MCA.
- A.8 Enderezado.**
Proceso. Sección: 1.23; p. 189, MCA.
Piezas de conexión. Sección: 6.3.1, 6.3.2; p.218, CPG.
- A.9 Corte.**
Oxicorte. Sección: 1.23.2; p. 189, MCA.
Oxicorte Manual y Mecánico. Sección: 6.2.1; p.217, CPG.
- A.10 Acabados y Pintura.**
Bordes. Sección: 1.23.3; p.189, MCA.
Pintura de taller. Sección: 1.24; p. 193, MCA.
Alisado. Sección: 6.2.2; p. 217, MCA.
Especificaciones de pintura. Sección: 6.5; p. 219, CPG.
Pintura de campo. Sección: 7.15; p. 229, CPG.
- A.11 Agujeros.**
Especificaciones. Sección: 1.23.4; p. 189 MCA.
- A.12 Montaje.**
Ejecución. Sección: 1.25; p. 194, MCA.
Marcas y Entrega. Sección: 6.6; p.220, CPG.
Coordinación. 6.7.1; p. 220, CPG.
Desarrollo. Sección: 7; p. 221-229, CPG.
- A.13 Control de Calidad.**
Control de Calidad. Sección: 1.26; p. 195 – 196, MCA.
Inspección. Sección: 8; p.229, CPG.
- A.14 Definiciones.**
Definiciones. Sección: 1.2; p. 211, CPG.
Contratos. Sección: 9; p. 231, CPG.

APÉNDICE B

En este apéndice quedan comprendidas algunas características de los aceros, así como las dimensiones y pesos comerciales de los perfiles de acero estructural, según las tablas del IMCA.

<i>Designación</i>	<i>Punto de fluencia mínimo (ksi)[†]</i>	<i>Resistencia última (ksi)[†]</i>
Acero estructural, ASTM A36	36	58-80
Acero al carbono estructural de tubería, formada en caliente con soldadura y sin costura, ASTM A501	36	58 min.
Acero estructural de alta resistencia y baja aleación, ASTM A242	$\left\{ \begin{array}{l} 40\ddagger \\ 42 \\ 46 \\ 50 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 60 \\ 63 \\ 67 \\ 70 \end{array} \right\} \text{min.}$
Acero estructural de baja aleación manganeso-vanadio y alta resistencia, ASTM A441		
Acero estructural de baja aleación y alta resistencia con un punto de fluencia mínimo de 50,000 psi a 4 in de espesor, ASTM A588		
Tubería estructural de baja aleación y alta resistencia formada en caliente, con soldadura y sin costura, ASTM A618		
Aceros de alta resistencia y baja aleación de columbio-vanadio, de calidad estructural, ASTM A572	$\left\{ \begin{array}{l} 50 \\ 50 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 65 \\ 70 \end{array} \right\} \text{min.}$
Aceros de alta resistencia y baja aleación de columbio-vanadio, de calidad estructural, ASTM A572	$\left\{ \begin{array}{l} 42 \\ 50 \\ 60 \\ 65 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 60 \\ 65 \\ 75 \\ 80 \end{array} \right\} \text{min.}$
Placa de acero de aleación templada y tratada de punto de fluencia elevado, adecuada para soldarse, ASTM A514	$\left\{ \begin{array}{l} 90 \\ 100 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 110-130 \\ 110-130 \end{array} \right.$

[†] ksi es abreviatura de "kips por pulgada cuadrada"; 1 kip = 1000 lb.



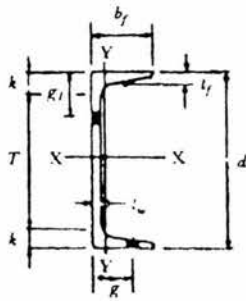
LI
ÁNGULO DE LADOS IGUALES
DIMENSIONES

Designación tamaño y espesor <i>t</i>		Peso	<i>k</i>	<i>R</i>	Gramil			Sujetadores		
					<i>g</i>	<i>g</i> ₁	<i>g</i> ₂	Diámetro máximo		Espac. recom.
mm × mm*	in. × in.	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	in.	mm
19 × 3 × 5	3/4 × 1/8	0,88	11,1	3,2	11	—	—	6,3	1/4	25
	× 3/16	1,25	12,7	3,2	11	—	—	6,3	1/4	25
22 × 3 × 5	7/8 × 1/8	1,04	11,1	3,2	12	—	—	6,3	1/4	25
	× 3/16	1,49	12,7	3,2	12	—	—	6,3	1/4	25
25 × 3 × 5 × 6	1 × 1/8	1,19	11,1	3,2	14	—	—	9,5	3/8	30
	× 3/16	1,73	12,7	3,2	14	—	—	9,5	3/8	30
	× 1/4	2,22	14,3	3,2	14	—	—	9,5	3/8	30
32 × 3 × 5 × 6	1 1/4 × 1/8	1,50	11,1	4,7	18	—	—	12,7	1/2	40
	× 3/16	2,20	12,7	4,7	18	—	—	12,7	1/2	40
	× 1/4	2,86	14,3	4,7	18	—	—	12,7	1/2	40
38 × 3 × 5 × 6 × 8 × 10	1 1/2 × 1/8	1,83	11,1	4,7	20	—	—	12,7	1/2	40
	× 3/16	2,68	12,7	4,7	20	—	—	12,7	1/2	40
	× 1/4	3,48	14,3	4,7	20	—	—	12,7	1/2	40
	× 5/16	4,26	15,9	4,7	20	—	—	12,7	1/2	40
	× 3/8	4,99	17,5	4,7	20	—	—	12,7	1/2	40
44 × 3 × 5 × 6 × 8	1 3/4 × 1/8	2,14	11,1	6,3	25	—	—	15,9	3/4	50
	× 3/16	3,15	12,7	6,3	25	—	—	15,9	3/4	50
	× 1/4	4,12	14,3	6,3	25	—	—	15,9	3/4	50
	× 5/16	5,04	15,9	6,3	25	—	—	15,9	3/4	50
51 × 3 × 5 × 6 × 8 × 10	2 × 1/8	2,46	11,1	6,3	30	—	—	15,9	5/8	50
	× 3/16	3,63	12,7	6,3	30	—	—	15,9	5/8	50
	× 1/4	4,75	14,3	6,3	30	—	—	15,9	5/8	50
	× 5/16	5,83	15,9	6,3	30	—	—	15,9	5/8	50
	× 3/8	6,99	17,5	6,3	30	—	—	15,9	5/8	50
64 × 4 × 5 × 6 × 8 × 10	2 1/2 × 5/32	3,83	11,1	6,3	35	—	—	19,0	3/4	60
	× 3/16	4,61	12,7	6,3	35	—	—	19,0	3/4	60
	× 1/4	6,10	14,3	6,3	35	—	—	19,0	3/4	60
	× 5/16	7,44	15,9	6,3	35	—	—	19,0	3/4	60
	× 3/8	8,78	17,5	6,3	35	—	—	19,0	3/4	60

NOTAS:

Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.
Espac. recom. es espaciamento recomendado.

* Redondeado al milímetro.



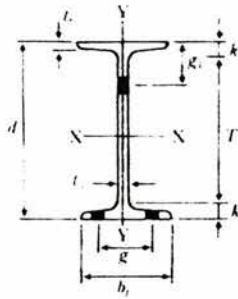
CE
PERFIL C ESTÁNDAR
DIMENSIONES

Designación d x peso		Alma		Patín		Distancia		Gramil		Sujetadores		
		t _w	h	t _f	T	k	g	z	Diámetro máximo en patín		Espac. recom.	
mm* x kg m	m. x lb. ft.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	in.	mm
76 x 6,10 x 7,44 x 18,93	3 x 4,10	4,32	35,81	6,93	12	17	24	38	-	-	-	-
	x 5,00	6,5	38,05	6,93	42	17	24	38	-	-	-	-
	x 6,00	9,04	40,54	6,93	42	17	25	38	-	-	-	-
102 x 8,04 x 10,79	4 x 5,40	4,57	40,13	7,52	68	17	25	51	-	-	-	-
	x 7,25	8,15	43,69	7,52	68	17	25	51	15,9	5/8	50	
127 x 9,97 x 13,39	5 x 6,70	4,83	44,45	8,13	89	19	25	64	-	-	-	-
	x 9,00	8,26	47,88	8,13	89	19	29	64	15,9	5/8	50	
152 x 12,20 x 15,63 x 19,35 x 23,07	6 x 8,20	5,08	48,77	8,71	110	21	29	46	15,9	5/8	50	
	x 10,50	7,98	51,66	8,71	110	21	29	46	15,9	5/8	50	
	x 13,00	11,10	54,79	8,71	110	21	35	46	15,9	5/8	50	
	x 15,50	14,30	58,00	8,70	110	21	35	46	15,9	5/8	50	
178 x 14,58 x 18,23 x 21,95	7 x 9,80	5,33	53,09	9,30	134	22	32	51	15,9	5/8	50	
	x 12,25	7,98	55,73	9,30	134	22	32	51	15,9	5/8	50	
	x 14,75	10,64	58,59	9,30	134	22	32	51	15,9	5/8	50	
203 x 17,14 x 20,46 x 27,90 x 31,62	8 x 1,50	5,59	57,40	9,91	155	24	35	57	19,0	3/4	60	
	x 18,75	7,70	59,51	9,91	155	24	35	57	19,0	3/4	60	
	x 18,75	12,37	64,19	9,91	155	24	38	57	19,0	3/4	60	
	x 21,25	14,80	67,00	9,90	155	24	38	57	19,0	3/4	60	
229 x 19,80 x 22,10 x 29,30	9 x 13,40	5,92	62,00	10,50	181	24	30	57	19,0	3/4	60	
	x 15,00	7,24	63,00	10,50	181	24	30	57	19,0	3/4	60	
	x 20,00	11,40	67,00	10,50	181	24	30	57	19,0	3/4	60	
254 x 22,76 x 29,76 x 37,20 x 44,64	10 x 15,30	6,10	66,04	11,07	204	25	38	57	19,0	3/4	60	
	x 20,00	9,63	69,57	11,07	204	25	40	57	19,0	3/4	60	
	x 25,00	13,36	73,30	11,07	204	25	40	57	19,0	3/4	60	
	x 30,00	17,09	77,04	11,07	204	25	40	57	19,0	3/4	60	
305 x 30,80 x 37,20 x 44,64	12 x 20,70	7,16	74,73	12,72	247	29	50	64	22,2	7/8	70	
	x 25,00	9,83	77,39	12,72	247	29	50	64	22,2	7/8	70	
	x 30,00	12,95	80,52	12,72	247	29	50	64	22,2	7/8	70	
381 x 50,30 x 59,10 x 73,60	15 x 33,90	10,20	86,00	16,50	308	37	50	76	25,4	1	80	
	x 40,00	13,20	89,00	16,50	308	37	50	76	25,4	1	80	
	x 50,00	18,20	94,00	16,50	308	37	50	76	25,4	1	80	

NOTAS:

Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.
Espac. recom. es espaciamiento recomendado.

* Redondeado al milímetro.



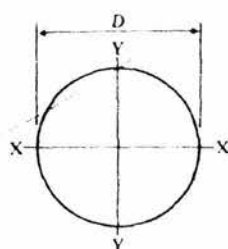
IE
PERFIL I ESTÁNDAR
DIMENSIONES

Designación d x peso		Peralte	Alma	Patin		Distancia		Gramil		Sujetadores	
		d	t _w	b _f	t _f	T	k	g	g _l	Diámetro máximo en patin	
mm* x kg/m	in. x lb/ft.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	in.
76 x 8.5	3 x 5.7	76	4.32	59.18	6.60	41	17	36	38	10.0	3/8
x 11.2	x 7.5	76	8.86	63.73	6.60	41	17	36	38	10.0	3/8
100 x 8.32	4 x 5.6	100	4.50	50.00	6.80	62	19	32	51	13.0	1/2
102 x 11.3	x 7.7	102	4.90	67.64	7.44	64	19	38	51	13.0	1/2
x 14.1	x 9.5	102	8.28	71.02	7.44	64	19	38	51	13.0	1/2
127 x 11.20	5 x 7.5	120	5.10	58.00	7.70	86	21	44	44	13.0	1/2
x 14.9	x 10.0	127	5.44	76.30	8.28	86	21	40	44	13.0	1/2
x 22.0	x 14.75	127	12.56	83.41	8.28	86	21	40	44	13.0	1/2
150 x 17.9	6 x 12.0	160	6.3	74.00	9.5	108	22	51	51	16.0	5/8
152 x 18.6	x 12.5	152	5.89	84.63	9.12	108	22	44	51	16.0	5/8
x 25.7	x 17.25	152	11.81	90.55	9.12	108	22	44	51	16.0	5/8
178 x 22.8	7 x 15.3	178	6.40	93.01	9.96	130	24	50	57	16.0	5/8
x 29.8	x 20.0	178	11.43	98.04	9.96	130	24	50	57	16.0	5/8
200 x 26.3	8 x 17.7	200	7.50	90.00	11.30	152	25	60	60	19.0	3/4
203 x 27.4	x 18.4	203	6.88	101.63	10.82	152	25	60	60	19.0	3/4
x 34.2	x 23.0	203	11.20	105.94	10.82	152	25	60	60	19.0	3/4
229 x 32.44	9 x 21.8	229	7.40	110.00	11.60	178	26	65	60	19.0	3/4
254 x 37.8	10 x 25.4	254	7.90	118.30	12.47	197	29	70	60	19.0	3/4
x 52.1	x 35.0	254	13.99	125.58	12.47	197	29	70	60	19.0	3/4
305 x 47.5	12 x 31.8	305	8.89	127.0	13.82	244	30	75	64	19.0	3/4
x 52.1	x 35.0	305	10.87	128.98	13.82	244	30	75	64	19.0	3/4

NOTA:

Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.

* Redondeado al milímetro.

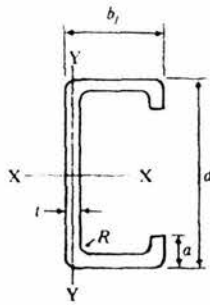


OS
REDONDO SÓLIDO LISO
DIMENSIONES Y PROPIEDADES

Designación diámetro <i>D</i>		Peso		Área	Ejes X-X y Y-Y		
					<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>
mm	in.	kg/m	lb./ft.	cm ²	cm ⁴	cm ⁵	cm
6.3	1/4	0.249	0.167	0.317	0.008	0.025	0.158
7.9	5/16	0.388	0.261	0.495	0.019	0.048	0.198
9.5	3/8	0.559	0.376	0.713	0.040	0.084	0.238
11.1	7/16	0.760	0.511	0.970	0.075	0.134	0.278
12.7	1/2	0.994	0.668	1.267	0.128	0.201	0.318
14.3	9/16	1.257	0.845	1.603	0.205	0.287	0.358
15.9	5/8	1.552	1.043	1.979	0.314	0.395	0.398
17.5	11/16	1.878	1.262	2.395	0.460	0.526	0.438
19.1	3/4	2.235	1.502	2.850	0.653	0.684	0.478
20.6	13/16	2.622	1.762	3.345	0.884	0.858	0.515
22.2	7/8	3.045	2.046	3.879	1.192	1.074	0.555
23.8	15/16	3.491	2.346	4.453	1.575	1.324	0.595
25.4	1	3.973	2.669	5.067	2.043	1.609	0.635
27.0	1 1/16	4.484	3.013	5.720	2.610	1.932	0.675
28.6	1 1/8	5.022	3.375	6.413	3.284	2.297	0.715
30.2	1 3/16	5.605	3.767	7.145	4.083	2.704	0.755
31.8	1 1/4	6.208	4.172	7.917	5.02	3.157	0.795
33.3	1 5/16	6.845	4.599	8.729	6.036	3.625	0.833
34.9	1 3/8	7.514	5.049	9.580	7.282	4.173	0.873
36.5	1 7/16	8.212	5.518	10.471	8.712	4.774	0.913
38.1	1 1/2	9.00	6.048	11.401	10.343	5.430	0.953
41.3	1 5/8	10.49	7.049	13.380	14.281	6.916	1.033
44.5	1 3/4	12.17	8.178	15.518	19.250	8.651	1.113
47.7	1 7/8	13.97	9.388	17.813	25.412	10.655	1.193
50.8	2	15.89	10.678	20.268	32.690	12.870	1.27
57.2	2 1/4	20.11	13.514	25.652	52.547	18.373	1.430
60.3	2 3/8	22.41	15.062	28.580	64.900	21.525	1.508
63.5	2 1/2	24.83	16.686	31.668	79.810	25.138	1.588
66.7	2 5/8	27.38	18.400	34.915	97.156	29.133	1.668
69.9	2 3/4	30.04	20.187	38.320	117.186	33.530	1.748
73.0	2 7/8	32.83	22.072	41.881	139.300	38.192	1.825
76.2	3	35.75	24.024	45.605	165.500	43.438	1.905
82.5	3 1/4	41.97	28.206	53.518	227.400	53.127	2.063
88.9	3 1/2	46.88	32.212	62.069	306.600	64.977	2.225
95.2	3 3/4	52.56	37.552	71.253	403.194	84.706	2.380
101.6	4	58.98	42.726	81.073	523.048	102.963	2.540

NOTA:

Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.



CF
PERFIL C FORMADO EN FRÍO
DIMENSIONES

Designación <i>d</i> × cal.		Peso	Peralte	Espesor	Patin	<i>a</i>	<i>R</i>
mm* × cal.	in. × cal.		<i>d</i>	<i>t</i>	<i>b_f</i>		
76 × 16	3 × 16	2.11	76.0	1.52	50.8	12.7	2.4
76 × 14	3 × 14	1.77	76.0	1.32	50.8	12.7	2.4
76 × 12	3 × 12	1.43	76.0	1.12	50.8	12.7	2.4
89 × 18	4 1/8 × 18	3.31	88.9	3.42	63.5	17.8	4.8
89 × 16	4 × 16	2.97	88.9	3.02	63.5	17.8	4.8
89 × 14	4 × 14	2.63	88.9	2.66	63.5	17.8	4.8
89 × 12	4 × 12	2.29	88.9	2.26	63.5	17.8	4.8
89 × 10	4 × 10	1.95	88.9	1.86	63.5	17.8	4.8
102 × 18	4 × 18	3.82	101.6	3.42	76.2	22.9	4.8
102 × 16	4 × 16	3.48	101.6	3.02	76.2	22.9	4.8
102 × 14	4 × 14	3.14	101.6	2.66	76.2	22.9	4.8
102 × 12	4 × 12	2.80	101.6	2.26	76.2	22.9	4.8
102 × 10	4 × 10	2.46	101.6	1.86	76.2	22.9	4.8
127 × 18	5 × 18	5.11	127.0	3.42	91.4	25.4	4.8
127 × 16	5 × 16	4.77	127.0	3.02	91.4	25.4	4.8
127 × 14	5 × 14	4.43	127.0	2.66	91.4	25.4	4.8
127 × 12	5 × 12	4.09	127.0	2.26	91.4	25.4	4.8
127 × 10	5 × 10	3.75	127.0	1.86	91.4	25.4	4.8
152 × 16	6 × 16	3.58	152.4	1.52	101.6	25.4	2.4
152 × 14	6 × 14	3.24	152.4	1.32	101.6	25.4	2.4
152 × 12	6 × 12	2.90	152.4	1.12	101.6	25.4	2.4
152 × 10	6 × 10	2.56	152.4	0.92	101.6	25.4	2.4
178 × 16	7 × 16	4.04	177.8	1.52	127.0	25.4	2.4
178 × 14	7 × 14	3.70	177.8	1.32	127.0	25.4	2.4
178 × 12	7 × 12	3.36	177.8	1.12	127.0	25.4	2.4
178 × 10	7 × 10	3.02	177.8	0.92	127.0	25.4	2.4
203 × 16	8 × 16	4.50	203.2	1.52	152.4	25.4	2.4
203 × 14	8 × 14	4.16	203.2	1.32	152.4	25.4	2.4
203 × 12	8 × 12	3.82	203.2	1.12	152.4	25.4	2.4
203 × 10	8 × 10	3.48	203.2	0.92	152.4	25.4	2.4
229 × 16	9 × 16	4.96	228.6	1.52	177.8	25.4	2.4
229 × 14	9 × 14	4.62	228.6	1.32	177.8	25.4	2.4
229 × 12	9 × 12	4.28	228.6	1.12	177.8	25.4	2.4
229 × 10	9 × 10	3.94	228.6	0.92	177.8	25.4	2.4
254 × 14	10 × 14	6.82	254.0	1.90	203.2	25.4	2.4
254 × 12	10 × 12	6.48	254.0	1.70	203.2	25.4	2.4
254 × 10	10 × 10	6.14	254.0	1.50	203.2	25.4	2.4
305 × 12	12 × 12	10.66	304.8	2.66	254.0	25.4	4.8
305 × 10	12 × 10	10.32	304.8	2.46	254.0	25.4	4.8

NOTA:

Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.

* Redondeado al milímetro.

APÉNDICE C

Este apéndice es una recopilación de tablas y figuras importantes para los procesos de corte, soldadura y pintura.

C.1 Velocidades de Corte para algunos procesos de esmerilado.

Tipo de esmerilado	Material	Velocidad de corte m/s	Aglutinante
Afilado de herramientas	Acero de herramientas	15 a 25	Cerámico vegetal
Afilado de herramientas	Acero rápido	15 a 25	Cerámico vegetal
Afilado de herramientas	Metales duros	25 a 45	Cerámico vegetal
Desbarbado o limpieza a mano	Metal ligero	15	Cerámico
Desbarbado o limpieza a mano	Fundición gris o bronce	25	Cerámico
Desbarbado o limpieza a mano	Acero o fundición maleable	30	Cerámico

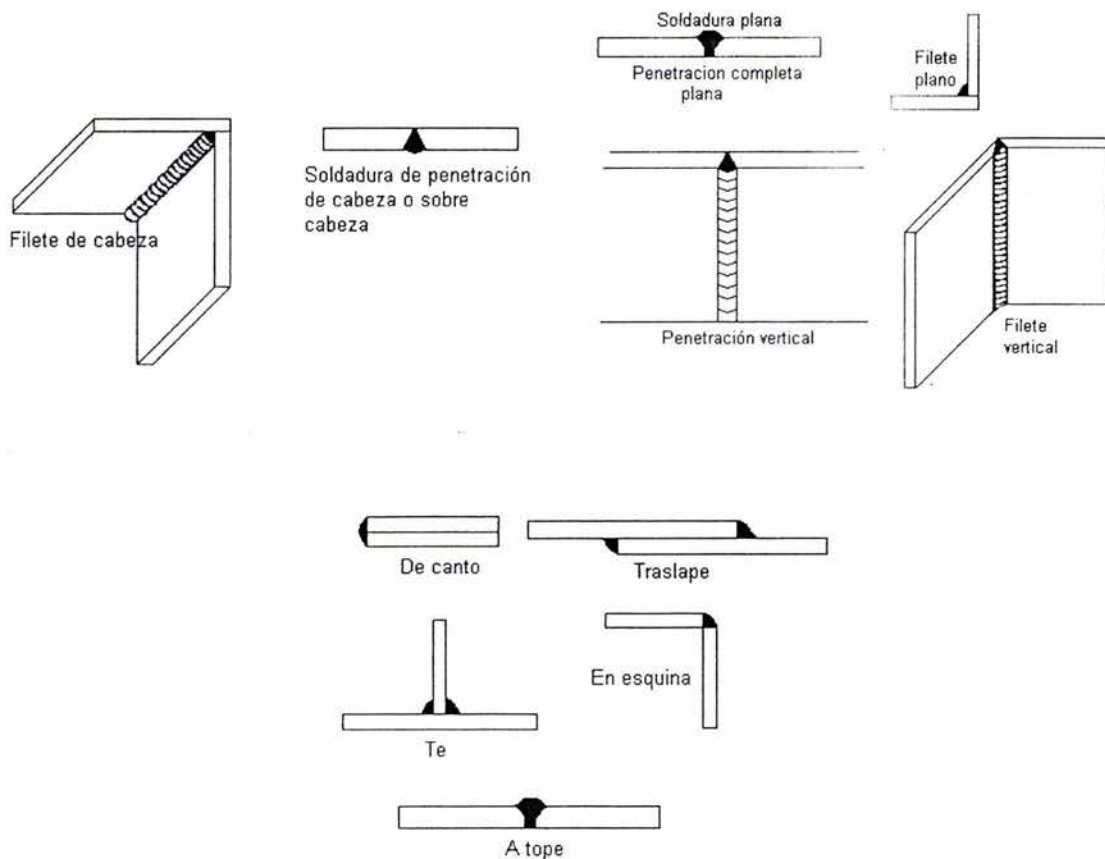
C.2 Velocidades de corte y avances recomendados para brocas.

Material		Diámetro de la broca en mm						Refrig.
		5	10	15	20	25	30	
ACERO Hasta 40 kg/mm ²	s	0.1	0.18	0.25	0.28	0.31	0.34	T o C
	v	15	18	22	26	29	32	
ACERO Hasta 60 kg/mm ²	s	0.1	0.18	0.25	0.28	0.31	0.35	T o C
	v	13	16	20	23	26	28	
ACERO Hasta 80 kg/mm ²	s	0.07	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	T o C
	v	12	14	16	18	21	23	
Fundición gris 18 kg/mm ²	s	0.15	0.24	0.3	0.32	0.35	0.38	S
	v	24	28	32	34	37	39	
Fundición gris 22 kg/mm ²	s	0.15	0.24	0.3	0.33	0.35	0.38	S
	v	16	18	21	24	26	27	
Refrigerantes: T = taladrina C = aceite de corte o de refrigeración S = seco								
s = [mm/rev]			v = [m/min]					

C.3 Diámetros de agujeros para tornillo estándar.

ϕ Tornillo (plg)	ϕ Tornillo (mm)	ϕ Agujero (mm)
1/8	3.17	4.0
3/16	4.825	5.5
1/4	6.35	7.0
5/16	7.938	8.5
3/8	9.525	10.5
7/16	11.112	12.0
1/2	12.700	14.0
9/16	14.288	16.0
5/8	15.875	17.0
3/4	19.050	20.5
7/8	22.225	24.0
1	25.400	27.0
1 1/8	28.575	30.5
1 1/4	31.750	34.0
1 3/8	34.925	36.5
1 1/2	38.100	40.5

C.4 Uniones con soldadura / Tipo de juntas / Simbología.



JUNTAS SOLDADAS
Símbolos estándar

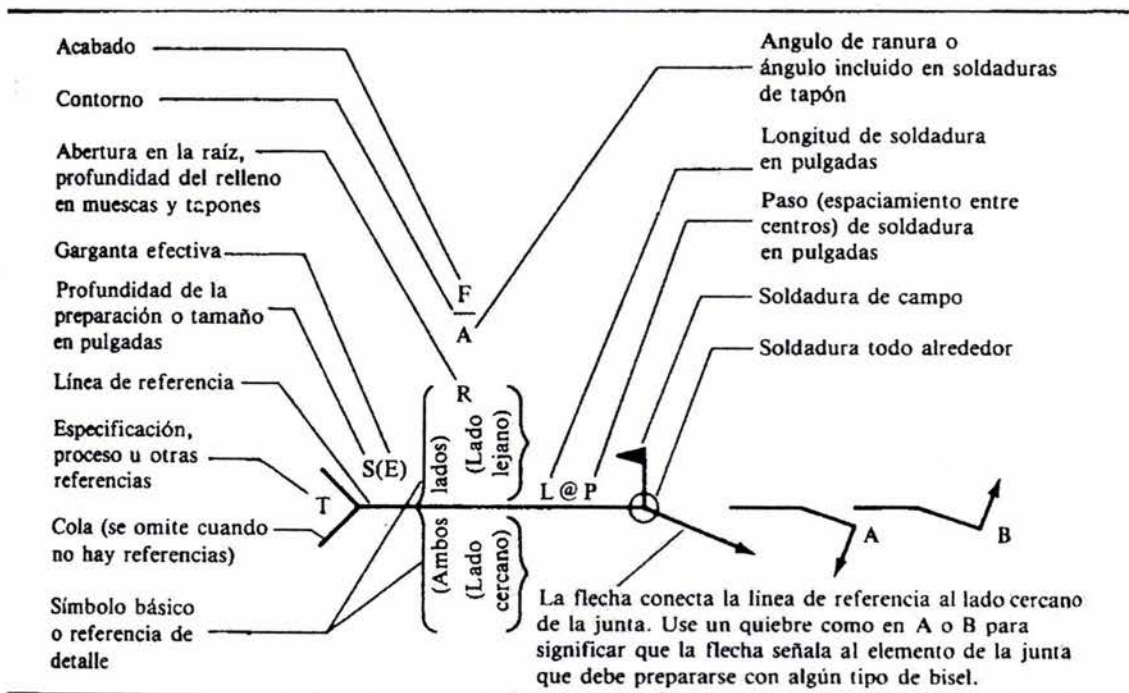
SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA

POSTERIOR	FILETE	TAPON O RANURA	Ranura o a tope						
			CUA- DRADO	V	BISEL	U	J	ENSAN- CHA- MIENTO V	ENSAN- CHAMIENTO DE BISEL

SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS

ESPALDO	ESPACIADO	SOLDADURA TODO ALREDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	CONTORNO		Véase la AWS A.2.4-79 para otros símbolos básicos y complementarios de soldadura
				NIVELADO	CONVEXO	

LOCALIZACIÓN ESTÁNDAR DE LOS ELEMENTOS DE UN SÍMBOLO DE SOLDADURA



C.5 Nomenclatura de electrodos.

E XX1Z	Cualquier Posición (De piso, horizontal, sobre cabeza y vertical)
E XX2Z	Horizontal y de piso solamente
E XX3Z	De piso solamente
E XX4Z	De piso, sobre cabeza, horizontal y vertical hacia abajo.

Clasf.	Corriente	Arco	Penetración	Fundente y Escoria
EXX10	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Sodio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX1	AC o DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX2	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Titanio - Sodio (0 - 10 % de Polvo de Hierro)
EXXX3	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Potasio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXXX4	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX5	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX6	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX8	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXX20	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Povo de Hierro)
EXX22	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX24	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
EXX27	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX28	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX48	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)

C.6 Intensidad de corriente aproximada para diferentes diámetros de electrodos.

Diámetro del electrodo (in)	Amperes para soldadura plana	Amperes para soldadura vertical y sobre la cabeza
1/16	25-70	---
3/32	60-100	---
1/8	80-150	75-130
5/32	125-225	115-160
3/16	140-240	125-180
1/4	200-350	170-220
5/16	250-500	---
3/8	325-650	---

C.7 Consumo de electrodos.

Consumo de electrodos en soldaduras de Filete Horizontales.

Medida del Filete, L, (milímetros)	Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura * (Aprox.)	Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura.
3.0	22	12
4.5	50	29
6.5	85	48
8.0	135	75
9.5	195	108
12.5	345	193
16.0	538	300
19.0	773	433
25.0	1375	770

* Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.

Consumo de electrodos en soldaduras en uniones a tope, de ranura cuadrada soldadas en un solo lado.

Dimensiones de la unión (milímetros)			Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura * (Aprox.)		Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura.	
T	B	G	Sin refuerzo	Con refuerzo	Sin refuerzo	Con refuerzo
4.5	9.5	0	-	73	-	40
		1.6	18	91	9	50
6.5	11.0	1.6	23	104	12	59
		2.4	32	118	18	65
8.0	12.5	1.6	27	122	15	70
		2.4	41	136	23	77

* Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.

Consumo de electrodos en soldaduras en uniones a tope, de ranura cuadrada soldadas en dos lados.

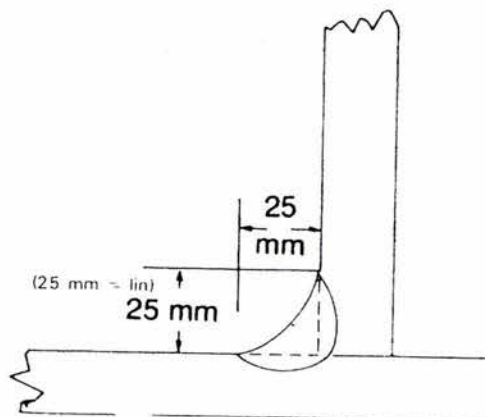
Dimensiones de la unión (milímetros)			Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura * (Aprox.)		Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura.	
T	B	G	Sin refuerzo	Con refuerzo	Sin refuerzo	Con refuerzo
3.0	6.5	0	-	95	-	54
		0.8	14	109	6	60
4.5	9.5	0.8	18	163	9	90
		1.6	32	177	18	99
6.0	11.0	1.6	45	213	24	118
		2.4	64	240	36	131

* Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.

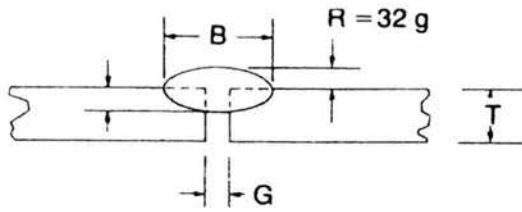
Consumo de electrodos en soldaduras en uniones a tope en V.

Dimensiones de la unión (milímetros)			Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura * (Aprox.)		Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura.	
T	B	G	Sin refuerzo	Con refuerzo	Sin refuerzo	Con refuerzo
6.5	5.5	1.6	68	114	39	65
8.0	8.0	2.4	141	209	78	117
9.5	10.5	3.0	226	318	128	179
12.5	14.0	3.0	395	622	222	291
16.0	18.0	3.0	612	762	342	437
19.0	21.5	3.0	880	1066	494	699
25.0	29.0	3.0	1565	1815	875	1015

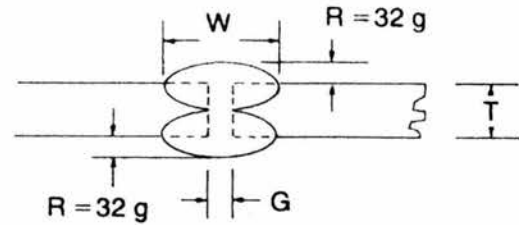
* Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.



Soldadura de Filete Horizontal



Unión a tope con ranura cuadrada soldada en un lado



Soldadura a tope con ranura cuadrada soldada en ambos lados

C.8 Propiedades de las mangueras empleadas en el proceso de pintura aerográfico.

CAPACIDADES DE LAS MANGUERAS	
Presión de trabajo: 8 kg/cm ²	
Diametro interior (mm.)	Capacidad (Lts/min.)
6	275-350
8	500-625
10	775-975
13	1.325-1.650
16	2.000-2.500
19	2.800-3.500
25	4.850-6.100

EJEMPLOS DE LA CAIDA DE PRESION EN LA MANGUERA			
Diametro interior de la manguera de 6,3mm.	3mts Largo kg./cm ²	7,5mts Largo kg./cm ²	15mts Largo kg./cm ²
A presión de 3,5 kg./cm ²	0,70	1,10	1,90
A presión de 5 kg./cm ²	1,00	1,55	2,35
A presión de 6,5 kg./cm ²	1,30	2,00	2,70
de 8mm. de diametro			
A presión de 3,5 kg./cm ²	0,24	0,27	0,57
A presión de 5 kg./cm ²	0,35	0,50	0,90
A presión de 6,5 kg./cm ²	0,55	0,75	1,10

APÉNDICE D

De acuerdo al Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, a continuación se presentan, de forma resumida, los principales aspectos para el cálculo de Costos Directos e Indirectos.

Costos Directos:

- *Mano de Obra.* Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios reales al personal que interviene directamente en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate, incluyendo al primer mando, entendiéndose como tal hasta la categoría de cabo o jefe de una cuadrilla de trabajadores. No se considerarán dentro de este costo, las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia que corresponden a los costos indirectos.
- *Materiales.* Es el correspondiente a las erogaciones que hace el contratista para adquirir o producir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución del concepto de trabajo, que cumpla con las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares de construcción requeridas por la dependencia o entidad.
- *Maquinaria, equipo de construcción y máquinas herramientas.* es el que se deriva del uso correcto de las máquinas o equipos adecuados y necesarios para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo con lo estipulado en las normas de calidad y especificaciones generales y particulares que determine la dependencia o entidad y conforme al programa de ejecución convenido.
- *Herramienta de mano.* Corresponde al consumo por desgaste de herramientas de mano utilizadas en la ejecución del concepto de trabajo.
- *Equipo de seguridad.* Corresponde al equipo necesario para la protección personal del trabajador para ejecutar el concepto de trabajo.

Costos Indirectos:

- Corresponden a los gastos generales necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales como en la obra, y comprende entre otros: los gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, construcción de instalaciones generales necesarias para realizar conceptos de trabajo, el transporte de maquinaria o equipo de construcción, imprevistos y, en su caso, prestaciones laborales y sociales correspondientes al personal directivo y administrativo.
- Para su determinación, se deberá considerar que el costo correspondiente a las oficinas centrales del contratista, comprenderá únicamente los gastos necesarios para dar apoyo técnico y administrativo a la superintendencia del contratista, encargada directamente de los trabajos. En el caso de los costos indirectos de oficinas de campo se deberán considerar todos los conceptos que de él se deriven.
- Los costos indirectos se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. Dicho porcentaje se calculará sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo esta suma entre el costo directo total de la obra de que se trate.
- Los gastos generales que podrán tomarse en consideración para integrar el costo indirecto y que pueden aplicarse indistintamente a la administración de oficinas centrales o a la administración de oficinas de campo o ambas, según el caso, son los siguientes:

- Honorarios, sueldos y prestaciones de los siguientes conceptos:

- a. Personal directivo;
 - b. Personal técnico;
 - c. Personal administrativo;
 - d. Cuota patronal del Seguro Social y del Instituto del Fondo Nacional de la vivienda para los Trabajadores;
 - e. Prestaciones a que obliga la Ley Federal del Trabajo para el personal enunciado en los incisos a., b., y c.;
 - f. Pasajes y viáticos del personal enunciado en los incisos a., b. y c., y
 - g. Los que deriven de la suscripción de contratos de trabajo, para el personal enunciado en los incisos a., b. y c.;
- Depreciación, mantenimiento y rentas de los siguientes conceptos:
- a. Edificios y locales;
 - b. Locales de mantenimiento y guarda;
 - c. Bodegas;
 - d. Instalaciones generales;
 - e. Equipos, muebles y enseres;
 - f. Depreciación o renta, y operación de vehículos, y
 - g. Campamentos;
- Servicios de los siguientes conceptos:
- a. Consultores, asesores, servicios y laboratorios, y
 - b. Estudios e investigaciones;
- Fletes y acarreo de los siguientes conceptos:
- a. Campamentos;
 - b. Equipo de construcción;
 - c. Plantas y elementos para instalaciones, y
 - d. Mobiliario;
- Gastos de oficina de los siguientes conceptos:
- a. Papelería y útiles de escritorio;
 - b. Correos, fax, teléfonos, telégrafos, radio;
 - c. Equipo de computación;
 - d. Situación de fondos;
 - e. Copias y duplicados;
 - f. Luz, gas y otros consumos, y
 - g. Gastos de la licitación;
- Capacitación y adiestramiento;
- Seguridad e higiene;
- Seguros y fianzas, y
- Trabajos previos y auxiliares de los siguientes conceptos:

- a. Construcción y conservación de caminos de acceso;
 - b. Montajes y desmantelamientos de equipo, y
 - c. Construcción de instalaciones generales:
 - 1) De campamentos;
 - 2) De equipo de construcción, y
 - 3) De plantas y elementos para instalaciones.
- El cargo por utilidad, es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo; será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento.
 - Este cargo, deberá considerar las deducciones correspondientes al impuesto sobre la renta y la participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas.