



131
2g

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE TIPO
CONVENCIONAL CON UNA DE TIPO COMPUESTO

T E S I S

Para obtener el titulo de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a n

JULIAN ALBERTO SANCHEZ GARCIA
ALEJANDRO JESUS MACIAS HERRERA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ciudad Universitaria, D. F. 1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	3
1. GENERALIDADES SOBRE LAS ESTRUCTURAS COMPUESTAS ..	3
1.1 DEFINICION DE UNA ESTRUCTURA COMPUESTA	3
1.2 MATERIALES QUE CONSTITUYEN LAS ESTRUCTURAS COMPUESTAS	4
1.3 BREVE HISTORIA MODERNA DE LAS ESTRUCTURAS COMPUESTAS	4
1.4 PRINCIPIOS BASICOS DE LA ESTRUCTURA COMPUESTA	7
CAPITULO II	9
2. PRINCIPALES MATERIALES CONSTRUCTIVOS	9
2.1 DESCRIPCION DEL ACERO	9
2.1.1 OBTENCION DEL ACERO	10
2.1.2 EL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL ..	11
2.1.3 PERFILES PRODUCIDOS EN ACERO	12
2.1.4 PROPIEDADES DEL ACERO	15
2.1.5 GRAFICAS ESFUERZO-DEFORMACION	16
2.2 DESCRIPCION DEL CONCRETO	18
2.2.1 MATERIALES (CEMENTO, ARENA Y GRAVA). ..	19
2.2.1.1 CEMENTO PORTLAND	19
2.2.1.2 AGREGADOS	21
2.2.2 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO FRESCO .	23
2.2.3 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO ENDU- RECIDO	24
2.2.4 CARACTERISTICAS Y APLICACIONES DEL CONCRETO REFORZADO	26

CAPITULO III	29
3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS	
CONVENCIONALES (ACERO Y CONCRETO)	29
3.1 ESTRUCTURAS DE ACERO	29
3.1.1 CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS	
DE ACERO	29
3.1.2 UTILIZACION DE LAS ESTRUCTURAS DE	
ACERO EN EDIFICACIONES	31
3.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS	
DE ACERO	33
3.2.1 VISITA AL LUGAR DE LA OBRA	33
3.2.2 PRESUPUESTO DE UNA ESTRUCTURA	
DE ACERO	34
3.2.3 TRANSPORTE	36
3.2.4 ALMACENAMIENTO	37
3.2.5 HERRAMIENTA Y EQUIPO DE MONTAJE	38
3.2.6 SELECCION DEL METODO DE MONTAJE	40
3.2.7 MONTAJE CON GRUA	42
3.2.8 MONTAJE CON PLUMA DE TIRANTES O	
GRUA TORRE FIJA O LEVADIZA	46
3.2.9 MONTAJE CON PLUMA VIAJERA Y	
PLUMA DE PATAS RIGIDAS	50
3.2.10 MONTAJE CON GRUA LOCOMOTORA	51
3.2.11 ELEMENTOS DE UNION	54
3.2.11.1 SOLDADURA	55
3.2.11.2 REMACHES, TORNILLOS Y	
PERNOS	60

3.3 CLASIFICACION Y UTILIZACION DE LAS	
ESTRUCTURAS DE CONCRETO	65
3.4 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS	
DE CONCRETO	68
3.4.1 CONTROL DE CALIDAD	68
3.4.2 CIMBRAS	69
3.4.2.1 CIMBRAS DE MADERA	71
3.4.2.2 CIMBRAS METALICAS	71
3.4.2.3 CIMBRAS DESLIZANTES	71
3.4.2.4 OTROS TIPOS	72
3.4.3 ACERO DE REFUERZO	72
3.4.4 RECUBRIMIENTO	72
3.4.5 TRASLAPES Y SOLDADURAS	73
3.4.6 COLADO	73
3.4.6.1 REVISION PREVIA A UN COLADO ..	73
3.4.6.2 PREPARATIVOS PARA EFECTUAR EL	
COLADO	74
3.4.6.3 EJECUCION DEL COLADO	76
3.4.6.4 POSTERIOR AL COLADO	76
3.4.7 TRANSPORTE	76
3.4.8 BOMBEO DEL CONCRETO	77
3.4.9 CONCRETO PREMEZCLADO	77
3.4.10 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD	78
3.4.11 COLOCACION	79
3.4.12 CONDICIONES DE LLUVIA	81
3.4.13 RECUBRIMIENTO	81

3.4.14 TIPOS DE JUNTAS	82
3.4.14.1 JUNTAS CONSTRUCTIVAS	82
3.4.14.2 JUNTAS DE CONTRACCION Y EXPANSION	82
3.4.15 PREVENCIÓN DE EVAPORACION	83
3.4.16 VIBRADO Y COMPACTACION	83
3.4.17 CURADO	84
3.4.18 DESCIMBRADO	86
CAPITULO IV	88
4. CONSTRUCCION COMPUESTA	88
4.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS	88
4.1.1 TIPOS DE COLUMNAS COMPUESTAS	89
4.1.2 CONSTRUCCION EN COLUMNAS COMPUESTAS .	92
4.1.3 TIPOS DE VIGAS COMPUESTAS	92
4.1.4 CONSTRUCCION DE VIGAS COMPUESTAS	98
4.1.4.1 CONECTORES DE CORTANTE	98
4.1.4.2 MONTAJE Y COLADO	100
4.2 CALCULO DE ESTRUCTURAS COMPUESTAS	104
4.2.1 CARGAS CONSIDERADAS DURANTE LA CONSTRUCCION COMPUESTA	104
4.2.2 COLUMNAS	105
4.2.2.1 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE COLUMNAS COMPUESTAS	105
4.2.2.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE COLUMNAS COMPUESTAS	106

4.2.2.3	CAPACIDAD DE CARGA EXCENTRICA EN UNA COLUMNA COMPUESTA: CARGA AXIAL MAS FLEXION	109
4.2.2.4	FUERZA AXIAL EN COLUMNAS ESBELTAS (PANDEO)	109
4.2.3	VIGAS	111
4.2.3.1	SISTEMAS DE PISO DE VIGAS COMPUESTAS CON CIMBRA DE LAMINA DE ACERO ACANALADA (LOSA-ACERO).	111
4.2.3.2	FLEXION NEGATIVA	116
4.2.3.3	SOPORTE LATERAL	117
4.2.3.4	DEFLEXIONES	118
4.2.3.5	CUBREPLACAS	119
	RESULTADOS	120
	CONCLUSIONES	128
	BIBLIOGRAFIA.	

INTRODUCCION.

PROPOSITOS DE ESTA TESIS

En la elaboración de un proyecto estructural al igual que en su edificación se toman en cuenta las necesidades a satisfacer del misma, los costos, las facilidades o dificultades del proceso constructivo, etc.

El Ingeniero Civil concibe una estructura como un conjunto de elementos que interactúan para lograr la estabilidad de la misma, en condiciones extraordinarias dentro de un cierto rango.

Los materiales más comunmente utilizados para la construcción de estructuras, han sido sin lugar a dudas, el concreto y el acero, debido a las características favorables con las que cuenta cada uno de ellos, pero así como tienen ventajas, son también apreciables sus desventajas. Por lo cual el Ingeniero se ha visto en la necesidad de buscar nuevas técnicas y metodologías que le permitan mejorar las características de las estructuras ya existentes, así, es como se han desarrollado en los últimos tiempos las estructuras compuestas o mixtas, que conjugan las bondades de las estructuras de concreto con las de estructuras de acero.

En concreto este trabajo está enfocado a edificaciones, y solo mencionaremos otro tipo de estructuras en el capítulo correspondiente.

Lo anterior destaca la importancia del conocimiento de las características de las estructuras mixtas, para formar parámetros de comparación que nos permitan definir en un momento dado el tipo de estructura que nos conviene utilizar en tal o cual circunstancia. Este trabajo, pretende presentar a las estructuras mixtas como un sistema constructivo no suficientemente explotado, tomando en cuenta que en ciertos casos resulta ser una solución muy eficiente; así, que presentaremos puntos a tomar en cuenta al elegir el tipo de estructura más conveniente para situaciones generales, y para ello estudiaremos los materiales y los procesos constructivos principalmente, y el proceso de cálculo como simple referencia.

1. GENERALIDADES SOBRE LAS ESTRUCTURAS COMPUESTAS.

1.1 DEFINICION DE UNA ESTRUCTURA COMPUESTA

Una estructura compuesta es aquella que está formada por más de un material (considerando algunos materiales como composiciones de algunos elementos), como son; plástico, madera, concreto, concreto reforzado, acero, etc, y además cuenta con elementos más rígidos que los elementos construidos con un solo material, repercutiendo directamente en la obtención de mayor resistencia, no sólo de cada elemento por separado sino aún mayor que la de los dos sumados, pues se hallan unidos por conectores de cortante; de otro modo no es una estructura compuesta sino combinada.

En este trabajo llamaremos indiferentemente a este tipo de estructuras como compuestas o mixtas.

Otro punto a considerar en este tipo de construcción, es la compatibilidad de los materiales que constituyen cada elemento, pues si ésta no existe para toda las condiciones que se presenten, se puede perder el vínculo entre los dos materiales por diferencia de comportamiento y disminuirá súbitamente la resistencia calculada.

1.2 MATERIALES QUE CONSTITUYEN LAS ESTRUCTURAS COMPUESTAS

1.- Concreto reforzado, es de hecho un material compuesto, sin embargo lo consideraremos como un material homogéneo.

2.- Vigas sandwich de madera en los lados y una lámina de acero en el centro.

3.- Placas de madera bordeadas con marco metálico.

4.- Plástico armado con fibra de vidrio.

5.- Concreto armado con perfiles laminados, éste es el tipo de estructuras que nos interesa; en este sistema se utilizan los conectores de cortante para unir el perfil con el elemento de concreto.

6.- Mampostería con concreto armado y perfiles de acero. En este tipo de estructura no hace falta unión entre la mampostería (muro de tabiques) y los marcos formados por los elementos ya de por sí mixtos (perfiles de acero-concreto).

7.- Otros materiales.

1.3 BREVE HISTORIA MODERNA DE LAS ESTRUCTURAS COMPUESTAS.

La construcción compuesta se basa en el hecho de combinar dos materiales en una unidad estructural, aprovechando al máximo las

características de cada uno de ellos.

Los principios de la construcción compuesta de acero y concreto se pueden conceder a la introducción o idea de " viga compuesta en construcción " dada a conocer por J. Khan en el año de 1926 y a los primeros estudios de R. A. Caughey publicados en 1929. Gran variedad de puentes en carreteras formados por una estructura compuesta fueron construidos en los años treinta y principios de los cuarentas.

El concreto resiste las fuerzas de compresión y el acero las de tensión, por lo que en general se colocan en las zonas donde la viga esta sometida a este tipo de esfuerzos.

Las columnas tubulares rellenas de concreto tambien son miembros compuestos; el concreto y el acero trabajan en conjunto y se ayudan mutuamente para evitar el pandeo y soportar las cargas.

Las primeras especificaciones para el diseño de puentes compuestos publicados por la " American Association of State Highway Bridges (ASSHTO) en 1944, representaron un paso inmenso en el desarrollo de este tipo de construcción.

Poco después se empezó a utilizar el concreto, especialmente en Gran Bretaña, para proteger contra el fuego los miembros estructurales de hierro.

Los excelentes resultados de estos principios y diseños fueron indudablemente uno de los factores que impulsaron el desarrollo de este tipo de diseño en los años cuarenta.

Estudios sistemáticos y una vasta experiencia acumulada en la siguiente década probaron el gran adelanto al mismo tiempo que

demonstraron la necesidad de estudiar de una manera más meticulosa esta opción en el diseño de las estructuras.

A principios de la década de los años cuarenta la construcción compuesta ya se conocía en todo el mundo y fue por esas fechas cuando se empezó a introducir la utilización de conectores de cortante y empezaron a surgir los diferentes procesos constructivos que se conocen actualmente. De esto se hablará posteriormente con más detalle dentro del desarrollo de este trabajo.

Como todo lo novedoso, después de un tiempo la utilización de la construcción compuesta disminuyó.

Recientemente, se siguen haciendo investigaciones en la materia sobre aspectos más profundos, y debido a que últimamente tanto Ingenieros como Arquitectos y todas las personas involucradas con la industria de la construcción han observado un aumento continuo de los precios de recursos y materiales, se han visto obligados a optimizarlos, todo esto trae como consecuencia lógica el gran auge que está volviendo a tener la construcción compuesta.

Sin embargo, este auge se presenta principalmente en los países desarrollados y muy lentamente en países como México (en desarrollo), por lo que debe estudiarse detenidamente esta opción que frecuentemente resulta más conveniente.

1.4 PRINCIPIOS BASICOS DE LA ESTRUCTURA COMPUESTA

Las estructuras compuestas incorporan las ventajas de las estructuras de acero y las ventajas de las de concreto, al mismo tiempo que disminuyen las desventajas de cada una, cuando éstas son proyectadas en una forma individual.

Una estructura compuesta es más fuerte y resistente que una tradicional hecha de vigas y columnas. Además, las estructuras compuestas hacen posible el ahorro del acero (1), la disminución del peralte de la vigas (2), y uso económico en caso de claros largos (3).

Estas ventajas de las estructuras compuestas se hacen más pronunciadas cuando el diseño de estructuras tradicionales se rige por las limitantes en cuanto a las deflexiones.

Aún más, las estructuras mixtas o compuestas poseen la capacidad de sobrecarga y son resistentes substancialmente en excesos de carga.

1.- Ya que el concreto actúa como una cubierta muy eficiente si es colocado en la parte destinada a trabajar en compresión. Las dimensiones del concreto estan generalmente dictaminadas por el espaciamiento y la capacidad requerida para transferir la carga en la dirección transversal. El diseño de este concreto es independiente de la acción compuesta.

2.- Las barras de acero pueden ser vigas laminadas, estas

vigas son compuestas a base de placas. Vigas asimétricas , tales como vigas laminadas con placas cubriendo el patin inferior pueden resultar económicas en el diseño de estructuras compuestas.

3.- Los conectores para cortante proveen la conexión necesaria entre columnas y trabes.

2. PRINCIPALES MATERIALES CONSTRUCTIVOS.

Debido a las grandes diferencias existentes en los orígenes, componentes, comportamiento y aplicación de estos materiales los trataremos de forma independiente.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ACERO.

El acero es una aleación de hierro y carbono, complementada algunas veces con otros metales como el níquel, el vanadio, el molibdeno, etc, y pequeñas cantidades de otros elementos que se consideran impurezas.

Esta composición del acero, da como resultado una estructura cristalina muy compleja, que puede ser modificada mediante tratamiento termoquímico o por trabajo en frío.

La alteración de la estructura de los aceros produce cambios y grandes en sus características, especialmente sus propiedades mecánicas.

Aunque en los aceros el contenido de carbono es de 0.05 al 1.7% es el elemento de aleación más importante. El carbono puede encontrarse en los aceros en forma libre, como laminillas o como glóbulos de grafito, combinado con el hierro y otros minerales de la aleación formando carburos.

Hoy en día se fabrican aceros que se pueden soldar y forjar,

para clasificarlos hay que indicar, además de su tanto por ciento de carbono, sus resistencias.

2.1.1 OBTENCION DEL ACERO.

En la fabricación del acero siguen predominando todavía los procedimientos clásicos:

- Al crisol, para aceros de primera calidad
- En convertidores Besser o Thomas, para aceros corrientes.
- En hornos Siemens-Martin, para aceros de calidad intermedia.

Este último es el más desarrollado en la industria del acero.

La fabricación en hornos eléctricos progresa con mayor lentitud y entre los hornos de esta clase se utilizan más los de arco que los de inducción; estos hornos son empleados para obtener los aceros especiales.

En general los procedimientos utilizados para la obtención del acero son:

- 1.- Por descarburación del hierro.
- 2.- Carburación del hierro.

En el primer procedimiento se quema el exceso de carbono haciendo pasar una corriente de aire por el hierro colado en fusión, colocado en una retorta móvil (convertidor) alrededor de un eje horizontal y revestida interiormente con una sustancia refractaria ácida o básica. Inyectando en el convertidor aire

comprimido, el oxígeno quema todo o parte del carbono y del silicio. En el procedimiento Martin se agrega a la fundición óxido de hierro o se diluye la fundición con residuos de acero. La operación se realiza en el horno de plaza, calentado con gas gasógeno.

Para carburar el hierro, las piezas que se han de cementar se cubren con polvo de carbon de leña y con un cemento particular.

2.1.2 EL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.

Como se sabe el acero es hoy en día uno de los mas importantes materiales estructurales.

Tiene entre otras propiedades, dentro de sus usos estructurales, la alta resistencia, comparada con cualquier otro material disponible, y la ductilidad.

Se define ductilidad como la capacidad que tiene algún material dado de deformarse sustancialmente ya sea debido a fuerzas de tensión o compresión antes de fallar.

Podemos citar que otras de las grandes ventajas que tiene el acero como material estructural es su amplia disponibilidad y durabilidad.

A continuación se muestran unas de las más importantes propiedades estructurales del acero :

1.- Módulo elasticidad, se denomina como E. El rango normal dentro del cual entran la mayoría de los aceros (relativamente independiente de la resistencia de fluencia) es de

2'000,000Kg/cm², aproximadamente.

2.- Módulo de cortante, G. El módulo de cortante no solo del acero sino de cualquier material elástico se calcula como:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

donde:

μ ; coeficiente de Poisson que se toma como 0.3 para el acero.

3.- Coeficiente de expansión térmica, " α ". Este coeficiente se puede calcular de la siguiente manera:

$$\alpha = 11.25 \cdot 10^{-6} \text{ por grado centigrado.}$$

4.- Punto de fluencia y resistencia última. Ambas propiedades se dan en base al tipo de acero que el calculista necesita para su diseño.

5.- Densidad del acero que es 490 lbs/pie³ ó 7.850 ton/m³

2.1.3 PERFILES PRODUCIDOS EN ACERO.

Una vez lograda la aceración de la materia prima, la carga de los hornos o convertidores se vacía en moldes para así obtener los lingotes que por su masa necesitan de un tiempo considerable para su solidificación y enfriamiento, una vez que se han obtenido los lingotes de acero, productos de la refinación del arrabio, son laminados para formar placas de ancho y espesor variable, barras redondas, diversos perfiles estructurales y tubos de

espesor variable.

La mayor parte del laminado se lleva a cabo con el acero en caliente, este producto recibe el nombre de "acero laminado en caliente". En ocasiones, las placas más delgadas son dobladas aún cuando estas ya se encuentran en frío, estas placas reciben el nombre de "laminados en frío".

Algunos de los perfiles más comunes y utilizados son:

- PERFILES W.

Este es el perfil estructural que se usa con mayor frecuencia.

Es simétrico en sus dos direcciones, está constituido por dos patines de forma rectangular conectados por una placa conocida como el alma que también es rectangular.

La designación de este tipo de perfil es: W16 X 40 lo que significa que tiene un peralte nominal total de 16 pulgadas y posee un peso de 40 lb/pie.

- Perfiles S.

Estos también son perfiles doblemente simétricos, antes recibían el nombre de perfiles tipo I por su forma.

Por lo mencionado anteriormente se podría confundir y pensar que el tipo W y el tipo S son iguales y aunque en esencia lo son, las tres diferencias entre este dos tipos de perfiles son:

1) El ancho del patín del perfil S es menor con respecto al W.

2) La cara interna del patín tiene una pendiente de aproximadamente 16.7° .

3) El peralte teórico es el mismo que el peralte nominal.

Una viga S510 X 111.6 es un perfil con peralte nominal de 510mm X 111.6 kg/m .

- Perfiles M

Son perfiles doblemente simétricos que no se clasifican como perfiles W o S.

La diferencia entre este perfil con los W o S es que estos resultan ser mucho mas ligeros que los anteriores por lo que se decidió incluirlos en una clasificación aparte.

- Perfiles C

Son perfiles de tipo canal, simétricos únicamente en una dirección y estos son producidos de acuerdo con estandares dimensionales adoptados en 1896.

Un perfil tipo C150 X 19.3 es un perfil estandar de canal con un peralte nominal de 150mm y una masa de 19.3 kg/m

- Perfiles tipo L

Estos perfiles reciben su nombre basado en el tipo de letra al que se asemejan, pueden ser angulares de lados iguales o desiguales.

Un perfil L6 X 6 X 3/4 es un angular de lados iguales con dimensiones nominal de 6 pulg y un espesor de 3/4 de pulg.

Un perfil L89 X 76 X 12.7 es un angular de lados desiguales con dimensiones en sus lados de 89 y 76 mm respectivamente, y un espesor de 12.7mm en sus lados.

- Perfiles T.

Este tipo de perfil es el que se obtiene cortando perfiles W,

S, o M.

Por lo general se hace el corte de tal forma que se obtiene un perfil con la mitad del área del original.

- Perfiles O.

Es de tipo redondo, y los hay sólidos o huecos como tubos, la forma de distinguir uno de otro es por la letra que se le asigna después de la O.

- OS es un perfil redondo sólido liso.

- OC tubo circular.

- OR tubo cuadrado.

Existen manuales como son el AISC de publicación norteamericana y el Manual de construcción en acero publicado por el Instituto Mexicano de la construcción en acero, en donde pueden ser consultados todos los diferentes tipos de perfiles mencionados anteriormente.

2.1.4 PROPIEDADES DEL ACERO.

Sabiendo que la principal característica del acero desde un punto de vista estructural, es la gran resistencia que este material presenta en contra de las tensiones, resulta obvio pensar que en todo diseño en estructuras de acero se debe de considerar la resistencia de fluencia de este material.

La resistencia de fluencia es el mínimo valor garantizado por el productor de acero y que se basa en un promedio estadístico y la consideración del valor mínimo de fluencia obtenido mediante un gran número de pruebas.

2.1.5 GRAFICAS ESFUERZO-DEFORMACION.

Son curvas obtenidas mediante pruebas de tensión en probetas, de sección circular o rectangular y dependen del tipo de acero por estudiar.

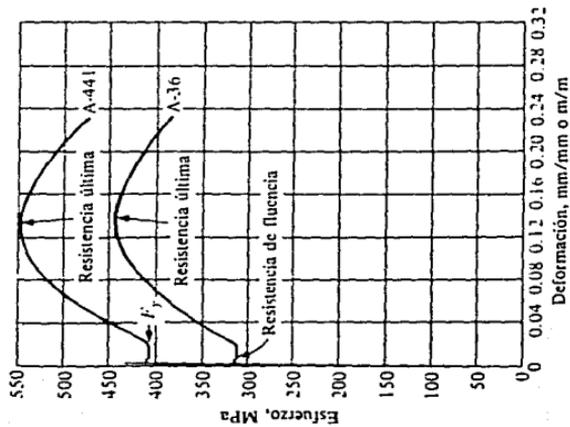
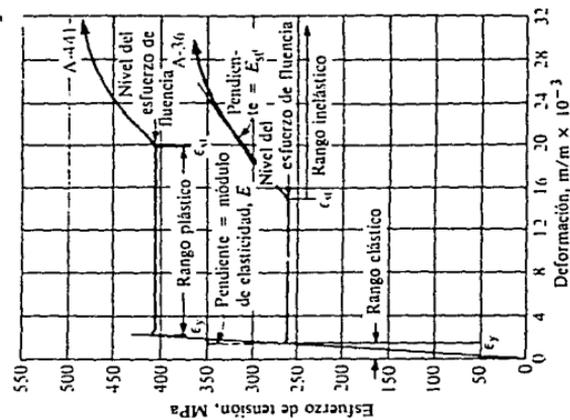
La prueba se efectua en una barra de 50 cm de longitud, se coloca en una máquina provista de mordazas que la sujetan y le transmiten una carga axial de tensión. La máquina esta provista también de un sistema para medir la magnitud de la carga aplicada en un instante cualquiera, la construcción utiliza dos tipos de acero:

- a) Aceros laminados en caliente.
- b) Aceros laminados en frío.

Los aceros laminados en caliente tienen una gráfica esfuerzo-deformación, en la que se distinguen 4 regiones en las cuales el comportamiento del material es diferente para cada una.

Estas son: zona elástica, zona plástica, zona de endurecimiento por deformación y una zona de estrangulamiento y fractura.

GRAFICAS DE ESFUERZO-DEFORMACION DEL ACERO.



2.2. DESCRIPCION DEL CONCRETO

Los elementos componentes del concreto son básicamente: cemento, arena y grava como agregados pétreos, y agua. De la misma forma el concreto puede incluir aire colocado de forma intencional utilizando un aditivo o un tipo de cemento especial.

El concreto suele utilizarse como un material homogéneo (como el acero y la madera), sin embargo por sí solo es heterogéneo, eso sin contar que normalmente forma parte de un material compuesto junto con el acero: el concreto reforzado. Este material suele tener una densidad entre 2300 y 2400 Kg/m³ y resistencias muy variables.

Algunos tipos de aditivos son agregados al concreto con el propósito de acelerar o retardar el fraguado o hacerlo más manejable, reducir la cantidad de agua requerida, incrementar la resistencia del concreto o alguna otra propiedad.

Estas características dependen del uso que se da al concreto y de las condiciones que se tengan durante su colocación.

El factor más importante en el cálculo de la resistencia de un concreto es la relación agua/cemento, este hecho se conoció en 1918 y de la misma forma la alta durabilidad del concreto al aumentarle el aire incluido se reconoció en 1940.

Factores como facilidad de colocación, resistencia, peso volumétrico y durabilidad para un caso especial

determinan el proporcionamiento del concreto.

La gran diversidad de tipos y calidades de los elementos integrantes del concreto provoca que se requiera de una investigación y estudios iniciales para definir:

- Las fuentes de abastecimiento
- Los proporcionamientos
- El tipo y características especiales según el fin de la obra
- Nivel de calidad especificado

Para esto existen normas para la determinación de esos puntos.

Cada día que pasa se incrementa el uso del concreto prefabricado y preesforzado, aprovechando algunas de sus características y dándole mayor trabajabilidad y funcionalidad.

2.2.1 MATERIALES (CEMENTO, ARENA Y GRAVA)

2.2.1.1 CEMENTO PORTLAND

Es el principal elemento del concreto y es un producto de fácil obtención comercial, que tiene la propiedad de fraguar y endurecer como resultado de una reacción química con el agua. El cemento es el resultado del proceso de pulverización del clinker frío, a un grado de finura específica, adicionado de sulfato de calcio, y a veces agua. El clinker es un material

sintético, que resulta de materias primas calcareas y arcillo-ferruginosas trituradas, mezcladas, pulverizadas, homogeneizadas y cocidas a 1400° C.

La composición química del cemento es:

ELEMENTOS	FUNCION
C ₃ S	Resistencia hasta los 28 días
C ₂ S	Resistencia desde los 28 días
C ₃ A	Generador de calor
C ₄ A F	Acelera la hidratación del concreto

10% de yeso, cal libre, magnesio, alcalis, etc; controla

el tiempo de fraguado y acción química cemento-agua.

Sus propiedades físicas son:

- FINURA: al aumentar la finura aumenta la resistencia.
- SANIDAD: propiedad del cemento fraguado de permanecer con volumen constante.
- TIEMPO DE FRAGUADO: proceso mediante el cual una pasta de cemento se convierte de fluido en sólido.
- RESISTENCIA A LA COMPRESION: Es la propiedad mas importante del cemento, transferida al concreto.
- RESISTENCIA A LA TENSION: Esta propiedad es despreciada en la mayoría de los casos.
- CALOR DE HIDRATAION: Es generado con la reacción agua/cemento, y depende de la composición química.
- FALSO FRAGUADO: Se presenta unos minutos después de que el cemento ha hecho contacto con el agua y consiste en el endurecimiento antes del tiempo normal de fraguado.

- TIPOS DE CEMENTO:

- Tipo I o normal
- Tipo II o normal
- Tipo III o de rápida resistencia a los sulfatos
- Tipo IV o de bajo calor de hidratación
- Tipo V o de alta resistencia a los sulfatos

OTROS 4 TIPOS:

- Blanco, igual al tipo I o al tipo III
- Portland-puzolana, moderado calor de hidratación.
- Portland-escoria de alto horno, para elementos bajo el mar y en grandes volúmenes.
- Cemento de albañilería: Tiempo de fraguado pequeño y de gran trabajabilidad.

2.2.1.2 AGREGADOS

Representan del 60% al 80% del volumen total del concreto, y sus propiedades físicas, térmicas y químicas influyen muy importantemente en el comportamiento del concreto.

Algunas de las propiedades afectadas son las siguientes:

Durabilidad, economía, trabajabilidad, permeabilidad, propiedades térmicas, peso volumétrico, resistencia y elasticidad.

De acuerdo a su tamaño los agregados se clasifican en grueso y fino; la malla # 4, sirve de referencia, el agregado grueso se queda en la malla, mientras el fino pasa dicha

malla.

Los tamaños máximos de agregados son 3/4" y 1/2"
(concretos normales).

Características principales:

- La composición granulométrica, es decir, la distribución de tamaños de partículas altera factores como el peso específico del material pétreo, y como consecuencia la trabajabilidad y la cantidad requerida de agua y cemento; la compactación de la mezcla, el acabado, la segregación y el sangrado también son afectados.

- El peso volumétrico permite obtener concreto ligero o pesado.

- La porosidad interviene en la densidad aparente, la textura, cantidad de agua y resistencia.

- La sanidad es una propiedad que permite variaciones excesivas de volumen por cambios en las condiciones, por ejemplo congelamiento, deshielo, temperatura y contenido de agua.

- La resistencia del agregado ya sea a la compresión o al impacto (tenacidad) afectan directamente en las mismas resistencias del concreto.

- La calidad del agregado se mide comunmente por su resistencia al desgaste y afecta, aunque no directamente, a la del concreto.

Los agregados no deben contener sustancias que al contacto con el cemento produzcan expansiones o agrietamientos indeseables.

Una forma angular de agregado requiere mas cemento para mantener la relación agua/cemento que una redondeada. Una superficie rugosa requiere mas agua para hacer manejable una mezcla.

Sustancias como impurezas orgánicas, limo, arcilla, carbón de piedra, lignito y partículas blandas o ligeras perjudican la calidad de los agregados.

2.2.2 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO FRESCO

Las principales características del concreto fresco son:

- UNIFORMIDAD: es la facilidad que presentan un concreto para ser transportado, colocado y compactado.

- SEGREGACION Y SANGRADO: la segregación es la separación de los materiales que constituyen la mezcla uniforme de modo que deja de serlo. En el sangrado el agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie.

- FRAGUADO: Puede ser inicial o final: El inicial abarca desde que el agua toca el cemento hasta el punto en que la aguja de Vicat (utilizada para determinar el tipo de fraguado), penetra 5mm en la mezcla, es decir, resistencia a la penetración de 35Kg/cm. El final se determina mediante el uso de una aguja de sección cuadrada de 1mm con un cono ahuecado de manera que

tenga una arista constante de 5mm de diámetro a 0.5mm arriba de la punta de aguja. Al ponerlos en contacto con el concreto la aguja marcará el concreto, cosa que no hará el cono. En ese momento la mezcla tiene $280\text{Kg}/\text{cm}^2$ de resistencia a la penetración.

Pruebas realizadas con el concreto ya elaborado.

Las primeras son básicamente:

- a) Revisión de la precisión y buen funcionamiento del equipo de dosificación y mezclado.
- b) Revisión de las tolerancias en la medida del material

Las segundas son:

- Trabajabilidad: revenimiento, factor de compactación, esfera de Kelly, prueba de remoldeo de Powers, prueba de Vebe
- Contenido de aire
- Tiempo de fraguado
- Peso volumétrico
- análisis de concreto fresco

2.2.3 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO

Las principales son:

- Resistencia a la compresión simple; es la característica más importante del concreto.
- Resistencia a la tensión, no se considera en los cálculos.
- Resistencia a la flexión

- Resistencia al esfuerzo cortante
- Resistencia a la compresión triaxial
- Resistencia a la torsión
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia al intemperismo
- Resistencia al fuego
- Adherencia
- Permeabilidad
- Durabilidad
- Etc.

Existen pruebas de concreto endurecido para determinar si las características de éste entran en los rangos permisibles y pueden clasificarse en :

ENSAYES DESTRUCTIVOS Y ENSAYES NO DESTRUCTIVOS.

Dentro de los destructivos:

- Prueba a la compresión simple, se realiza por medio de una máquina universal, empleando cilindros de prueba.
- Prueba de flexión, con el cilindro apoyado en sus extremos se le aplica una carga al centro.
- Prueba brasileña de tensión, se lleva a cabo aplicando una compresión a todo lo largo de un cilindro colocado en posición horizontal.

Los no destructivos:

- esclerómetro o martillo de rebote, es un método relativo para medir la resistencia de un concreto con respecto a otro en idénticas circunstancias.

- pistola Windsor de resistencia a la penetración, es también un método relativo.

Las semidestructivas:

- Prueba de pulso ultrasónico, por medio de ondas ultrasónicas conoce la irregularidad y densidad del concreto y por lo tanto su resistencia.

- Prueba de corazones extraídos al concreto.

- Prueba Pull-out o de extracción en concreto, se extrae una pieza que fue colado junto con el concreto y se observa el estado en que queda éste.

2.2.4 CARACTERISTICAS Y APLICACIONES DEL CONCRETO REFORZADO

El concreto reforzado es un material formado por dos elementos, el concreto y el acero de refuerzo, que trabajan simultáneamente; el acero soportando preferentemente la tensión y el concreto la compresión, de tal forma que se aprovechan las ventajas de cada uno de estos elementos reduciendo de forma considerable sus desventajas; es de algún modo un material compuesto, sin embargo nosotros sólo consideraremos como miembro compuesto áquel que utilice un perfil laminado.

La distribución normal del acero dentro del concreto

presupone una adherencia perfecta entre los dos materiales y en términos generales se coloca el acero en secciones o partes de secciones sometidas a esfuerzos de tensión, mientras que el concreto queda localizado en toda la sección, sin embargo en el proceso de cálculo se considera que el concreto no resiste la tensión y su función es resistir el esfuerzo a la compresión.

El hecho de que el acero quede ahogado dentro del concreto representa grandes ventajas que no tendría una estructura cuyo acero quedase en contacto con el aire; por ejemplo el recubrimiento del concreto le permite una gran resistencia al fuego, que es quizá la más importante ventaja, además no requiere de pintura que evite la oxidación o la corrosión por sustancias químicas.

A diferencia de otros materiales constructivos, el concreto requiere de un molde que lo sostenga mientras adquiere la resistencia necesaria para autosoportarse.

Debido a este método constructivo, el concreto reforzado en estructuras logra, con gran facilidad, una continuidad en los elementos, repercutiendo así en grandes ventajas desde el diseño hasta la construcción, pues se evitan consideraciones de elementos extra de unión, así como de tiempo de diseño y construcción de los mismos.

El concreto reforzado se puede colar en el lugar o fabricarse en algún lugar distinto al definitivo, es decir prefabricarse.

Para el caso del colado en el lugar, se debe seguir una secuencia determinada de operaciones, pues no se pueden colar

algunos elementos si no se han terminado y adquirido resistencia de autoaporte los elementos anteriores; para el caso de la prefabricación se puede tener terminados todos los elementos antes de haber empezado la construcción y tenerlos almacenados, sin embargo se requiere transportar la mezcla en estado líquido a veces grandes distancias, con sus consecuentes repercusiones económicas, por otro lado los elementos prefabricados tienen limitación en sus dimensiones pues posteriormente hay que transportarlas al lugar de la obra.

Debido a su gran versatilidad y la gran flexibilidad en el diseño, además de su resistencia considerable al fuego, el concreto armado se cuela en obra, y puede utilizarse en un sinnúmero de estructuras. Sus formas estructurales pueden variar muchísimo, así mismo las soluciones estructurales que sin embargo, al fraguarse el concreto no puede cambiar de forma o reutilizarse; los elementos prefabricados han simplificado los procesos hasta convertirlos en fabricación en serie, con muchas de las ventajas que ofrecen por ejemplo los armazones de acero.

En los últimos años se ha experimentado con distintas formas para el concreto dando como resultado estructuras más eficientes estructuralmente y aplicaciones muy diversas; sin embargo los costos varían de acuerdo a las situaciones específicas de cada caso.

3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS CONVENCIONALES (ACERO Y CONCRETO).

3.1 ESTRUCTURAS DE ACERO.

3.1.1 CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.

Se debe remarcar que la importancia que puede tener una estructura está en función de su utilización y esta última es muy variable.

Como Ingeniero Civil se puede tener la posibilidad de diseñar una gran variedad de estructuras que incluyen, principalmente, las siguientes:

1) Estructuras metálicas en tipo de caparazón.

En estas estructuras, el caparazón tiene una función de utilidad, y de igual modo participa principalmente en la resistencia de las cargas y fuerzas.

Una estructura común dentro de este tipo, es en la cual el esfuerzo principal es el de tensión, como el que presentan los tanques que generalmente se utilizan para el almacenamiento de agua (por la altura y bajas temperaturas).

Otros ejemplos típicos son el fuselaje de un avión, un barco, un ferrocarril, etc.

2) Estructuras metálicas formadas por marcos.

El diseño típico de un edificio cae dentro de estas estructuras.

Un edificio de varios pisos, normalmente consiste de vigas y columnas, ya sea que se encuentre rígidamente unidas o simplemente conectadas junto con un sistema de diagonales o contraventeo para proveerla de estabilidad. Mientras que el edificio es tridimensional, cuando es diseñado por juntas rígidas, normalmente es más rígido en una dirección que en la otra para que pueda ser analizado en una serie de marcos planos.

3) Estructuras metálicas de tipo de suspensión.

En este tipo de estructuras los cables a tensión son los elementos principales. Un techo puede ser sostenido por medio de ellos.

Seguramente el caso típico es el de los puentes colgantes, debido a que la tensión es la forma más adecuada de trabajar del acero, esta clase de estructuras se están utilizando cada vez más.

4) OTRAS ESTRUCTURAS.

Torres de transmisión eléctrica, torres para instalaciones de radar, plataformas marinas, etc.

3.1.2 UTILIZACION DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO EN EDIFICACIONES.

1) Estructuras metálicas de cercado.

Estas estructuras están constituidas primordialmente por columnas con el nombre de montantes y por vigas horizontales llamadas travesaños.

El número de travesaños y de montantes varían dependiendo de la altura de nuestra estructura.

En el caso en que la altura sea muy poca es obvio pensar en la posibilidad de utilizar sólo un travesaño que sea colocado en la parte superior y que recibe el nombre de coronamiento.

Para obtener la estabilidad se deben anclar los montantes en los cimientos y así será capaz de resistir cargas eventuales o accidentales como puede ser la acción de un sismo o el viento.

2) Estructuras metálicas de edificios que sirven de soporte a un revestimiento ligero.

Para pensar en este tipo de estructuras, basta con imaginar un hangar de avión. Son estructuras que llevan un revestimiento tan ligero que no tienen la protección necesaria para pensar en utilizarlas para edificios de vivienda.

Esta clase frecuentemente la encontramos en hangares o naves industriales destinados a ser almacenes.

3) Estructuras metálicas de edificios que sirven de soporte
a un relleno de mampostería.

Por lo general se destina para un uso industrial aunque en ocasiones, no muy frecuentes, su uso es para viviendas.

Se componen de:

- + Montantes o columnas principales.
- + Las vigas conocidas como carreras.
- + Los montantes intermedios.
- + Los travesaños que están fijados a la vez sobre montantes principales.

4) Estructuras metálicas en edificios destinados a
viviendas.

Lo normal es que este tipo de estructuras sean de poca o media altura, en este caso son los muros de carga los que generalmente llevan dentro una estructura metálica, destinada a ser la que arme ciertas partes del edificio como pueden ser los muros divisorios, tabique de escaleras o ascensores, con esto lo que se logra es reducir en forma considerable los espesores de estos muros y tener un mejor aprovechamiento del espacio ya que éste es destinado hacia la vivienda.

3.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

3.2.1 VISITA AL LUGAR DE LA OBRA.

Antes de empezar a construir una obra evidentemente es necesario estudiar a fondo todas y cada una de las especificaciones, dibujos, planos y forma de contratación propuesta, que la obra en particular lleva consigo.

Una vez que se ha estudiado bien lo que se requiere, es necesario que el(los) responsable(s) visite(n) el lugar en donde ha de levantarse la construcción, para así determinar las condiciones relacionadas con el método de montaje y el trabajo que implica la forma en que esto influya sobre el presupuesto.

El propósito de esta visita al lugar es investigar si los datos que fueron especificados en planos y dibujos son correctos, debe de hacerse una observación de las posibles obstrucciones u obstáculos para la entrega, montaje y uso del equipo al igual que debe conocerse el costo de quitarlos o eliminarlos del lugar, o de los gastos que podrían presentarse para resolver dicho problema.

Otro punto importante a conocer, y por lo cual la visita al lugar de la obra es de tanta importancia; es el saber si existen construcciones junto al lugar de la obra que puedan impedir el acceso a nuestra maquinaria, material o personal.

Es necesario también examinar las condiciones del terreno

en donde ha de realizarse la obra, ya que estas pueden indicar que tipo de equipo podremos utilizar o si será necesario suministrar carpetas, madera o tablones para permitir la preparación o el movimiento de nuestro equipo.

Si la obra no se va a realizar con cierta cercanía a la ciudad en donde se encuentra la compañía encargada de ella, quizá sea necesario saber si existe personal capacitado, o habrá que llevar personal desde otro lugar a la zona.

En general el motivo de la visita al lugar de una obra la podemos justificar conociendo los siguientes datos:

- + Espacios administrativos de nuestra obra.
- + Area de maniobras, bodegas, etc.
- + Altura de nuestra estructura
- + Reglamentos locales
- + Clima del lugar.

3.2.2 PRESUPUESTO DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO.

Para llevar a cabo un presupuesto es necesario tener toda la información posible de la obra a realizar para que el presupuesto sea lo más cercano a la realidad posible. La manera de tener esta información, es exigiendo todos los planos, dibujos y especificaciones que existan de la obra en cuestión.

Se procede a calcular las cantidades y tamaños de las piezas por montar, sacando el peso total de estas piezas, obteniendo los pesos individuales de las piezas pesadas, estimando la cantidad de

tornillos, remaches y soldadura que especifiquen los planos.

Resumiendo lo anterior se considera de fundamental importancia para un buen presupuesto el tomar los puntos siguientes:

- a. Costo en la elaboración de planos de taller.
- b. Costo por piezas estructurales (perfiles, tornillos, soldaduras, etc).
- c. Costo por el transporte de estos al sitio.
- d. Costo en la operación de montaje (incluyendo mano de obra).
- e. Costo en los acabados.

Debido a que no es punto fundamental de esta tesis explicar detalladamente estos puntos, y sólo porque así lo creemos necesario, ampliaremos un poco más el punto d.

La mano de obra debe ser tomada en cuenta para ciertos trabajos como pueden ser (aunque sin duda existirán más en caso de una obra específica):

1. Descarga de equipo. (plumas, compresores, herramienta pequeña, malacates, etc).
2. Preparación del equipo.
3. Desmantelamiento del equipo.
4. Descarga del acero estructural.
5. Distribución del acero estructural.
6. Ensamble de armaduras.
7. Montaje de la estructura
8. Montaje de piezas especiales (tornillos, remaches,

soldadura, ángulos).

9. Plomeo

10. Limpieza.

3.2.3 TRANSPORTE.

Existen esencialmente tres formas de transportar las piezas que constituirán la estructura; éstas son:

1. Por carretera o vías públicas.
2. Por vías férreas.
3. Por vías marítimas.

Por lo que se lee anteriormente, las tres posibilidades representan alternativas totalmente diferentes en lo que respecta a las condiciones por considerar. Se deben tomar en cuenta también aspectos legales en cuanto al transporte de material, con esto se quiere decir que se debe conocer el reglamento de tránsito del lugar para saber si es posible transportar el equipo como se tiene propuesto hacerlo.

En México la encargada de poner las limitaciones descritas anteriormente es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, fija cosas como la longitud del flete, la carga máxima permisible, altura máxima de la carga, zonas por la que se puede transitar y las horas en la que puede llevar a cabo el transporte.

3.2.4 ALMACENAMIENTO

Desde un principio cada obra deberá tener un lugar asignado que estará bien conservado, limpio y que se pueda manejar con eficiencia, en este lugar deberemos ser capaces de reparar o almacenar ciertas herramientas y equipos como pueden ser los malacates, compresoras, soldaduras, etc.

Este lugar deberá de ser preferentemente cubierto para así eliminar lo mas posible el elemento clima, esto implica, disminuir la corrosión y el intemperismo, que solo logra dañar nuestro equipo y herramienta.

Conviene tener bien pensado como es que vamos a organizar nuestro almacén para que pueda funcionar óptimamente, debemos tener presente que hay herramienta que se utiliza mas que otra, por lo que la disposición deberá ser tal que facilite hallar estas piezas cuando sea necesario.

También es necesario disponer de zonas al aire libre dado que no todo el equipo o herramienta necesita estar cubierto, lo que en este caso es necesario es revisar con más frecuencia este equipo ya que puede ser dañado mucho mas debido a las inclemencias del tiempo.

3.2.5 HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA EL MONTAJE.

Se debe ser cuidadoso en la selección del equipo de montaje, puesto que si es escaso solo lograremos una baja eficiencia en la mano de obra, y si por el contrario, este es excesivo, los trabajadores se pueden volver descuidados en su uso.

La selección de equipo y herramienta para una obra se debe basar en el proyecto de montaje, en la cantidad de piezas, dimensiones, etc.

Otro factor fundamental en la elección de equipo, es el tiempo en el cual se requiera ejecutar la obra, en el caso que sea escaso se necesitará utilizar un mayor número de grúas, torres, máquinas de soldar, etc. para que estas se encuentren disponibles en varios lugares de la obra en un mismo momento.

Para poder llevar a cabo una buena organización del equipo del que se dispone es posible, y aún mas, es recomendable hacer listas en donde ya sea por orden alfabético o por grupos se organicen las herramientas, así el encargado de esta lista, que deberá ser un Ingeniero capaz y responsable para estar al tanto de todo movimiento que se lleve a cabo en las herramientas.

Con mucha frecuencia al adquirir un equipo, el fabricante o distribuidor manda un encargado al lugar correspondiente y esta persona se encarga de dar una explicación completa al respecto de lo adquirido para que así, de esta forma, sea utilizado de la

manera mas eficiente posible y reciba el mantenimiento requerido.

A continuación se muestra una lista de equipo y herramienta que consideramos sería indispensable tener en el momento de llevar a cabo el montaje de una obra.

Cabe remarcar que existe mucho mas equipo del mencionado, que sería utilizado en obras en particular.

Lista de equipo:

1. Plumas de tirantes.
2. Pluma de patas rígidas.
3. Pluma viajera.
4. Grúa sobre orugas.
5. Grúa sobre camión.
6. Grúa torre levadiza.
7. Grúa torre fija o estática.

Todo lo que se refiere al uso de este equipo será definido mas adelante en su oportunidad.

Lista de herramienta:

1. Anclas, de tipo horquilla o de extremos abiertos.
2. Taladro y brocas, para perforaciones en madera.
3. Punzón para sacar conectores.
4. Viga equilibradora, utilizada para levantar un elemento estructural que puede flexionarse al momento de ser levantado.
5. Tornillos de alta resistencia, para montaje y para obra falsa.
6. Cepillos y cubetas.
7. Soplete para cortar

8. Martillos
9. Cíncel.
10. Limas de mano.
11. Extinguidores.
12. Gafas de seguridad, para usos como el soplete y soldadura.
13. Esmeriles eléctricos, neumáticos, manuales.
14. Cascos para seguridad.
15. Malacates manuales y mecánicos, si son mecánicos pueden ser: Diesel, eléctrico, de gasolina, neumático.
16. Escaleras.
17. Mangueras.
18. Cables y alambres.
20. Varios, como puede ser: soldadura, clavos, frascos, tornillos, cubetas, bolsas, madera.

3.2.6 SELECCION DEL METODO DE MONTAJE.

Para hacer una selección correcta del método de montaje, no basta, aunque es necesario, revisar detalladamente los planos y especificaciones de la obra a ejecutar, se requiere también, sin lugar a dudas hacer un estudio completo del lugar en donde ha de montarse la estructura. Necesitaremos conocer la rapidez que se requiere para el proceso y el equipo con el que contamos para llevarlo a cabo.

Necesitamos, también, conocer las condiciones del suelo en

donde se ha de desplantar el equipo para efectuar el montaje, el terreno nos dirá que tipo de equipo será el óptimo para utilizar, si las plumas, grúas móviles u otro de los equipos que se mencionarán mas adelante dentro de esta tesis.

El espacio para maniobrar es también decisivo en el momento de decidírnos por un equipo puesto que hay algunos que necesitan espacios mas amplios que otros para su funcionamiento adecuado.

Las características de las estructuras, como son: tipo, altura y tamaño nos inclinarán a tomar diferentes opciones; el clima, condiciones de lluvia y viento también han de ser tomados en cuenta en el momento de la elección de un equipo en vez de otro.

Las leyes o normas locales influirán en la decisión, pues en muchos lugares las horas permitidas de entrega están limitadas, en ese caso se necesitará un equipo que tenga la capacidad para descargar el material o partes de la estructura, como pueden ser, los perfiles estructurales, placas, etc, en un corto periodo de tiempo.

Por último la decisión puede ser modificada en el momento en que tomemos en cuenta las estructuras circundantes o colindantes a la obra, conocer también el tipo de trabajadores del que dispondremos para saber que clase de equipo están capacitados para utilizar.

Es importantísimo que la decisión sea la correcta, y es por eso que debemos tomar lo mencionado anteriormente con toda seriedad, debemos procurar que el método sea el que implique el

menor riesgo para nuestro personal y el equipo.

3.2.7 MONTAJE CON GRUA.

Se selecciona un montaje con grúa cuando estamos seguros que en el lugar deseado el equipo podrá moverse con amplia facilidad, de no ser así tendremos que hallar la manera de adecuar el terreno para lograr ésto.

Tendremos que ver si existen obstáculos de carácter físico que puedan ser movidos del lugar para no interferir en nada con el buen desempeño del equipo.

Dos cosas son esenciales para utilizar la grúa; la primera es que debemos estar seguros que la estructura planeada no sobrepasa en lo que a altura se refiere a los mástiles de nuestra grúa, y la segunda, es saber si el peso de las piezas que se izarán caen dentro de la capacidad de dicho equipo.

Antes de tomar una decisión sobre el equipo a utilizar se debe estudiar la forma general de la estructura, el peso de los miembros, las obstrucciones que interfieren y las condiciones del terreno.

Se puede citar dentro de la clasificación de grúas, equipo como:

a. Grúa sobre orugas.

Esta tiene el inconveniente que es muy pesada a la vez que muy grande, ancha y alta, lo cual presenta la limitante de que no puede ser transportada por sí sola pues las orugas en las cuales

se desplaza, su peso y su tamaño quedan fuera, por lo general, del reglamento de tránsito local por lo que debe de ser desmantelada para su traslado.

b. Grúas montadas sobre camión.

Estas no tiene la limitante de las anteriores, aunque aún es necesario el quitarle el contrapeso para que se pueda transportar por sus propios medios.

La concentración de las cargas en las ruedas del camión es mucho mayor a la que se presenta en las orugas.

c. Grúas sobre vagón.

Util cuando la zona de construcción queda colindante con una vía del tren en donde puede, como su nombre lo dice, ser transportada y utilizada desde un vagón.

d. Grúas torre.

Por lo general es una grúa que nos puede proporcionar su máxima capacidad en claros pequeños y es de poca capacidad en su máximo alcance; Es un equipo que requiere de un extraordinario trabajo para su anclaje y deberá contar con grandes contrapesos o tirantes para compensar el volteo.

Podemos hoy en día encontrar grúas-torre montadas sobre camión.

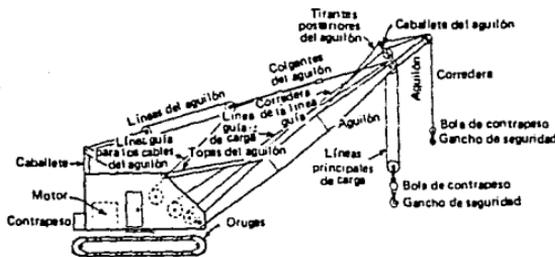
Si se decidió usar una grúa móvil, es importantísimo valorar el riesgo que presenta que los elementos estructurales se licen desde el piso hasta su posición en lo alto de la estructura, pues en general no existe ninguna protección para los trabajadores que se encuentran trabajando por debajo de los elementos suspendidos

en el aire.

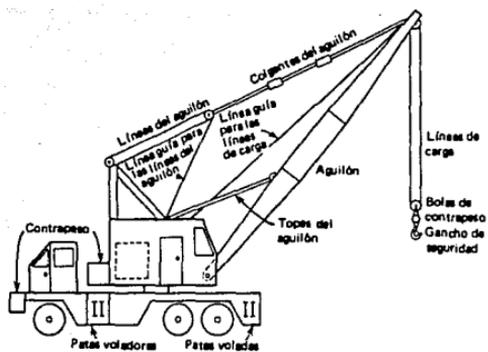
Se debe estudiar el costo que representa cada tipo de grúa, junto con las diferencias del tiempo resultantes de las velocidades de montaje.

A menudo una buena opción que el Ingeniero deberá tomar en cuenta es el utilizar mas de una grúa en la misma estructura, deberá estudiar esta opción con relación al tiempo ahorrado y al evidentemente mayor costo.

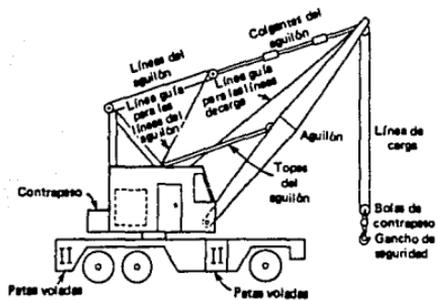
Existe también la posibilidad de que en alguna estructura en específico se presente el caso de que un reducido número de piezas sean muy pesadas y el resto, es decir, la gran mayoría sean ligeras, en este caso sin duda, la opción a elegir son dos grúas de una misma capacidad que realicen el trabajo conjuntamente en cuanto sea necesario izar las piezas extremadamente pesada, y a la vez cuando las piezas sean mas ligeras cada grúa podrá trabajar de una manera independiente acelerando el proceso de montaje.



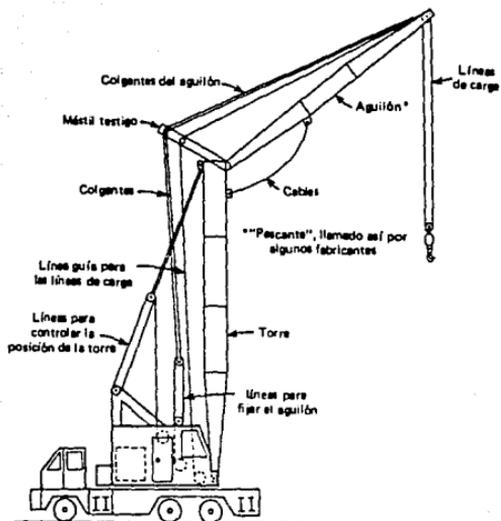
Grúa montada sobre orugas



Grúa montada sobre camión



Grúa montada sobre vagón



Grúa-torre montada sobre camión

3.2.8 MONTAJE CON PLUMA DE TIRANTES

O

GRUA TORRE FIJA O LEVADIZA

Este equipo de montaje es altamente socorrido cuando se utiliza en edificios que tienen varios niveles y por consiguiente son de gran altura, los tirantes dan el nombre a la pluma y éstos, ya que son los encargados de sostener el mástil, deberán estar estratégicamente colocados y fijados.

Se compone principalmente de:

- a) Mástil
- b) Agullón
- c) Líneas de carga
- d) Tirantes

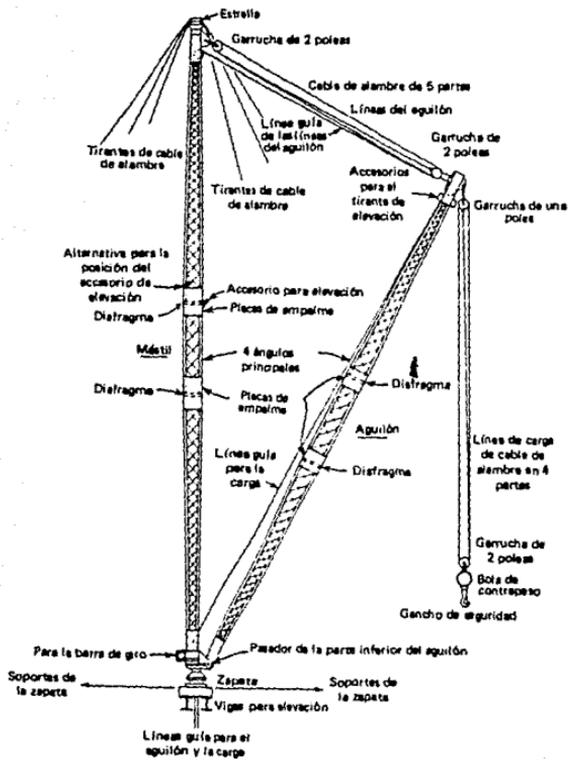
En edificios altos lo más frecuente es colocar a base de grúas montadas sobre camión el primer nivel de la estructura y sobre ésta se fija la pluma de tirantes con la cual se montará el resto de la estructura.

Una de las grandes ventajas que proporciona la pluma es que gracias a su mástil giratorio, puede realizar el montaje de toda la estructura si ésta es analizada y puesta en algún lugar estratégico.

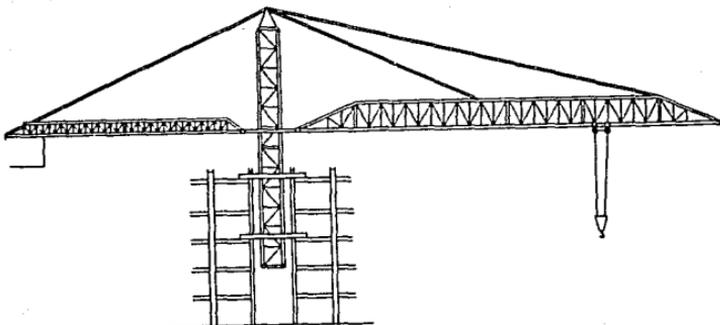
Hay que tener cuidado, en el caso de una pluma, grúa fija o grúa-torre levadiza de que no sea colocada en el cubo de las escaleras o elevador dado que estos últimos son los que deben ser colocados con la brevedad posible para que los trabajadores no realicen grandes esfuerzos en subir el material.

La grúa deberá ser colocada en un lugar en donde nunca llegue a interferir con alguna parte de la estructura o edificio porque de ser así, esta parte no podrá ser montada hasta que la pluma sea relocalizada y lo que trae consigo muchas pérdidas en cuanto a tiempo y dinero.

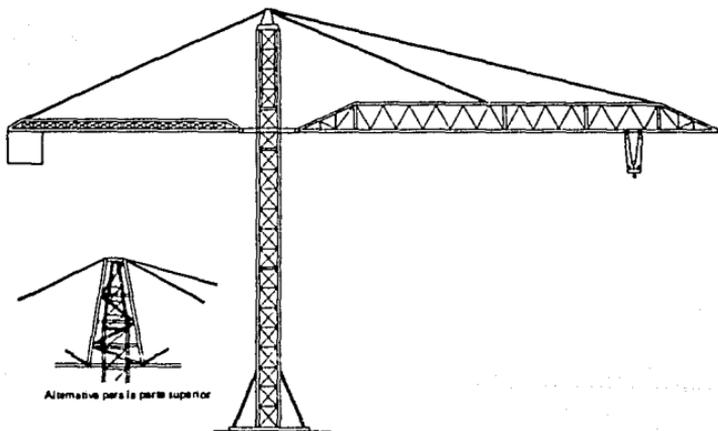
Algo fundamental en este equipo es el diseño de la estructura, ya sea zapata o lo que se utilice para asegurar el no volcamiento de la pluma, el tamaño y resistencia deberá ser tal



Pluma de tirantes



Grúa-torre levadiza



Grúa-torre fija o estática

que sea capaz de resistir las reacciones horizontal y vertical de los tirantes de la pluma una vez que se encuentre en servicio.

Por último cuando usamos una grúa-torre fija o pluma de tirantes debemos revisar la estructura de soporte y en caso de que existiera alguna falla, se deberá reforzar con elementos temporales con el fin de eliminarla.

3.2.9 MONTAJE CON PLUMA VIAJERA

Y

PLUMAS DE PATAS RIGIDAS

Esta compuesta principalmente por seis miembro rígidos:

- 1) Mástil de carga
- 2) Mástil vertical
- 3) Líneas de carga
- 4) Líneas secundarias
- 5) Agullón
- 6) Patas posteriores

Estas últimas son las que dan el nombre al equipo.

En un principio estas plumas eran las indicadas cuando el edificio a montar constaba de varios pisos, pero tal uso fue insatisfactorio debido a las grandes dificultades que se tenía para cambiarlas de nivel y por su peso, se decidió dejar ese trabajo a otro equipo que resultara más eficiente en éllo y se optó porque fueran las plumas de tirantes como se mencionó anteriormente con oportunidad las que realizaran este trabajo.

En cambio estas plumas son muy utilizadas cuando se va a montar una excavación profunda, la manera en la cual se procede es la siguiente, se ensambla la pluma viajera al nivel de la calle, evidentemente fuera de la excavación y con los contrapesos adecuados, de tal manera que logremos ir montando la nave por delante de la excavación hasta el nivel del terreno natural para así ensamblar la pluma viajera sobre la estructura, ésta se fija y se puede montar la siguiente nave moviéndose hacia adelante, el proceso se vuelve repetitivo hasta que llegemos a la calle, al llegar a este extremo, la pluma empieza a montar el siguiente nivel viajando desde este punto hasta la parte posterior del edificio y así sucesivamente.

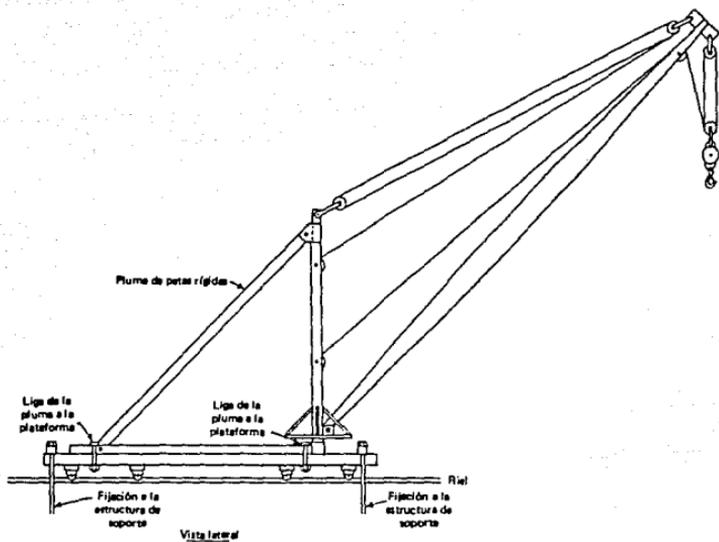
Existe cierto tipo de estructuras como pueden ser los hangares, estaciones de tren o estructuras similares que se montan con mucha facilidad utilizando este tipo de plumas.

La pluma de patas rígidas, es lo adecuado cuando uno piensa en montarla sobre una plataforma viajera, y aún mas, su uso será más adecuado cuando esta se pueda instalar en una posición desde la cual montar toda la estructura.

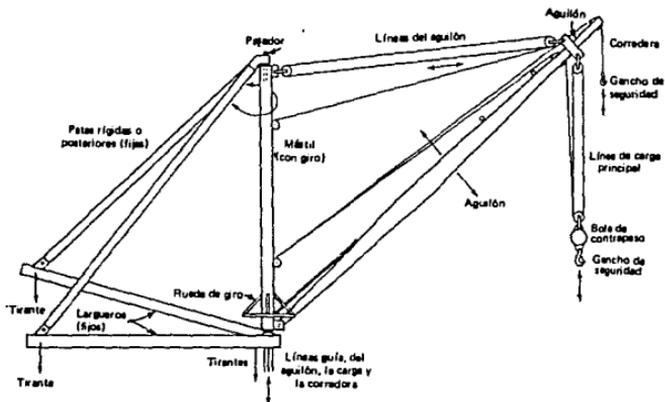
3.2.10 MONTAJE CON GRUA LOCOMOTORA

La grúa locomotora es útil en el momento que existe o puede instalarse una vía desde el punto de entrega del material hasta el lugar de la obra.

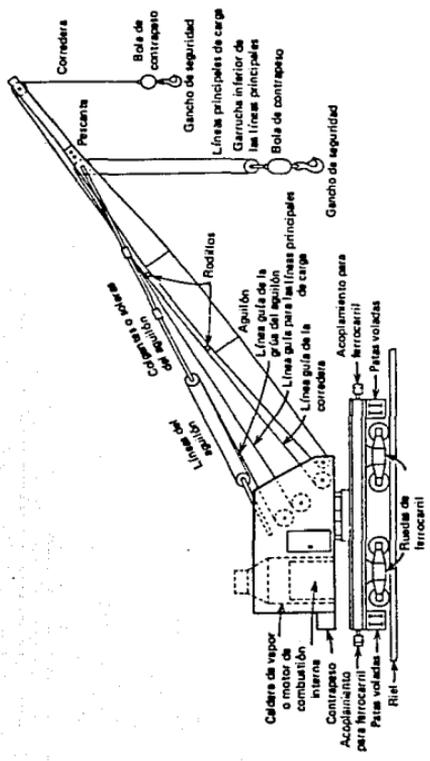
Los elementos pesados de una estructura pueden ser montados



Pluma de patas rígidas viajera



Pluma de patas rígidas



Grúa locomotora

en una forma muy eficiente con una grúa locomotora, aún así con ésta se montarán solo las piezas de gran peso y los pisos inferiores puesto que una vez instalado será conveniente utilizar estratégicamente una o varias plumas, dependiendo de el caso, para seguir adelante con el montaje.

Para que una grúa locomotora trabaje de una manera eficiente la estructura debe haberse cargado de manera que en el lugar de la obra se requiera un mínimo de selección y distribución, así podremos izar las piezas desde los vagones hacia su posición en la estructura.

3.2.11 ELEMENTOS DE UNION

Los cuatro tipos fundamentales son:

1) Soldadura; Las uniones no se pueden separar sin ser destruidas.

2) Remaches; No es posible quitarlos sin destruir.

3) Tornillos; Si pueden desarmarse sin alterar.

4) Pernos; Se pueden remover fácilmente.

Los puntos a tomar en cuenta en la elección de una de las opciones anteriores son:

- Limitaciones de espacio
- Disponibilidad de personal capacitado para la fabricación y montaje.
- Resistencia requerida de la unión en condiciones de servicio.
- Costo total de cada método.

3.2.11.1 SODADURA

La soldadura es el proceso de unir piezas de metal por calentamiento hasta un estado plástico a fluido, ya sea con o sin presión.

La mayoría de los procesos de soldadura requieren que el material que se quiere soldar sea calentado o por lo menos reciba energía. Este tipo de energía varía dependiendo de su origen, y puede ser:

- Eléctrica
- Química
- Óptica
- Mecánica

De todos los mencionados anteriormente sin duda para soldar acero estructural, lo más utilizado es la energía eléctrica y por medio del arco eléctrico.

Este arco es producido por la descarga de una corriente eléctrica relativamente grande entre un electrodo y las partes que se van a soldar.

El calor desarrollado por el arco funde simultáneamente el metal base y el electrodo, y el campo electromagnético conduce el metal fundido de la varilla de soldadura (electrodo) hacia el metal base, mientras que el operador mueve el electrodo, manual o automáticamente a la carga de la soldadura con una velocidad

adecuada y depositando la cantidad necesaria de material de aportación; en este proceso la junta se realiza sin necesidad de aplicar presión.

Hoy en día, existe una enorme cantidad de métodos para lograr la unión entre dos metales, pero aún así, para acero estructural se usa la soldadura de arco casi exclusivamente, por lo que trataremos de ampliar este método un poco más.

METODOS DE SOLDADO

Soldadura de arco eléctrico:

Es el tipo de soldadura que más frecuentemente es usado para soldar estructuras de acero manualmente.

Lo que sucede en este proceso de soldadura, es que el electrodo revestido es consumido y transferido a la conexión por atracción molecular y tensión superficial.

La varilla de soldadura constituye el metal de aportación, mientras que el revestimiento se convierte parte en gas protector, parte en escoria y parte es absorbido por el metal fundido. La función del gas protector es prevenir que el metal fundido se oxide en la atmósfera y que a su vez éste no absorba nitrógeno de la misma (lo que volvería frágil la soldadura), además de estabilizar el arco.

Algo que debe ser tomado en cuenta, es que cada electrodo tiene una composición química y se debe escoger el adecuado dependiendo de las características particulares de los metales a

soldar, la posición en la que serán soldados, y el tamaño del material de soldadura que se va a agregar para estar seguro que la soldadura se llevará a cabo en una forma óptima.

Habría que tomar en cuenta (en caso de soldar grande piezas y sea posible) la posibilidad de hacer una soldadura automática. En el caso de soldaduras pequeñas como atiesadores y otras juntas la soldadura se podrá llevar a cabo "in situ" manualmente sin ninguna dificultad.

Existen, y se mencionan a continuación con el propósito de ampliar el tema otros tipos de soldadura:

- Soldadura de arco sumergido.- En este proceso el arco no es visible porque esta cubriendo una capa granular de material fundente.

Soldadura de arco de metal y gas inerte.- Este proceso tiene la diferencia de que existe un constante abastecimiento de un gas protector cuyas funciones son: proteger el metal fundido de la atmósfera, regular el arco, regular la penetración, el ancho de fusión y regula la velocidad de la soldadura al igual que la de socavado.

Soldadura de arco con fundente en el núcleo del electrodo.- En este caso de soldadura el fundente esta constituido en el núcleo del electrodo, el fundente es el encargado de proporcionar la protección necesaria.

TIPOS DE JUNTAS Y SOLDADURAS

El tipo de juntas que se pueden lograr están esencialmente en función del tamaño de los miembros que se quieran soldar, el tipo de carga a soportar y la cantidad de área disponible para el trabajador.

Existen cinco tipos básicos de juntas:

- 1) A tope.
- 2) Traslape.
- 3) En T.
- 4) De esquina.
- 5) De borde.

Y a su vez existen cuatro tipos de soldadura:

- 1) De preparación.
- 2) De filete.
- 3) De ranura.
- 4) De tapón.

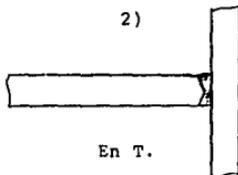
La soldadura de preparación se usa: 1) Siempre que las partes a conectar estén alineadas en un mismo plano, 2) Hay ocasiones en las que se utiliza en una junta en T.

1)



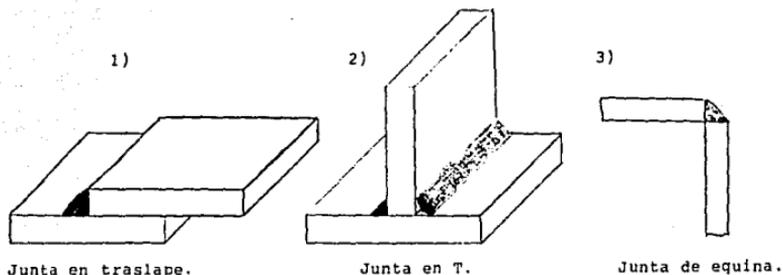
En un mismo plano.

2)



En T.

Las soldaduras de filete se usan: 1) Para Juntas de traslape,
2) En T , 3) En esquina.



1) Las de ranura, 2) De tapón se usan en los siguientes casos:



DEFECTOS EN LA SOLDADURA

1) Penetración incompleta, se presenta cuando el metal base y el de aportación no se funden en la raíz.

2) Falta de fusión, se presenta cuando el metal base y el de aportación no se funden en algún tipo de la junta.

3) Grietas, son aberturas que se presentan en la soldadura a causa de esfuerzos internos.

4) Socavación, sucede cuando se quema o se retira una porción del metal base.

MÉTODOS DE INSPECCION

1) Método visual, consiste en observar la soldadura.

2) Método de partículas magnéticas, se colocan limaduras de hierro las cuales se polarizan al pasar una corriente eléctrica a través de la soldadura. Las configuraciones adoptadas por las limaduras indicaran la presencia de grietas.

3) Método ultrasónico, consiste en enviar ondas de sonido de alta frecuencia a través del material.

4) Método radiográfico, consiste en sacar radiografías de la soldadura para detectar irregularidades.

3.2.11.2 REMACHES, TORNILLOS Y PERNOS

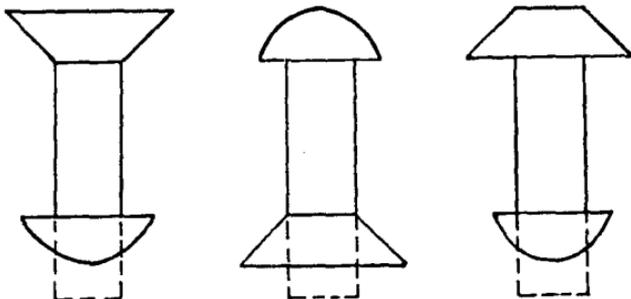
Remaches: son vástagos de forma redonda de acero dúctil, que en uno de sus extremos tiene cabeza.

Los tipos de remaches en México son:

- De cabeza redonda: se utilizan comúnmente en conexiones de acero estructural.

- De cabeza embutida o avellanada, sirven para tener una superficie lisa.

- De cabeza cónica.



Tipos de remaches.

Su funcionamiento es de la siguiente forma:

El remache debe ajustar fuertemente las placas que une para que no se deslicen y al mismo tiempo tiene que resistir el cortante transmitido de una placa a otra.

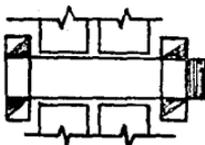
Colocación:

Puede ser en caliente o en frío, los remaches estructurales normalmente son colocados en caliente, ya sea en el taller o en el campo.

Remachado con martillo neumático:

Cuando las piezas están colocadas de forma que los orificios se encuentran bien alineados, se coloca el remache, calentándolo primero a 1200 C aproximadamente (al rojo blanco) en el agujero se le sostiene con una buterola, que es una barra que tiene la misma forma de la cabeza.

El operador utiliza las dos manos para apoyar el martillo neumático con mucha fuerza, y lo acciona formando así la cabeza.



Tornillo de cabeza exagonal

Utilización:

Situaciones en las que se pueden utilizar tornillos en vez de remaches:

- a) En conexiones a tensión
- b) Para uniones temporales
- c) Cuando hay poco espacio
- d) Cuando el espesor de la junta sea mayor de cuatro a cuatro y media veces el diámetro previsto de remaches; esto para evitar el desprendimiento de las cabezas al contraerse como resultado del enfriamiento.

Colocación:

Se utilizan en piezas cuyo orificio son mayores al ancho de los tornillos. Se deja aproximadamente un milímetro de holgura excepto cuando trabajan al corte.

Una vez colocados, se atornillan hasta el tope con llaves de impacto (neumáticas) o manuales de torsión que dejan de apretar con determinado torque (presión).

Función:

La presión con que son apretados los tornillos no permiten

que las piezas se desplazan unas sobre otras.

Los tornillos que trabajan por ajuste pueden llegar a resistir tendencias al giro de 250 Kg/cm^2 de sección, Sin embargo los que trabajan al corte resisten 800 a 900 Kg/cm^2 de sección.

Los tornillo y los remaches se disponen casi siempre en línea.

Pernos:

Son cilindros de acero que se utilizan como conectores de miembros que tienen movimientos angulares; para que esto sea posible no deben apretarse demasiado.

Son comúnmente mayores que los tornillos o los remaches, pues sólo se utiliza uno en cada conexión.

Se diseñan por aplastamiento, corte y flexión.

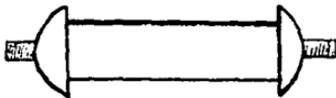
Tipos y usos:

Existen dos tipos:

- 1) Los que conectados permiten grandes giros.
- 2) Los que pueden girar solo pequeños ángulos.

Los pernos generalmente tiene extremos roscados y dos tuercas remetidas, atornilladas en los extremos para mantenerlo en su lugar. Cuando son mayores de 10" de diámetro es preferible usar un perno.

Perno típico



3.3 CLASIFICACION Y UTILIZACION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO

La siguiente clasificación no pretende ser exhaustiva sino únicamente engloba de forma general los tipos más comunes de estructuras.

- A) Puentes.
- B) Edificios.
- C) Otras estructuras.

A) PUENTES

Por su utilización, los puentes pueden ser:

- A.1) Para ferrocarriles
- A.2) Carreteros
- A.3) Peatonales

B) EDIFICIOS

- B.1) Estructuras formadas por vigas principales, vigas secundarias, losas y columnas.

Este sistema fue muy utilizado en los años treinta, pero ahora solo se utiliza para cargas muy grandes.

El orden constructivo es: Colar las columnas, quitar las cimbras, cimbrar las vigas hasta el nivel de la cara inferior de la losa y ahí cimbrar la losa para luego colar por partes o en una sola operación.

**B.2) Estructuras formadas por columnas y vigas con refuerzo
en una dirección.**

Este sistema es menos costoso, así que se utiliza hoy en día con mayor frecuencia que ningún otro.

Como no cuenta con vigas secundarias la resistencia perpendicular a las vigas principales se da mediante los cubos de escaleras y/o elevadores, adquiriéndose suficiente rigidez en ese sentido. Al mismo tiempo, la losa tiene que ser más ancha, y para disminuir su peso se utilizan elementos huecos como bovedillas, bloques huecos o bloques de poliestireno expandido, etc, soportados por una cimbra y las vigas o viguetas durante el colado.

**B.3) Estructuras formadas por columnas y vigas con refuerzo
en dos direcciones.**

Esta estructura soportada en ambas direcciones permite que la losa sea más delgada, sin embargo su esbeltez está limitada por la cantidad de acero que se congestiona en los apoyos. Este sistema tiene un gran porvenir, pues proporciona buena resistencia en ambos sentidos y permite flexibilidad en el diseño de grandes claros.

B.4) Estructuras formadas por losas planas y escalonadas.

Este tipo de estructura permiten el cálculo de la losa con un

método empírico cumpliendo ciertos requisitos. El espesor de la losa es constante, aunque además suelen utilizarse capiteles de mayor sección en las columnas y tiene por objeto reducir el claro efectivo de la losa.

B.5) Estructuras que tienden a eliminar las vigas.

Este tipo de estructuras pretenden hacer losas en forma de tiras anchas tratando de eliminar así el peralte de las vigas, y datan de los años cuarenta.

En algunos caso estas estructuras permiten reducir el cimbrado y facilitar los colados, además de que reducen la altura total del edificio ya que disminuyen el canto de las vigas.

Sin embargo se deben evaluar las opciones tomando en cuenta los acabados, la cantidad de acero y la cantidad de concreto.

Mediante las estructuras formadas con losas reticulares (con casetones) pueden librarse claros mayores sin incrementar el peso aumentando ligeramente el armado, y sin incrementar demasiado el peralte de la losa.

B.6) Estructuras prefabricadas.

Sus piezas pueden ser prefabricadas en la obra o en un taller especializado.

Los factores a considerar para elegir o no este tipo de estructuras son:

- 1.- Facilidad de colar en obra.
- 2.- Número de elementos iguales.

3.- Facilidad o dificultad de transporte de elementos prefabricados.

4.- Medios disponibles para la colocación.

5.- Velocidad de construcción requerida.

C) OTRAS ESTRUCTURAS.

Chimeneas, estructuras hidráulicas, estructuras de cercado, etc.

3.4 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO

3.4.1 CONTROL DE CALIDAD

La calidad del concreto debe verificarse mediante el control de la calidad de sus ingredientes y la revisión de la uniformidad de la mezcla.

Para ello se utilizan técnicas de muestreo y ensaye para evaluar e interpretar correctamente la calidad.

Es importante recordar que la calidad, y la economía de una estructura siempre van de la mano.

Factores importantes que afectan la calidad en edificaciones de concreto:

1.- Las sustancias ó agentes del lugar de la obra que puedan atacar al concreto.

2.- Los materiales, de acuerdo con su calidad y precio correcto.

3.- Mano de obra calificada, incluyendo manejo de materiales, dosificación, mezcla, transportación, colocación y mantenimiento una vez terminada la obra.

Algunas fallas que se pueden presentar son: segregación, sangrado, las juntas frías, agrietamiento, estrellamiento del concreto endurecido, mal colado o mala protección de las inclemencias del tiempo.

En el proceso de control de calidad se deben establecer las normas de calidad, verificar la concordancia con las normas y tomar las acciones necesarias cuando no se alcancen. Al hacer la mezcla de concreto, se busca que en estado fresco, éste, sea trabajable con un tiempo de fraguado que permita colocarse y compactarse en forma correcta sin segregación ni sangrado.

Cuando el concreto ha endurecido se utilizan los cilindros de concreto para su ensaye a compresión; de los resultados de resistencias obtenidos y mediante la estadística se obtiene la calidad del concreto endurecido.

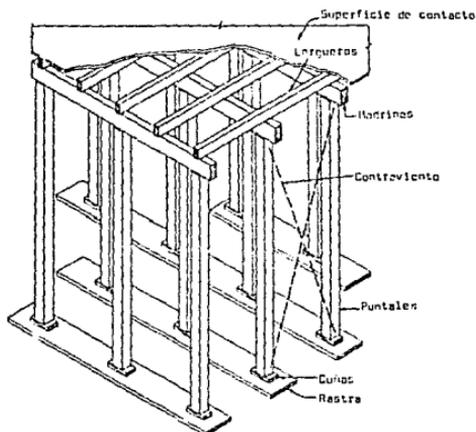
3.4.2 CIMBRAS

Con el objeto de dar dimensiones, niveles e inclinaciones a los elementos estructurales según las especificaciones, se utilizan las cimbras. Impermeabilidad y resistencia son características necesarias en las cimbras, lo mismo que la rigidez, para no deformarse debido a la compresión por el peso de la mezcla.

La cimbra debe diseñarse de modo que se facilite el descimbrado sin maltratar al concreto.

Las cimbras están integradas por:

- Cimbra de contacto; esta parte está en contacto con el concreto y la forman los paneles, las tarimas, los moldes prefabricados, etc.
- Obra falsa; esta formado por elementos que funcionan como estructura de soporte de la cimbra de contacto y son: las vigas mdrinas, pies derechos, contravientos, etc.



Componentes típicos para cimbra de losa

Dentro de las cimbras existen varios tipos:

3.4.2.1 CIMBRAS DE MADERA

Este es el tipo mas comúnmente utilizado, debido a su bajo costo y a la gran versatilidad de las formas realizables en obra con solo algunas herramientas. Sin embargo no se pueden utilizar tantas veces como las metálicas.

3.4.2.2 CIMBRAS METALICAS.

Generalmente se usan para colado de varios elementos iguales y tienen la ventaja de que se obtiene muy buena textura, y se puede utilizar varias veces aunque no cuenta con todas las ventajas de las cimbras de madera.

3.4.2.3 CIMBRAS DESLIZANTES

Se utilizan desplazándolas a medida que se cuele el elemento, de tal forma que se utilizan muchas veces, se utilizan en el colado de pillos, losas muy uniformes y se logran grandes ahorros por concepto de cimbras.

3.4.2.4 OTROS TIPOS

Para casos como pretensado o postensado del refuerzo de un concreto, para elementos prefabricados y colados bajo el agua, se utilizan otros tipos de cimbra y materiales diversos como: fibra de vidrio, algunos plásticos, etc.

Las cimbras se deben mantener con una capa de aceite, y húmedas antes de colar, evitando así que se pegue el concreto y que la cimbra absorba agua del concreto.

En el caso de terminados de concreto aparente arquitectónico se utilizan convenientemente madera para el soporte y las hormas se realizan con pasta de cemento y yeso.

3.4.3 ACERO DE REFUERZO

Debe encontrarse libre de tierra, pintura, grasa o cualquier otra sustancia que impida se adhiera al concreto.

3.4.4 RECUBRIMIENTO

Para tener las varillas recubiertas se deben apoyar en dispositivos inoxidables (para no manchar).

Para el nivel inferior se utilizan adecuadamente los apoyos

de concreto. La grava y los tabiques como apoyos no deben usarse porque no aseguran el recubrimiento.

3.4.5 TRASLAPES Y SOLDADURAS

Los traslapes deben localizarse de modo que no se corten demasiadas varillas en una misma sección pues podrá convertirse en una zona débil.

Al usar soldadura se debe contar con personal calificado y teniendo en cuenta las especificaciones del diseño.

Una vez colocado, la revisión de la cuantía, dobleces, recubrimientos etc, es el siguiente paso; y deben realizarse antes del amarre para evitar que se pare el avance de la obra.

3.4.6 COLADO

3.4.6.1 REVISION PREVIA A UN COLADO

Se debe revisar la cimbra, para ello se toman en cuenta:

Las medidas, la rigidez, las contra flechas, el aceitado y la limpieza.

Se verifican andamios y escaleras, especialmente la pendiente, que exista protección y que cuenten con la resistencia requerida.

Se examinan armados: cuantía, recubrimientos, amarres, se hace limpieza de varillas, se alinean, y por último se revisan

dobleces y traslapes.

Hay que asegurarse que las instalaciones eléctricas, sanitarias, de calefacción y de limpieza estén correctas.

Llevar a cabo la limpieza y la preparación de las juntas de colado y preveer el lugar de corte del mismo, es importante revisar la cubicación del concreto y confirmar el pedido de éste a la planta.

Al mismo tiempo se debe contar con equipos suficientes para el mezclado y el transporte, al igual que para la colocación del concreto.

3.4.6.2 PREPARATIVOS PARA EFECTUAR EL COLADO

Tiene que haber materiales suficientes para todo el colado y agua para humedecer el equipo y la cimbra, así mismo debemos asegurarnos que el operador conozca el proporcionamiento del concreto.

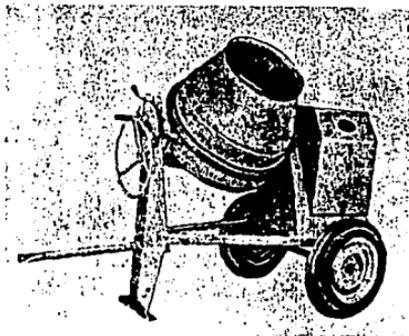
El equipo para dosificar la revolvedora y recibir el concreto de la misma debe estar disponible, de igual modo debemos ser capaces de transportarlo a la cimbra y contar con un procedimiento por si falla el equipo anterior, es importante tener el personal suficiente para que en el menor tiempo se fabrique y coloque el concreto.

Debemos preveer los vibradores necesarios (con refacción) y las refacciones más usuales en la obra (fusibles, carburadores, cadenas, bujías, balatas, etc.), además contar con electricistas,

mecánicos, carpinteros y ferrereros en la obra aunque no tengan nada que hacer.



Vibrador de combustión interna



Revolvedora típica

3.4.6.3 EJECUCION DEL COLADO

Revisar que el laboratorista esté en la obra con moldes y equipo listo y limpiar la basura de último momento, entonces arrancar la revolvedora, el malacate o grúa y los vibradores, así como, dosificar la revolvedora y empezar el colado.

Durante éste se debe revisar periódicamente:

La humedad en la cimbra y casetones para alijerar las losas, los plomos y niveles, la dosificación del concreto en cada elemento, el consumo del mismo y el tiempo de descarga desde la dosificación hasta el colado. Por último el tiempo de vibración, el revenimiento y las temperaturas del ambiente y del concreto.

3.4.6.4 POSTERIOR AL COLADO

- 1.- Limpiar con agua la superficie del concreto y las varillas.
- 2.- Iniciar el curado.
- 3.- Impedir el paso a lugares cercanos a varillas descubiertas para que no muevan las varillas.

3.4.7 TRANSPORTE

Una vez que se tiene elaborado el concreto en las

revolvedoras, se transporta a las cimbras, por medio de carretillas, canalones, camiones, cubos, tubos y transportadores de banda ya sea de presión neumática o de bombas de desplazamiento.

Al seleccionar un método se debe considerar lo adecuado que vaya a resultar dependiendo de la consistencia del concreto por emplear. Durante el manejo debemos evitar segregación por medio de control, previsión y corrección constante pues es preferible que tratar de remediarla luego de haber ocurrido.

Por ejemplo al cambiar el concreto de un elemento a otro para evitar la segregación se utilizan deflectores y láminas que permiten caer siempre vertical al concreto.

3.4.8 BOMBEO DEL CONCRETO

Este sistema se utiliza comúnmente, pues es el más rápido que existe; en la Cd. de México se utiliza desde 1960. Hoy en día se ha hecho más popular pues se han estado buscando equipos más ligeros y transportables en camión de forma que se puedan llevar de una obra a otra el mismo día, eso repercute en un gran ahorro con respecto a otros sistemas.

3.4.9 CONCRETO PREMEZCLADO

En las obras de grandes ciudades se utiliza frecuentemente el concreto premezclado, pues se fabrica en instalaciones

especiales que permiten un manejo y dosificación de materiales muy adecuados; además de que cuentan con un efectivo control de calidad.

Las obras pequeñas pueden utilizar este sistema logrando un control de calidad que sólo las obras grandes tienen por sí solas.

Existe 2 sistemas de concreto premezclado: el que se reproduce en una planta central y luego se transporta, y el que se mezcla directamente en los camiones al momento de transportarlo.

Otras ventajas del concreto premezclado son:

No se necesita un espacio en la obra para almacenar cemento y agregados, tampoco se requiere de control de pérdida de materiales, ni siquiera hay que preocuparse por la calidad y cantidad de estos y además, se puede poner a trabajar más eficientemente a la gente que si se fabricara el concreto en obra, pues para eso se requiere de más personal que en los días que no hay colado es difícil darles otras actividades.

3.4.10 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

Para garantizar la calidad del concreto premezclado existen normas, que regulan su fabricación, transporte y manejo.

En estas normas se tratan puntos, con respecto al concreto como:

El tamaño máximo de agregado, revenimiento en la descarga, contenido de aire y las proporciones del concreto que

cumpla con la calidad requerida.

- Un punto muy importante es la uniformidad en las mezclas traídas con días de diferencia, esta uniformidad se refiere a los materiales y a los resultados obtenidos al depositar este concreto lo mismo que a su resistencia etc.

Para garantizar esta situación se utilizan muestras de verificación de calidad, cuyos resultados se comparan entre si y contra las especificaciones, anotando luego estos valores en las cartas de control para conocer la variación de los resultados al igual que otros elementos estadísticos.

3.4.11 COLOCACION

Durante esta etapa se presenta una mayor variedad de problemas que en cualquier otra etapa, y al mismo tiempo existen muchos métodos para resolverlos; sin embargo la mayoría de las veces la evaluación de la solución queda en manos de la experiencia del contratista en algún sistema específico, sin una evaluación mas objetiva, con la consecuente pérdida de calidad.

El concreto es un material cambiante, en su estado fresco esta transformabilidad es mayor y eso repercute en las cualidades que llegue a tener en estado endurecido y puede deberse únicamente a un inadecuado manejo durante su estado fresco. Es tan importante la disminución que puede presentarse en propiedades como resistencia durabilidad, impermeabilidad,

belleza arquitectónica, que podría llegar a ser un concreto inaceptable, únicamente por una inadecuada colocación.

El procedimiento de colocación del concreto debe ser siempre el adecuado aún cuando no sea el más económico pues cualquier reparación representaría un costo tan grande que superaría cualquier ahorro conseguido al elegir un método de colocación.

La velocidad con que se coloque el concreto deberá ser la misma con la que se fabrica para no provocar juntas frías o concreto endurecido que se desperdicie; las entregas no deben permanecer mas de 30 min sin colocarse, para ésto la descarga del transporte deberá acercarse lo más posible al lugar de colocación, de esa forma se evita la segregación y se reducen los costos. Entonces como regla, se debe depositar el concreto prácticamente en su posición final en lugar de depositarlo de nuevo, sobre todo cuando esta muy fluido.

El concreto siempre se debe depositar con capas horizontales cerca de su localización final para evitar que al fluir dentro del molde se segregue, se consolide o se formen planos inclinados débiles; cada capa se termina de acomodar antes de iniciar la siguiente.

Para el caso de colados monolíticos (columnas o vigas y losas) conviene colocar el concreto hasta la parte superior de la columna, muro o viga y esperar entre 2 y 3 horas antes de colocar las losas para dar tiempo a que se presente el asentamiento por contracción, evitando así una grieta en la

unión de los elementos.

3.4.12 CONDICIONES DE LLUVIA

Durante los días lluviosos se deben prever las acciones a seguir para no ser tomados por sorpresa, sin embargo en caso de lluvias rápidas es conveniente proteger los elementos colados y el concreto por colar, para continuar luego de la lluvia, pues es más fácil diseñar una junta adecuada que demoler una parte por baja resistencia.

3.4.13 RECUBRIMIENTO

Los factores que afectan el recubrimiento de un concreto son:

a) Agitado: retrasa el fraguado y permite que no se pierda el revenimiento.

b) Temperatura: la reacción del agua con el cemento genera calor al igual que la agitación por la fricción entre sus partículas, esto trae como consecuencia disminución del revenimiento.

c) Evaporación: este fenómeno disminuye el revenimiento.

d) Tiempo: el revenimiento disminuye con respecto al tiempo.

3.4.14 TIPOS DE JUNTAS

3.4.14.1 JUNTAS CONSTRUCTIVAS

Como consecuencia al hecho de que no se puede colocar todo el concreto de una estructura en una sola etapa, se presentan las juntas entre cada etapa constructiva. Estas juntas deberán estar bien registradas en los planos, evitando así zonas débiles o una junta evidente en concreto aparente.

Además deben ser perpendiculares a la dirección del acero en zonas de mínimo esfuerzo cortante; por ejemplo, en las losas y las trabes se colocará la junta al centro del claro.

El acero de refuerzo debe ser continuo en el lugar de la junta, de lo contrario deberán dejarse tramos de varillas que den continuidad al esfuerzo. Es recomendable acercar los estribos a uno y otro lado de una junta.

Al colar la siguiente capa se debe limpiar bien la superficie, dejar secar y utilizar un concreto con menos grava de tal modo que se adhiera sin dejar huecos.

3.4.14.2 JUNTAS DE CONTRACCION Y DE EXPANSION

Las juntas de contracción deben realizarse en el lugar en el que aparezcan. En el caso de las juntas de expansión, éstas son

realizadas para permitir el movimiento libre del concreto que debido a la temperatura cambia de volumen.

3.4.15 PREVENCIÓN DE EVAPORACION

Es muy importante especialmente durante el verano, la prevención de la evaporación rápida del agua del concreto; esto se debe a que un secado muy rápido puede acarrear problemas de disminución de resistencias, y grietas debido a la contracción rápida.

3.4.16 VIBRADO Y COMPACTACION

Con los actuales vibradores se ha podido disminuir considerablemente la mano de obra utilizada anteriormente, ahora se logran concretos de mucho mejor calidad y al mismo tiempo mas económicos. El vibrado permite obtener mayor resistencia del concreto, incrementando en las adherencias con el acero de refuerzo y con el concreto colado anteriormente (juntas), mayor durabilidad y variaciones de volumen (ya sea contracción o expansión) mucho menores; es pues, quizá la más importante innovación en la tecnología del concreto.

La compactación debe realizarse para asegurar que los elementos del concreto se distribuyan adecuadamente en la cimbra, de modo que no queden huecos ni quede descubierto el refuerzo • las instalaciones.

Para ello se utilizan herramientas mecánicas y manuales, pero principalmente vibradores. Sin embargo un vibrado excesivo ocasionará posibles grietas que se presentarán debido a la formación de una gran capa de pasta de cemento que quedará en contacto con la cimbra.

Además de éllo, un mal vibrado puede provocar daños en la superficie de la cimbra, que repercutirán en malos terminados de los elementos; de igual modo el mortero que se vuelve más fluido durante el vibrado puede salir por las otras hendiduras o huecos de la cimbra.

Otra complicación que pudiera presentarse es la segregación, pues provocaría que las partículas mas grandes se caigan al fondo y las mas pequeñas queden suspendidas en la superficie.

Sin embargo la mayoría de las veces será más eficiente utilizar varios vibradores que hacer la mezcla más húmeda, es decir menos revenimiento.

3.4.17 CURADO

Son las acciones realizadas con el objeto de preveer al concreto de un medio que evite la evaporación del agua de mezclado necesaria para la completa hidratación del cemento. El curado consiste entonces en darle un ambiente húmedo y temperatura favorable al concreto.

Al perder agua el elemento de concreto colado se encoje

provocando esfuerzos de tensión que al presentarse antes de haber adquirido resistencia adecuada dan como resultado grietas en las zonas secas.

Existen básicamente dos tipos de curado:

a) en el que se añade humedad adicional al concreto.

b) en los que se evita la pérdida de humedad sellando la superficie.

a) Para este primer caso se utilizarán los siguientes procedimientos:

1) se cubre la superficie del colado con arena o tierra a las 6 hrs. de la colocación, de esta forma se mantiene húmedo.

2) regar constantemente la superficie, pero tiene el inconveniente de que requiere mucha supervisión.

3) formar diques de tierra o arena e inhumar la superficie.

b) en estos casos se utilizan costales, arena, etc. sin embargo éstos podrán absorber el agua del concreto si no estuvieran lo suficientemente húmedos en lugar de evitarle la pérdida. Otro método, como cubrir con papel impermeable o recubrimientos plásticos que no requieren agregar agua, previenen un daño en la superficie y protegen de los rayos solares.

Las membranas químicas que son utilizadas para retardar o prevenir la evaporación, tienen que ser colocadas inmediatamente después de terminar el concreto para que no pierda humedad pues debe estar húmedo al colocar la membrana; sin embargo tampoco debe haber agua libre.

Los compuestos de curado son básicamente:

- Transparentes
- Pigmentados blancos
- Pigmentados en gris y negro

En lo que respecta a las temperaturas de curado, las mejores condiciones se encuentran entre los 15 C y 36 C; sin embargo para colados de grandes masas de concreto la temperatura deberá ser mas baja para contrarrestar el calor de hidratación.

Para casos especiales como la producción de prefabricados, bloques, tuberías o elementos preesforzados es importante acelerar la hidratación del concreto de forma que los elementos puedan ser utilizados en pocas horas para no tener que almacenarlos, en esos casos se utilizan los curados de vapor.

El curado de los especímenes de control en laboratorio se realiza con una humedad relativa del 100% y una temperatura de 23 C \pm 2 C.

3.4.18 DESCIMBRADO

En cuanto el concreto adquiere la resistencia adecuada se hace el descimbrado del elemento, de esa forma se pueden realizar resanes que fragüen junto con la masa total. Los elementos que sufren deformaciones muy pequeñas tales como muros, columnas, las paredes laterales de las vigas y partes superiores de superficies inclinadas, pueden descimbrarse en

mucho menor tiempo; entre 3 y 7 horas por ejemplo.

Para los demás elementos debe revisarse si el elemento puede soportar las cargas a las que está sometido; utilizando como auxiliares cilindros de prueba para evaluar la resistencia.

Una vez descimbrado el elemento conviene, que al cargarlo, sea de forma gradual y no rápidamente.

El descimbrado a los 14 días de elementos como losas y vigas se ha generalizado, sin embargo es muy importante considerar el clima, el curado realizado, tipo de cemento, relación agua/cemento, etc.

4. CONSTRUCCION COMPUESTA

Como ya se dijo en su oportunidad, la construcción compuesta consiste en combinar dos materiales en una sola unidad estructural aprovechando al máximo las características de cada uno de ellos por separado.

Por lo mencionado anteriormente podemos afirmar sin temor a equivocarnos, que la construcción compuesta se puede lograr combinando los siguientes materiales:

- 1) Construcción acero-concreto.
- 2) Construcción madera-acero.
- 3) Construcción madera-concreto.
- 4) Otros

No es propósito de este trabajo el explicar cada uno de los puntos anteriores sino nada más profundizar en el primero de ellos.

4.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Los procedimientos generales de montaje de perfiles de acero, así como la construcción de miembros de concreto y concreto reforzado se explicaron en el capítulo anterior de modo que ahora solo los mencionaremos para entender el proceso completo, y únicamente enfatizaremos en este capítulo los detalles específicos

de las estructuras compuestas.

4.1.1 TIPOS DE COLUMNAS COMPUESTAS.

Con todo rigor todas las columnas de concreto reforzado son miembros compuestos debido a que utilizan acero y concreto para soportar cargas, pero en este trabajo no se les considerará debido a su bajo porcentaje de acero. En este tipo de elementos estructurales la única combinación utilizada entre dos materiales es la de acero y concreto.

Debemos diferenciar varios tipos de columnas; existen por ejemplo, aquellas que no necesitan cimbra, en este caso el concreto se deberá encontrar confinado dentro del acero ya sea formando un cilindro, una especie de dona o un cuadrado. El procedimiento para construir esta columna es colocar el concreto dentro del perfil elegido, donde previamente sea colocado refuerzo longitudinal y transversal, tomando en cuenta que el concreto no deberá sufrir segregación; esto se logra al no dejarlo caer desde muy alto utilizando para ello canales o mangueras; se deposita el concreto hasta 30cm del borde superior de la columna, se vibra esta parte, se espera una hora de asentamiento y se cuela lo faltante evitando las juntas frías, por último se vibra esta sección. Este tipo de columnas se ilustran en la figura #1.

Las columnas tubulares rellenas de concreto es una forma sencilla y excelente de lograr una columna compuesta, este tipo de elemento estructural se asemeja muchísimo a las de concreto

zunchadas, sabiendo que éstas son mucho más resistente y dútiles que las columnas que utilizan estribos, puesto que éstas últimas en el momento en que reciben grandes cargas, cercanas a las de la falla sufren el desprendimiento de las capas exteriores del concreto.

Existen también aquellas columnas en las que el perfil se encuentra embebido en el concreto, en este caso deberemos utilizar una cimbra para poder darle la forma, en el diseño es necesario contemplar la posibilidad de añadir acero de refuerzo además del perfil mencionado. Ver figura #2.

Figura #1

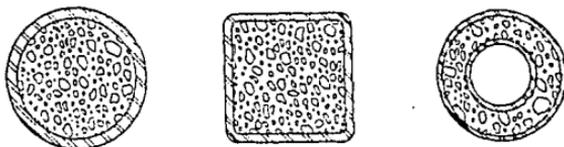
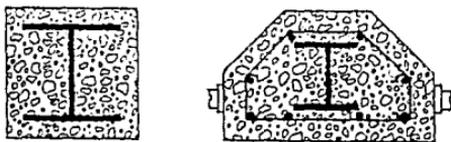


Figura #2



Por último podemos encontrar una combinación de los dos tipos de columnas anteriores; en este caso encontraremos el perfil y aún así el concreto podrá encontrarse o no confinado dentro de un perfil que tiene dos funciones, primero el trabajar estructuralmente y segundo, el servir como cimbra.

Figura #3.



Las columnas de construcción compuesta comparadas con columnas constituidas únicamente por acero, proveen una capacidad de carga muy superior, una mayor resistencia al pandeo local y una mayor rigidez, por último se afirma que es mucho más resistente a las inclemencias del tiempo, en el caso de un perfil embebido.

Por otra parte comparando este tipo de columnas con las de concreto, ofrecen una mayor eficiencia al trabajar bajo esfuerzo cortante al igual que a la flexión.

Se ha demostrado que en caso de sismo una columna compuesta da una gran resistencia y ductilidad aún cuando el concreto ha sufrido grandes daños.

4.1.2 CONSTRUCCION DE COLUMNAS COMPUESTAS.

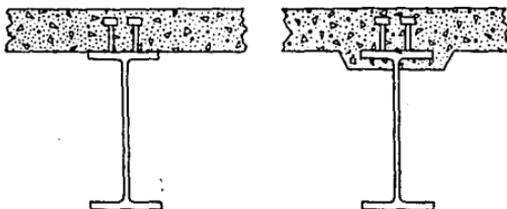
En este caso, la sección de acero puede mantenerse constante a lo largo de cuatro o cinco pisos, variando únicamente el recubrimiento de concreto y puede ser montada en una sola pieza, ahorrándose tiempo considerable en el proceso constructivo.

El peso de una columna de estas dimensiones es de aproximadamente 3 toneladas y mide alrededor de 12 metros por lo que puede ser montada con equipo normal.

Una vez que la columna de acero es colocada, las vigas de acero se unen a éstas por medio de conexiones para montaje, si la sección de acero de la viga esta diseñada para estar embebida se procede de la siguiente manera, se montan las columnas y las vigas, se coloca la cimbra para ellas y para la losa, y el colado se lleva a cabo como si fuera una estructura cualquiera de concreto reforzado.

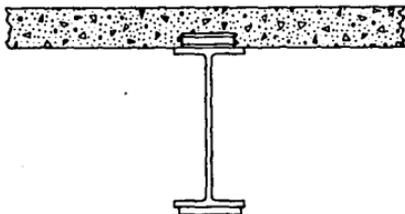
4.1.3 TIPOS DE VIGAS COMPUESTAS

El tipo más comun de estas vigas esta formado por una sección simétrica de un perfil de acero laminado o formado con placas unidas entre sí por medio de soldadura, con patines anchos y arriba la losa de concreto, su construcción es bastante rápida.



También se puede engrosar la losa embebiendo el patín superior de la sección de acero, y así disminuyen las posibilidades de pandeo lateral debido a la compresión sin embargo no se toma en cuenta en los cálculos. Otra forma de evitar este pandeo es utilizando atiesadores.

Debido a que en la región de momento positivo la losa trabaja como un gran patín de la sección, el eje neutro sube de forma considerable y puede quedar en la losa de concreto provocando así, que una parte del concreto trabaje a tensión, es decir, de forma ineficiente; para evitar esto se utilizan los cubreplacas:



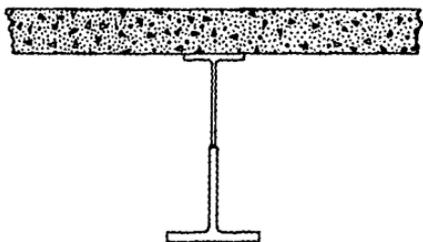
Gracias a experimentos realizados se sabe que las losas simplemente apoyadas en las vigas de acero no tienen suficiente adherencia para resistir el cortante entre las dos, sin embargo si la viga esta embebida en el concreto se puede considerar una viga compuesta (es decir, se transfiere el cortante entre ambas).

Una ventaja en los edificios de construcción compuesta es que se utilizan recubrimientos de concreto como protección del acero contra el fuego, y en el caso en que éstas cumplan con ciertos requisitos pueden ser consideradas como vigas compuestas y diseñadas como tales.

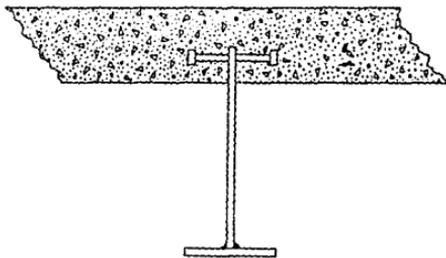
En las vigas embebidas se tiene la ventaja de que no se utilizan conectores puesto que el cortante horizontal se transmite de la viga al concreto por fricción y adherencia.

Otra ventaja en este tipo de vigas es que en el diseño se toma en cuenta únicamente el área de concreto que trabaja en compresión, pero la realidad es que toda el área contribuye a

disminuir el peso del acero, pues el patin superior esta sometido a menor esfuerzo; sin embargo hay que comparar el costo de soldar las "t" con el de una sección sobrada.



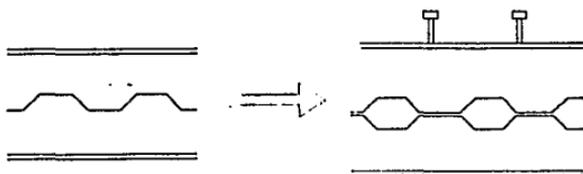
Como consecuencia de lo anterior se utilizan también vigas compuestas formadas por un perfil "t" laminado o formado por 2 placas soldadas cuya alma en la parte superior está embebida en el concreto utilizando conectores de cortante soldados a ambos lados de la lámina logrando un ahorro de acero.



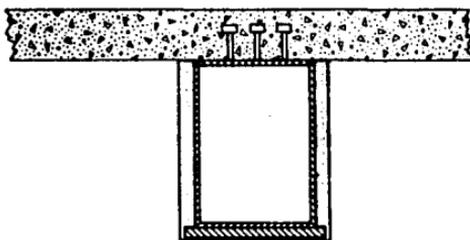
Este sistema tiene el inconveniente de que la cimbra debe realizarse con mucho cuidado y debe ser hermética.

Otro inconveniente es el hecho de que la zona de compresión puede presentar pandeo lateral durante la construcción y puede ser conveniente apuntalarla.

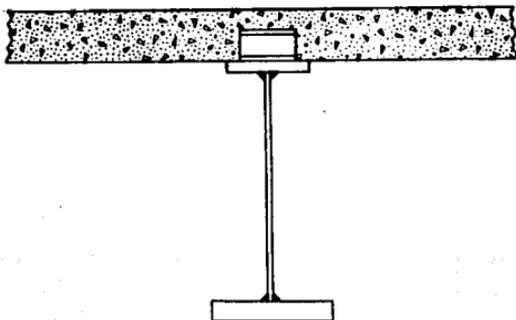
Con objeto de ahorrar acero e incrementar el peralte de una viga, se puede cortar de forma ondulada el alma de una sección y soldar traslapada, este sistema permite el paso de instalaciones.



Las vigas de cajón también permiten el paso de instalaciones en su interior, además se puede hacer el patín de tensión mayor que el de compresión.



Las vigas armadas permiten utilizar patines de distinto espesor, haciendo así más eficiente el sistema compuesto.



4.1.4 CONSTRUCCION DE VIGAS COMPUESTAS

4.1.4.1 CONECTORES DE CORTANTE

Estos elementos de interconexión tienen la función de hacer trabajar juntas losa y viga conectándolas como si fueran un solo elemento.

Los conectores de cortante deben mantener la viga junto con la losa, sin permitirle deslizarse al someterla a la acción de cargas, y deben resistir la fuerza horizontal que se produce entre viga-losa al ser cargados los elementos compuestos.

No deben permitirse desplazamientos relativos entre viga y

losa actuando de forma compuesta, puesto que de ese modo, se reduce importantemente su rigidez y su resistencia.

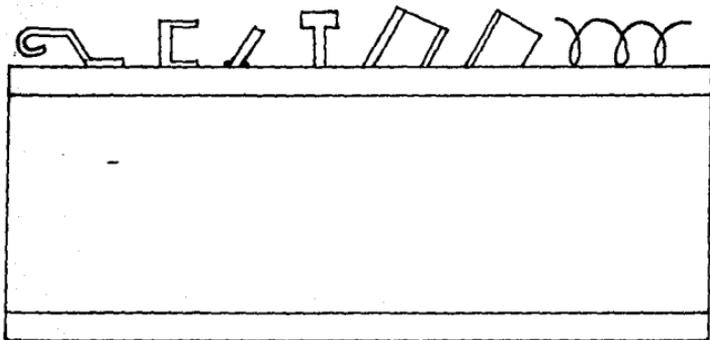
En 1911 W. Basil Scott reunió información suficiente para elaborar unas tablas de resistencia de largueros ahogados en concreto, este fue uno de los primeros trabajos publicados al respecto.

Parece ser que en 1923 se utilizaron los primeros conectores de cortante en las Universidades de Nebraska, Purdue y MIT.

Hoy en día el AISC muestra las cargas permisibles y cargas útiles para conectores de cortante de perno y de canal; sin embargo los más utilizados en México son los segundos.

El extremo inferior de los pernos tienen relleno de fundente y utilizando una pistola especial se crea un arco eléctrico entre la parte inferior del perno y el patín de la viga, fundiéndose una parte de los dos para así quedar unidos. La soldadura debe quedar limpia y uniforme, para eso la zona fundida se confina con un elemento de cerámica, la última operación es empujar el perno con la pistola para que éste quede con el tamaño definitivo.

Existen varios tipos de conectores de cortante que han sido utilizados, aunque los más utilizados son los mencionados anteriormente.



La función de evitar el deslizamiento de la losa de parte de los conectores de cortante no se presenta explícitamente en la mayoría de los reglamentos, sin embargo la experiencia ha demostrado que los pernos y los canales funcionan eficientemente en este aspecto.

4.1.4.2 MONTAJE Y COLADO

Debemos entender como obra falsa, o apuntalamiento, un soporte provisional colocado debajo de las vigas y losas que es capaz de soportar el peso de la losa de concreto fresco, la cimbra y el peso propio del perfil de acero.

Es importante establecer lo anterior debido a que en muchas

bibliografías se hace referencia sobre si la construcción compuesta se lleva a cabo o no con obra falsa, en el segundo caso la construcción se puede realizar mucho más rápido, pero tiene el inconveniente que el diseño tiene que ser previsto desde este punto de vista, así que como podemos ver, ahorramos en algún aspecto pero no es más conveniente en otro, todo esto, es lo que hace interesante un diseño estructural, pues debemos de tomar en cuenta todo tipo de factores para asegurar que nuestra opción sea la óptima.

En el caso en que se decida construir tomando en cuenta poner obra falsa, deberá considerarse que ésta no podrá removerse hasta que el concreto adquiera una resistencia de por lo menos un 75% de la del diseño, lo que sucede aproximadamente a los 14 días después del colado.

Lo anterior implica como se explicó anteriormente que no tendremos mucho espacio en el interior para maniobras debido a los puntales, esto con frecuencia se olvida y trae problemas en el tiempo de desarrollo de la obra.

Podemos concluir entonces, que la construcción apuntalada, significa que tendremos las vigas completamente soportadas hasta que el concreto se endurezca, es decir, que la viga deberá estar descansando en el piso mientras que la losa adquiere la resistencia adecuada.

La primera parte del proceso constructivo es el montaje de las vigas de acero, explicado en el proceso de estructuras metálicas; la siguiente fase consiste en soportar los moldes de

la losa, que a su vez soportan al concreto fresco así como las cargas de construcción y para ello existen dos métodos que son:

a) apuntalar los moldes por debajo

b) soportarlos de las vigas; en este caso las vigas soportan todas las cargas.

Durante la construcción, los esfuerzos varían con cualquiera de las soluciones anteriores (apuntalamiento o no) sin embargo el AISC indica que la resistencia última de las vigas no depende de si han sido apuntaladas o no, sin embargo se deben revisar para cargas de construcción.

El apuntalamiento requiere que la base de los puntales esté bien apoyada; en los edificios se apoyan adecuadamente en la losa inferior, este apuntalamiento permite disminuirle peso a la sección, sin embargo el costo se compensa al sumarle el del apuntalamiento.

Con un sólo puntal al centro se obtienen grandes disminuciones de momentos, pues el momento está en función de l^2 . En caso de no utilizar puntales la revisión de las deflexiones ante cargas de construcción es muy importante, pues puede redundar en aumento de espesor de la losa (al nivelar) y aumento del momento con respecto al considerado originalmente.

Un método utilizado para el colado de puentes mixtos consiste en colocar ininterrumpidamente el concreto de un extremo a otro de la estructura, utilizando un aditivo retardador en cantidades variables de acuerdo al momento de colocación de modo que casi todo el concreto frágile al mismo

tiempo.

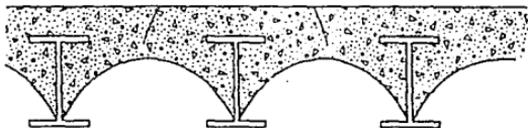
El método Knowles se basa en un colado en fases con el que se logra disminuir el momento flexionante por peso de la losa.

Secuencia del método de Knowles:

- a) Montaje de vigas de acero
- b) Colado de la zona central de la losa
- c) Colado de los extremos cuando el centro se ha endurecido.

Con este método se puede reducir el momento debido al peso de la losa en un 50%, si se cuele en la primera fase el 25% de la losa central; no será eficaz cuando la carga viva es muy importante o cuando el concreto es difícil de colocar.

Un viejo método que se ha vuelto a utilizar consiste en usar arcos de lámina delgada para sistemas de piso de edificios, en el cual se emplean vigas muy cercanas y moldes de lámina, con la ventaja de que no utiliza conectores de cortante, sin embargo de acuerdo con el AISC no son vigas embebidas pero se obtiene un incremento del momento de inercia al doble, y el módulo de sección más o menos 35%, lo que lo hace muy efectivo.



4.2 CALCULO DE ESTRUCTURAS COMPUESTAS

4.2.1 CARGAS CONSIDERADAS DURANTE LA CONSTRUCCION

COMPUESTA.

Aunque resulta difícil de creer, es indiscutible que las fallas de estructuras se presentan con mucho mayor frecuencia durante la construcción que cuando ya se encuentran en servicio.

Resulta difícil y siendo rigoristas imposible, el tratar de generalizar el tipo de cargas que actuarán sobre la estructura durante la construcción, debido a que éstas son, evidentemente, diferentes en cada caso particular, esto es debido a que una vez que se ha montado el acero y colocada la cimbra, los materiales restantes para la construcción como las varillas de refuerzo pueden ser colocadas en cualquier parte dependiendo del gusto en particular de la gente encargada de la obra, más aún la habilidad del operador de una grúa es importantísima, pues un operador puede tener más tacto que otro en el momento de descargar el material provocando fuerzas de impacto muy diferentes en un caso que en el otro .

En el caso en que los trabajadores por una razón o por otra se concentren en algún lugar específico de la obra, ejercerán cierta carga que seguramente no fue contemplada en el momento de considerar que tipo de cargas podrían ser producidas sobre la

estructura.

Debido a que estamos diciendo que resulta económico el construir utilizando la construcción compuesta, dado el empleo de vigas ligeras y pequeñas, deberemos tratar siempre que lo podamos lograr colocar los materiales restantes en las zonas en donde estos afecten en menor grado a nuestra estructura en el sentido de deflexiones y vibraciones.

Con todo lo anterior llegaremos a la conclusión, de que en el diseño compuesto se logran vigas más pequeñas, ligeras y por consiguiente más económicas, pero nunca debe de olvidarse que no tenemos trabajando una viga compuesta sino hasta que el concreto de la losa ha sido colado y se encuentra endurecido.

4.2.2 COLUMNAS

4.2.2.1 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE COLUMNAS

COMPUESTAS

Evidentemente los principios de comportamiento de una columna compuesta se fundamentan en las características del acero y del concreto como materiales:

- 1) El acero es de 8 a 10 veces más rígido que el concreto hasta el punto en donde el acero llega a su fluencia.
- 2) El acero tiende a pandearse localmente después de ceder a compresión en caso de que este no se encuentre embebido.
- 3) El concreto no puede tomar mucha tensión sin llegar a sufrir agrietamientos.

4) El concreto necesita de un confinamiento lateral para poder soportar grandes cargas.

5) El concreto esforzado a menos de 0.1% tiene una relación de Poisson de un tercio hasta un medio del acero esforzado a la misma intensidad. El concreto esforzado a más de 0.16% tiene una relación de Poisson mayor que el acero.

Hasta hace pocos años era común diseñar columnas como miembros sujetos a cargas axiales, sin embargo, los miembros comprimidos siempre están sujetos a la acción de momentos flexionantes independientemente del tipo de construcción o de carga.

En el caso de construcción compuesta para que se presenten esfuerzos concentrados sólo puede suceder de una forma instantánea pues la heterogeneidad del concreto invariablemente hace que unas partículas tomen más carga que otras.

Existen evidentemente columnas con cargas excéntricas, en estos casos siempre existirán algunas fibras ubicadas en los extremos en donde el concreto y el acero pueden sufrir un separamiento debido a sus diferencias en la relación de Poisson, este problema se evita colocando conectores de corte.

4.2.2.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE COLUMNAS COMPUESTAS.

Una columna compuesta, bajo la acción de una carga concentrada que le produzca compresión se acorta, bajo este principio resulta obvio asumir que todas las partículas se acortan

lo mismo por unidad de longitud.

Como consecuencia de las primeras investigaciones en esta materia en donde sencillamente para evaluar la capacidad antes del aplastamiento de una columna se determina sumando por separado las capacidades del acero y del concreto, se llegó a la conclusión de que en columnas compuestas podrá ser determinada sumando el área del acero por su resistencia más el área del concreto multiplicado por f_c y por un factor β , en donde β es un factor de reducción de resistencia. β vale 0.85.

Por lo que:

$$P_o = A_s f_y + 0.85 f_c A_c$$

Por otro lado la carga máxima para evitar el pandeo se calcula:

$$P_{Cr} = \frac{\pi^2 EI_{tan}}{(Kl)^2}$$

Donde:

Kl representa la longitud efectiva de un miembro en compresión.

EI_{tan} representa un módulo de tangencia efectiva de un miembro en compresión.

$$EI_{tan} = E_s I_s + 0.5 E_c I_c$$

En donde:

$$E_c = W_c^{1.5} 900 \sqrt{f'c} \text{ en Kg/m}^2 \text{ y MPa}$$

W_c ; densidad del concreto

Se toma solamente 1/2 del momento de inercia del concreto dado que se asume que algo menos que la totalidad de la sección transversal de concreto se mantiene intacto (sin agrietamiento) a flexión pura.

De lo anterior podemos llegar a que la carga puede ser valuada simplemente sumando los productos de áreas por sus esfuerzos:

$$P_{cr} = f_s A_s + f_c A_c$$

Después de determinar EI_{tan} y P_{cr} la longitud efectiva puede ser determinada:

$$Kl = \pi \sqrt{\frac{EI_{tan}}{P_{cr}}} \quad \dots\dots(1)$$

Por otro lado debemos evaluar la longitud efectiva $(Kl)_c$ a partir de la cual en columnas largas podemos evaluar de la ecuación (1) como:

$$(Kl)_c = \pi \sqrt{\frac{EI}{0.5P_o}}$$

De todo lo anterior podemos concluir:

$$P_{cr} = P_o \left[1 - (1/2) (Kl/Kl)_c^2 \right] \quad \text{si } Kl < (Kl)_c \quad \dots\dots (A)$$

$$P_{cr} = \pi^2 \frac{EI}{(Kl)^2} \quad \text{si } Kl > (Kl)_c \quad \dots\dots (B)$$

4.2.2.3 CAPACIDAD DE CARGA EXCENTRICA EN UNA COLUMNA COMPUESTA:

CARGA AXIAL MAS FLEXION.

La capacidad de una sección compuesta bajo la acción de una carga P_u fue descrita anteriormente.

En la ausencia de un momento como ya se dijo, la capacidad máxima es por supuesto, P_o . En la ausencia de una carga, esto es momento puro, la capacidad es M_o , que es mayor que la capacidad al momento plástico de una sección exclusivamente de acero.

Valores de una carga P_u en presencia de un momento M_u pueden ser estimados por funciones lineales, parabólicas o elípticas que incluyen los puntos P_o y M_o . Una forma analítica conveniente de expresar lo anterior puede ser:

$$\frac{P_u^2}{P_o^2} + \frac{M_u}{M_o} = 1$$

Se pueden obtener gráficas de interacción de todo tipo de sección compuesta.

4.2.2.4 FUERZA AXIAL EN COLUMNAS ESBELTAS (PANDEO).

Igualmente en estos casos existen estudios analíticos.

Se crea un momento adicional debido al desplazamiento lateral en miembros esbeltos y depende de la relación " α " (relacion de

momentos en los extremos) al igual que de la esbeltez del miembro, reflejada por la capacidad al pandeo P_c . Se deberá calcular un factor de amplitud δ .

Para relacionar la capacidad de carga con las proporciones de esbeltez en una columna compuesta. Como en la sección anterior aquí también existe una expresión:

$$\frac{Pu^2}{P_{cr}^2} + \frac{\delta Mu}{M_o} = 1$$

en donde:

$$\delta = \frac{0.6 + 0.4\alpha}{1 - P/P_c} \geq 1$$

y :

$$P_c = \pi^2 \frac{EI}{(Kl)^2}$$

α , es la relación entre momentos en los extremos.

Los valores de P_{cr} se obtiene de las formulas (A) y (B).

4.2.3 VIGAS

4.2.3.1 SISTEMAS DE PISO DE VIGAS COMPUESTAS CON CIMBRA DE LAMINA DE ACERO ACANALADA(LOSA-ACERO)

Estos sistemas de piso compuesto consisten en vigas de acero que sostienen a una losa de concreto colada sobre una lámina de acero acanalada de forma que los tres elementos están ligados por medio de conectores de cortante, y actúan conjuntamente para resistir la flexión y el esfuerzo cortante. La lámina de acero acanalada tiene relieves especiales que evitan el deslizamiento de la lámina con el concreto.

Para unir las vigas con la losa y la lámina se utilizan conectores de cortante que transmiten las fuerzas cortantes horizontales (las herramientas modernas que se usan para colocar los pernos permiten que éstos suelden directamente al patín de la viga a través de la lámina de acero).

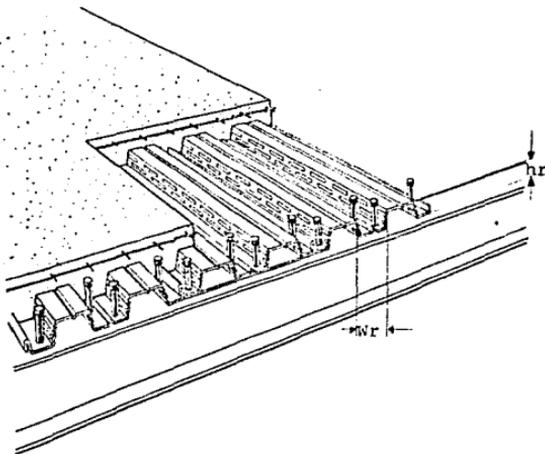
Este sistema no requiere por lo tanto cimbra de madera y se puede calcular para no requerir apuntalamiento, únicamente diseñando la viga para las cargas de construcción sin considerar la resistencia que el concreto pudiera darle al estar fraguado, y considerar el trabajo conjunto acero-concreto para tomar las cargas posteriores a la construcción.

Para el diseño de este tipo de losa se utilizan las

normas AISC en las cuales se limita la altura de las nervaduras a 76mm; del mismo modo el ancho de la nervadura debe ser mayor de 50mm.

Los pernos que se utilizan como conectores de cortante no deben ser mayores de 20mm y deben sobresalir de la parte acanalada 40mm mínimo. Todas estas restricciones están basadas en investigaciones, y permiten estar seguros de la efectividad de los cálculos con respecto a la resistencia de este tipo de construcción compuesta. Este sistema trabaja adecuadamente bajo condiciones de sismo.

Cuando los conectores de cortante están demasiado cercanos los conos de falla natural se traslapan, lo que disminuye la capacidad de tomar el cortante, por lo tanto $W_r/hr \geq 1.75$.



El ancho efectivo del patin de concreto se obtiene con:

$$be \leq \begin{cases} L/4 \\ bf + s \\ bf + 16 ts \end{cases} \quad \text{donde } ts \text{ incluye altura de las nervaduras.}$$

En donde:

be; ancho efectivo (se toma el menor de los valores).

bf; ancho del patin.

s; distancia entre vigas.

ts; peralte de la losa.

Cuando se extiende en un sólo sentido :

$$be \leq \begin{cases} 1/12 + bf \\ bf + s/2 \\ bf + 6ts \end{cases}$$

Estos valores fueron tomados del manual del Instituto Mexicano de la Construccion en Acero (IMCA).

Una vez obtenido el ancho efectivo del patin de concreto se obtiene su equivalente en acero, para trabajar con un solo material.

Se determina la localización del eje neutro, ya sea que se encuentre en la losa o en el perfil de acero, con esa información se obtiene el valor de "Y" (localización exacta) y el momento de inercia total de la sección transformada.

Esos valores se utilizan para la revisión de esfuerzos, y los actuantes deben ser menores que el permisible en los dos casos, la zona de tensión y la zona de compresión.

Si se requiere evitar el apuntalamiento se puede revisar por medio del módulo de la sección compuesta que debe ser menor que el valor obtenido en :

$$S_c \leq (1.35 + 0.35 Mv/Mm) * S_s$$

Si las láminas tienen las nervaduras perpendiculares a las vigas solo se considera el concreto arriba de las canales pues el concreto de abajo es intermitente.

El ancho de la losa arriba de las canales será mayor de 50mm, la separación de los pernos no será mayor de 800mm; el cortante horizontal a resistir será el menor de :

$$V_h = 0.85 f'c A_c/2 \quad V_h = A_s f_y/2$$

Ese cortante se reparte entre los pernos y el número y su separación depende de la resistencia que tengan los pernos elegidos, que se pueden encontrar en las tablas 1.11.4 y 1.11.4a del IMCA multiplicado por un factor de reducción:

$$\left(\frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \right) \left(\frac{W_r}{H_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1.0 \right) \leq 1.0$$

Además la cimbra de acero debe anclarse a la viga a menos de 400mm.

Si las láminas acanaladas tienen nervaduras orientadas paralelamente a la viga, el concreto en las nervaduras de la lámina se toma en cuenta, pues es continuo a lo largo de la viga.

El esfuerzo cortante permisible por conector deberá ser el obtenido en las tablas 1.11.4 y 1.11.4a del IMCA, excepto cuando la relación entre ancho-alto de canal (W_r/hr) es menor de 1.5 entonces se multiplican por el siguiente factor de reducción:

$$0.6 \left(\frac{W_r}{hr} \right) \left(\frac{H_s}{hr} - 1.0 \right) \leq 1.0$$

Este sistema está teniendo un gran auge, porque se ahorra del 15% al 20% en el costo de la estructura de acero, además, permite losas muy ligeras; se disminuye la mano de obra pues no requiere cimbras y a veces tampoco apuntalamiento; la lámina acanalada permite que se utilicen los canales como ductos para servicios.

Se requiere un armado de varillas dentro de la losa para resistir esfuerzos de contracción y para las zonas de momento negativo.

Esta forma de utilizar los materiales es muy eficiente ya que el acero que se utiliza para resistir la tensión se encuentra en la parte baja, y el concreto en la zona de compresión abajo que es su mejor forma de trabajar. El grueso

de la lámina depende de la configuración de la sección pero existen calibres del 18 a 24 también es conveniente que el claro máximo de los pisos no sea mayor que 32 veces el peralte total del piso.

La unión del larguero con la losa de concreto le da mayor rigidez y como resultado al adquirir su resistencia el concreto, disminuyen las deflexiones, aumentando del mismo modo su resistencia; puede llegar a aumentar más del 15% con respecto a la resistencia que tendría sino actuara con la losa.

4.2.3.2 FLEXION NEGATIVA

La flexión negativa está considerada en el AISC y el AASHTO.

Para soportar el momento negativo se elige una sección que soporte el momento positivo y se colocan cubreplacas o varillas de refuerzo en la zona de momento negativo.

En construcción compuesta en las zonas de momento negativo se despreja la resistencia a tensión del concreto y solo se considera la acción de la viga y la de las varillas de refuerzo de la losa, sin embargo generalmente se presentan grietas en esa zona. El número de conectores de cortante se obtienen con fórmulas de AISC o del AASHTO.

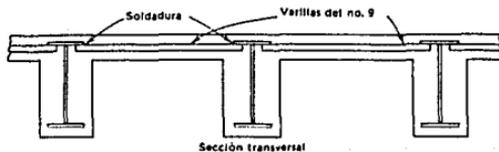
Para evitar el agrietamiento se puede eliminar la acción compuesta en las zonas de momento negativo, con solo quitar los conectores de cortante y separar con plástico o cartón la viga de la losa.

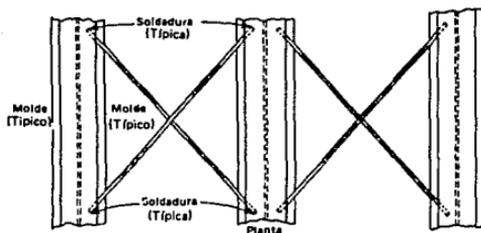
Otra forma de soportar el momento negativo es preesforzando la losa de modo que siempre trabaje a compresión.

4.2.3.3 SOPORTE LATERAL

En secciones compuestas, se logra utilizando una cimbra especialmente diseñada para ello, pues solo hasta que se ha adquirido el 75% de la resistencia del concreto, se cuenta con apoyo lateral de parte de la sección compuesta.

Para las vigas embebidas en el concreto se utilizan varillas soldadas como contraviento, y quedan coladas dentro de la losa.





4.2.3.4 DEFLEXIONES

Las deflexiones en las vigas compuestas son dos; las presentadas durante la construcción y las de después de endurecido el concreto con las cargas totales.

Grandes deflexiones pueden afectar el espesor de la losa. "El flujo plástico que se produce a largo plazo en el concreto hace que se transfieran esfuerzos a la viga, efecto que se toma en cuenta al calcular las deflexiones".(1).

(1) Construcciones Compuestas. John P. Cook

4.2.3.5 CUBREPLACAS

La colocación de cubreplacas en el patín inferior tiene el objeto de bajar el eje neutro consiguiendo que el sistema sea más eficiente, sin embargo no es necesario más que en el 60 al 70% del claro.

Según el AISC es recomendable usar cubreplacas solo cuando las disminuciones de peso son mayores de 18kg/m y no usarlos para reducciones menores de 10.5kg/m; entre estos límites dependerá de los costos de fabricación.

RESULTADOS

A continuación presentaremos una serie de diagramas de flujo que pensamos muestran en forma general todo lo referente al proceso constructivo.

Estos diagramas están basados primero en el montaje de estructuras metálicas y después en el proceso de estructuras de concreto, finalizando con los detalles específicos de conexión entre ambos materiales, es decir, conectores de cortante, procedimiento de colado y en general otros aspectos de las estructuras mixtas.

Comparaciones resultantes de este estudio:

Diseño arquitectónico; en este caso pudimos ver que los tres tipos de estructuras mencionadas se puede lograr formas muy variadas.

Dimensionamiento de miembros; debido a que las formas de construcción mas conocidas en México son indistintamente el acero y el concreto representan el mismo nivel de dificultad en los cálculos, no así las estructuras mixtas pues requieren un mayor nivel de conocimientos para lograr la interacción de los materiales.

Planos y especificaciones, pueden ser de igual nivel de complejidad.

Mano de obra; de las tres mencionadas solo las estructuras mixtas requieren de personal más calificado.

El equipo y la herramienta suelen ser más sofisticados para

la elaboración de una estructura mixta.

Seguridad de personal, tanto en las metálicas como en las de concreto, podemos tener elementos colgando, ésto implica la necesidad de contar con una gran supervisión para la seguridad del personal. Sucede lo mismo para las mixtas.

Costo de la obra, es difícil decir si la construcción en acero o en concreto es más barata, porque depende de detalles muy específicos en cada obra. Se puede afirmar que en obras grandes una excelente solución económica es la mixta.

Terminados, las de concreto y las mixtas en el caso en que el acero esté embebido son prácticamente iguales, cuando el acero da al exterior hay que protegerlo.

Relación de volumen de elemento contra su capacidad de carga, la más eficiente es la mixta, seguida por la de acero y por último la de concreto.

Mantenimiento, al igual que en los terminados, si el acero se encuentra embebido el mantenimiento será prácticamente nulo, sin embargo si el acero esta al aire libre, la estructura necesitará pintura y revisiones periódicas de las uniones.

Comportamiento estructural, en caso de sismo las tres estructuras pueden lograr la rigidez necesaria para un suelo blando y la ductibilidad adecuada en suelos rígidos.

DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

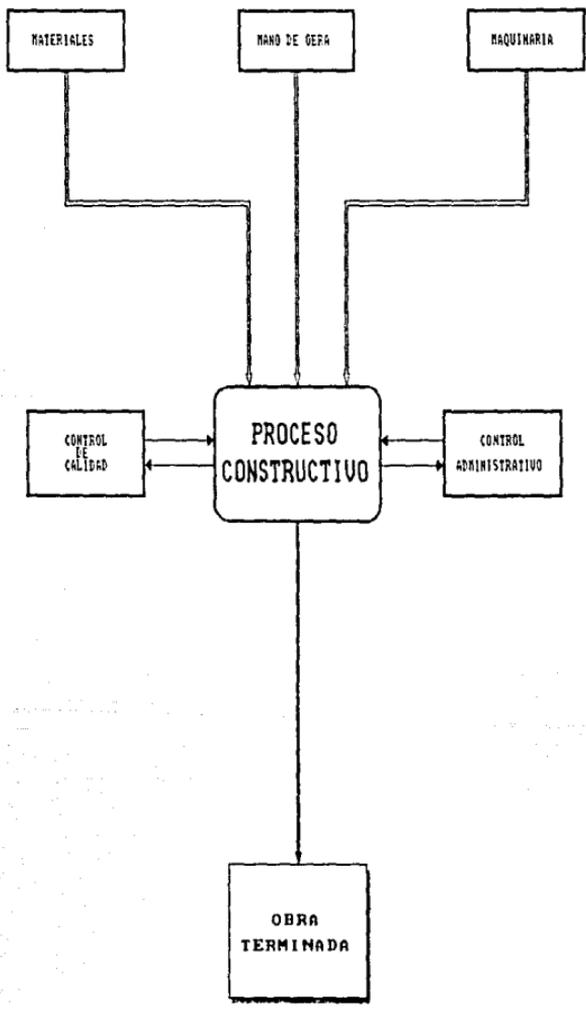
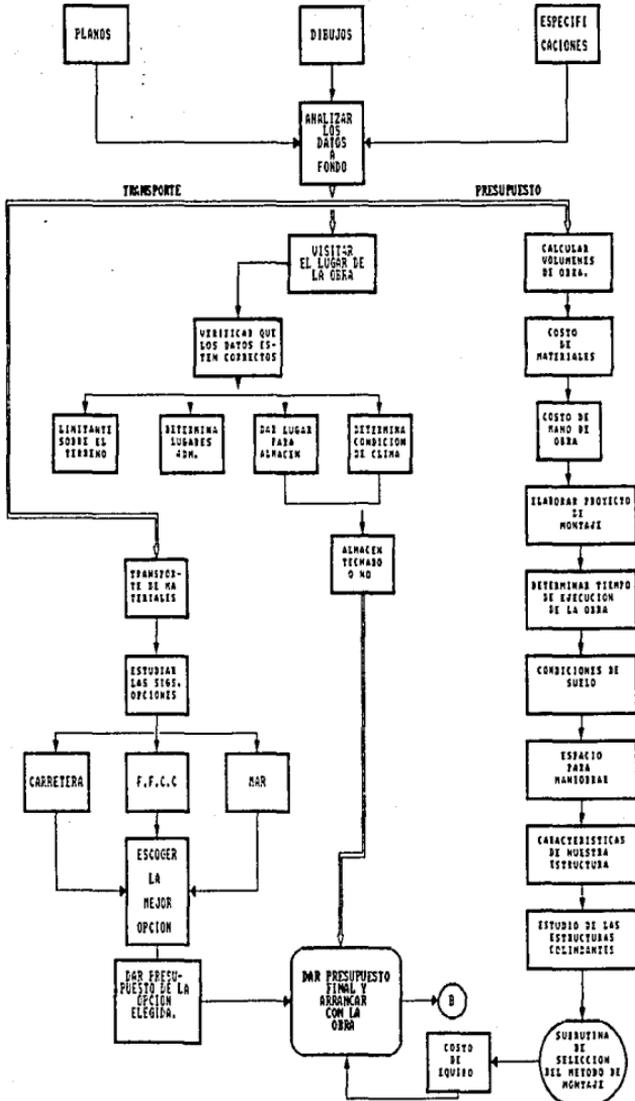
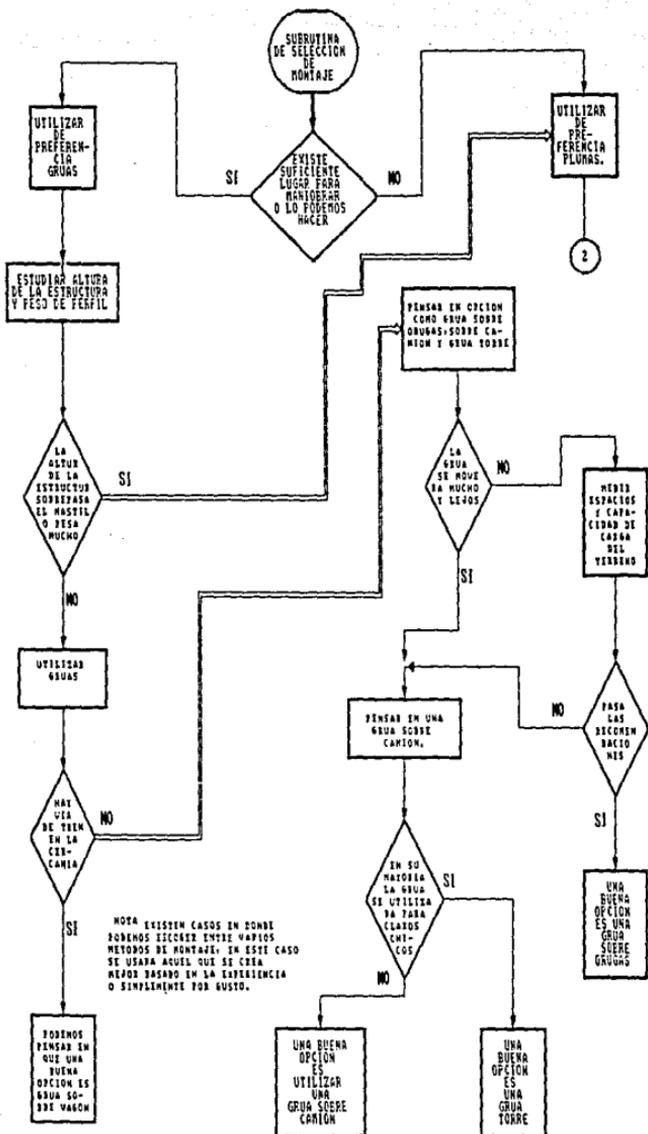
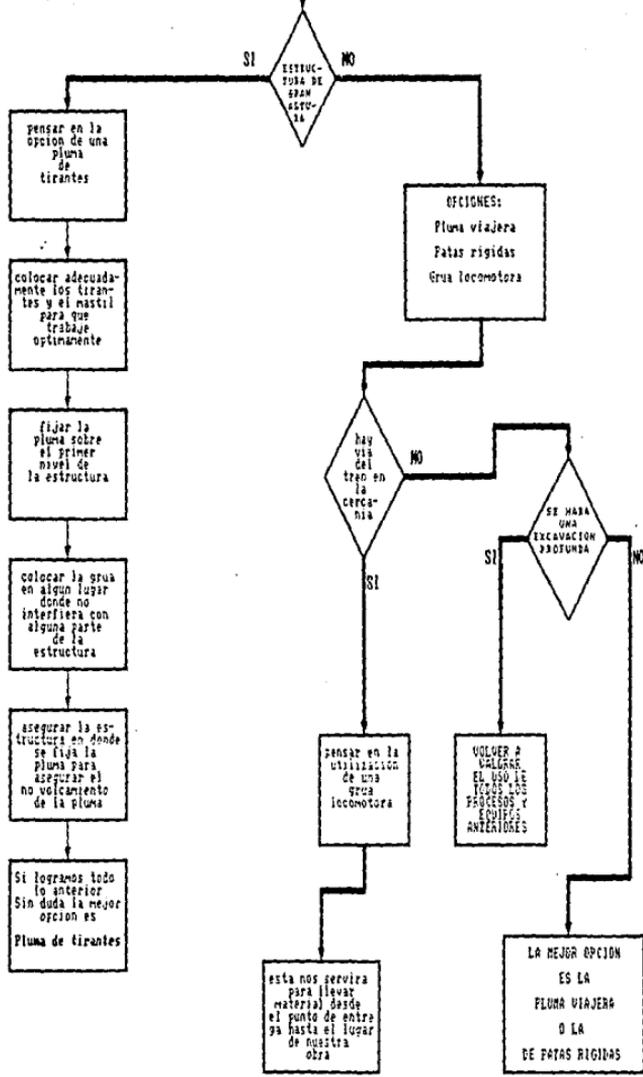


DIAGRAMA DETALLADO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO





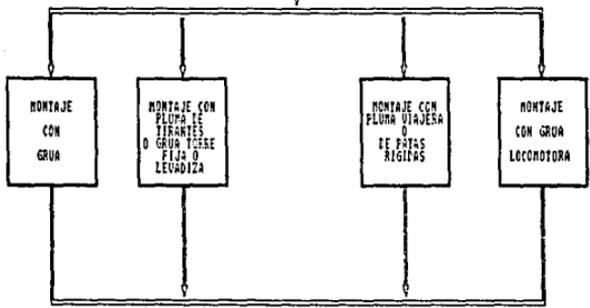


8

YA SE ESCOGIO
EL METODO DE
MONTAJE

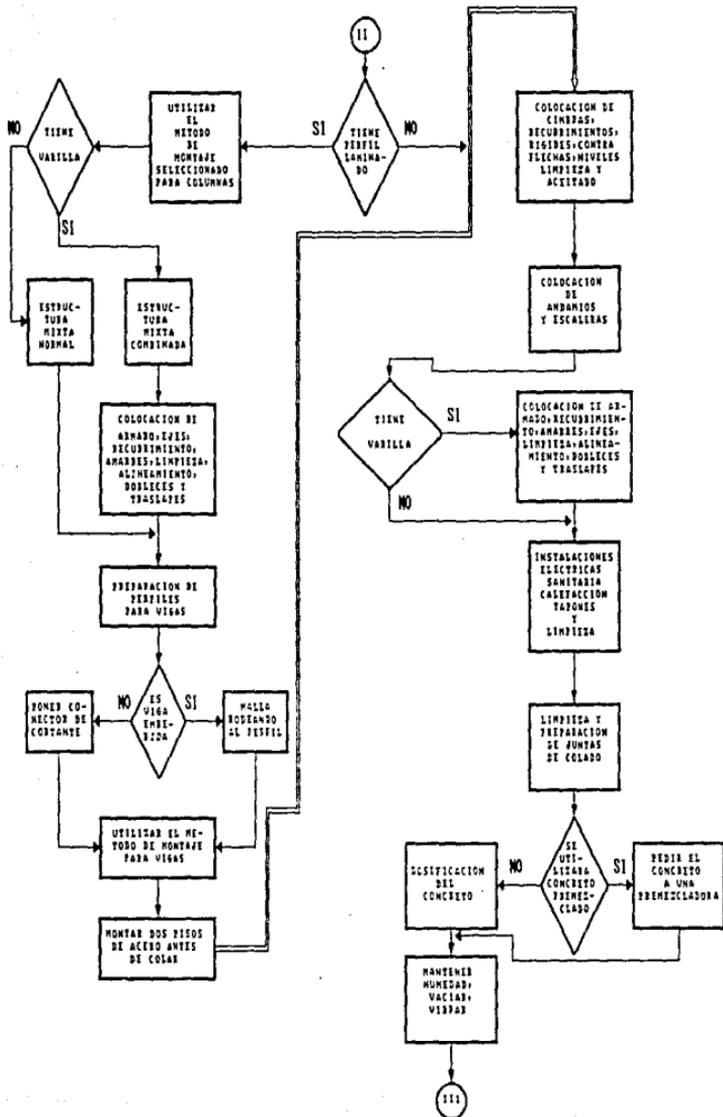
HACER LISTA DE TODAS LAS
HERRAMIENTAS NECESARIAS:
ANCLAS, TALABRO Y ERDICAS, FUN-
ZON, TORNICILLOS, CEPILLOS, CUJETA,
SOPELE, MARIOLLO, PINCES, LIMAS,
EXTINGUIDOR, BARRAS, ESPERILES,
CASCO, ESCALERAS, MANGUERAS,
PALAS, ETC.

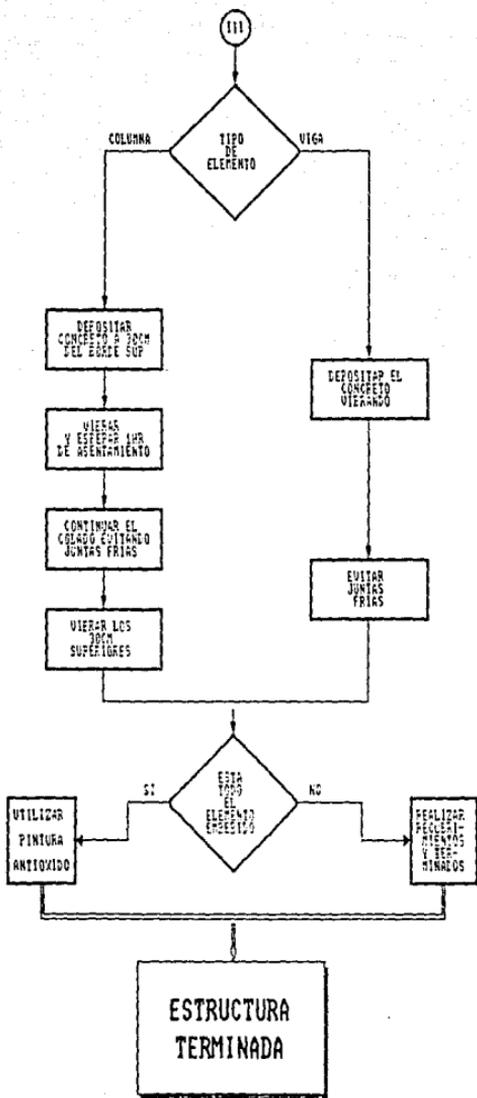
UTILIZAR
UNA DE
LAS SIGUIENTES
OPCIONES
DEPENDIENDO
DEL CASO
QUE SE HAYA
SELECCIONADO
ANTERIORMENTE



LLEVAR A CABO
EL MONTAJE
DEL ACERO.

11





CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha mostrado la versatilidad que tienen hoy en día las estructuras compuestas en la construcción.

Pensamos que en México se debe investigar y realizar trabajos en este tema, pues como vemos en países altamente desarrollados esta opción está proporcionando excelentes resultados.

La construcción compuesta es una técnica avanzada, que ha demostrado en muchos casos ser económica, muy segura y que puede ser utilizada por el Ingeniero Civil con sólo aumentar un poco el nivel de conocimientos en esta área; esto no debe ser ningún impedimento puesto que siempre debemos mantenernos al tanto de nuevos conocimientos, con objeto de mejorar nuestra ya muy sofisticada tecnología.

Hasta hoy, el desarrollo de esta nueva opción se ha visto afectada por altas y bajas, y es nuestro deber tratar de que esta técnica se estudie cada vez más a fondo, para seguir obteniendo excelentes resultados como hasta ahora.

Creemos que se puede convertir esta opción, que representa una utilización más eficiente de los materiales (menos material y más resistencia), en una de las más utilizadas en pocos años.

Valorar las diferentes opciones es importantísimo, ya que la construcción compuesta no resulta ser la mejor en todas las situaciones, por lo que debemos valorar detalladamente cada caso

específico; en especial las estructuras compuestas a parte de tener todas las ventajas que se mencionaron durante esta tesis tienen deficiencias a considerar como puede ser lo económico, un nivel más avanzado de conocimiento y en ciertas ocasiones mayor complicación en el momento de llevar a cabo el proceso de edificación.

Observamos durante el desarrollo de esta tesis que la construcción compuesta requiere de técnicas más avanzadas durante todo su proceso, por consiguiente el personal necesario tiene que ser más calificado que el que se utiliza en las convencionales debido a que este debe de conocer al menos los dos procedimientos, y los detalles específicos de las mixtas.

De acuerdo a lo anterior, la realización de este tipo de estructuras no puede llevarse a cabo en cualquier lugar, sino que su realización depende de la disponibilidad de mano de obra calificada, igualmente la calidad de los materiales que se puedan obtener.

En el desarrollo de estas estructuras es indispensable el conocer a fondo los procesos de las de acero y de concreto por separado, puesto que éste se basa en ellos, aún así los detalles específicos de la construcción compuesta a pesar de no ser muy voluminosos y en algunos casos tampoco son costosos, son de suma importancia para lograr la eficiencia que las caracteriza.

Es importante recalcar la versatilidad de la construcción compuesta, ya que se puede aplicar a todos los tamaños de estructuras, desde las de un solo nivel hasta las de varios

niveles; se pueden utilizar en construcciones con infinidad de usos, como almacenes, viviendas oficinas etc.,funcinando con gran eficiencia.

BIBLIOGRAFIA

MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO

WILLIAM, G RAPP

Limusa México 1978

CONSTRUCCIONES COMPUESTAS

JOHN P COOK

Limusa México 1980

DISEÑO DE ACERO ESTRUCTURAL

JOSEPH E BOWLES

Limusa México 1984

MANUAL DE CONSTRUCCIONES EN ACERO

INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCION EN ACERO

Limusa México 1987

ANALISIS ESTRUCTURAL

JACK C McCORMAC

Halla 1983

STEEL-CONCRETE COMPOSITE COLUMNS

RICHARD W FURLONG, Ph.D., P.E.

CONSTRUCCION Y CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS DE CONCRETO

ING. MARCOS J FARADJI

IMCYC México 1972

CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO
APUNTES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM FI

TECNICAS MODERNAS DE PRODUCCION DE AGREGADOS
ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
UNAM FI 1975

REINFORCED CONCRETE DESIGN
EVERARD AND TANNER
Schaums Out line series 1966

INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO
APUNTES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM FI

BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCION
CARLOS CHAVARRI MALDONADO
UNAM FI

ESTRUCTURAS
ALLAN HODGKINSON
Manuales A.J Madrid 1976

STRUCTURES MIXTES
M. PIER GIORGIO DEBERNARDI
ISTITUTO DI SCIEZA DEL LE COSTRUZIONI DU POLITECNICO DE TURIN