

2029



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

PREFABRICACION DE ESTRUCTURAS
PARA EL USO DEL C. A. P. F. C. E.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

CIRO BRITO MIRANDA



FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1989



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.

I N D I C E

CAPITULO	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Criterios para la Planeación de las Construc- ciones Escolares.....	4
2.2 Prioridades en el Incremento de Servicios - Educativos.....	5
2.3 Prioridades para la Construcción de Edificios	6
2.4 Destino y Nivel Educativo.....	10
2.5 Criterios para la Ubicación de Escuelas Pri- marias.....	13
2.6 Criterios para la Ubicación de Escuelas Se- cundarias Generales.....	15
III. FABRICACION DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS TIPO.	18
3.1 Estructuras de Madera.....	23
3.2 Estructura de Concreto Hidráulico Reforzado	25
3.3 Estructuras Precoladas de Concreto Hidráulico Reforzado.....	28
3.4 Estructuras de Concreto Hidráulico Presforza- do.....	31
3.5 Estructuras de Acero.....	38
IV. SELECCION DE LA ESTRUCTURA.....	55
4.1 Generalidades y Requerimientos.....	56
4.2 Zonas del Proyecto de Conjunto.....	66
4.3 Requerimientos en los Espacios Educativos...	68
V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL MONTAJE..	71
5.1 Estructura Metálica A-70.....	71
5.2 Estructura Metálica U-1 y U-2.....	85
5.3 Estructura Metálica T-80 con Entreeje de -- 6.00 x 12.00 m.....	95
5.4 Características en otras Estructuras Metáli- cas.....	105
5.5 Especificaciones Generales en la Construcción de Estructuras.....	109

CAPITULO		Página
VI.	USOS Y APLICACIONES.....	112
6.1	Espacios Educativos para Escuelas Primarias y Escuelas Secundarias Generales.....	112
6.2	Programa Arquitectónico General.....	118
6.3	Indicadores de Costos Representativos para Estructuras Tipo.....	121
6.4	Coefficiente de Participación (KP) para Materiales Básicos y Obras de Mano, para las Estructuras A-70 U.1.C y U-2.....	124
VII.	CONCLUSIONES.....	126
	BIBLIOGRAFIA.....	129

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

En los últimos años en nuestro país se han logrado importantes avances en la reglamentación y normalización estructural, - por lo que a la fecha se dispone de documentos técnicos muy valiosos en esta especialidad, como son: Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., Reglamento y Normas Técnicas de Construcción del D.D.F., publicaciones afines del Instituto de Ingeniería, Regionalización Sísmica de nuestro país y Reglamentos de Construcción de algunos estados de la República.

Con las Normas y Reglamentos anteriores, los Ingenieros especializados en el proyecto estructural, pueden diseñar las estructuras necesarias, para espacios educativos que cumplan con las condiciones, cualidades y requerimientos específicos, ya -- bien considerando aspectos técnicos o de tipo educativo, adecuándolos a las necesidades nacional o de la zona.

En la busca de optimizar y sistematizar tipos de estructuras, se ha logrado abatir costos y tiempos en la construcción de escuelas. La utilización de estructuras de concreto, metálicas,

prefabricadas y la combinación de ambas en los espacios educativos, ha permitido desarrollar criterios de planeación, programación y de evaluación de los sistemas constructivos de escuelas, adecuándose a la realidad particular y a los recursos que existen en la localidad.

Es recomendable que al diseñar los elementos arquitectónicos, se considere que la repetición sistemática y la modulación de estos, representen facilidades de construcción, así como un mejor control de calidad, almacenamiento y distribución.

Este trabajo comprende las normas y los antecedentes básicos, para determinar el criterio adecuado en lo que se refiere a planeación de las construcciones escolares que permitirá proponer soluciones que satisfagan la creciente demanda de espacios educativos, aseguren una adecuada asignación de recursos y fomenten la mejor utilización de las instalaciones.

La presente tesis tiene como propósito dar a conocer las aportaciones, intereses y recomendaciones específicas para escuelas, que emanan de la experiencia constructiva del Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas, obtenida en el cumplimiento de los programas que ha desarrollado y de la observación directa del uso y funcionamiento de los edificios y locales educativos.

C A P I T U L O I I

O B J E T I V O S

Los objetivos por lograr son múltiples y variados y están relacionados con la planeación, diseño y construcción de espacios educativos, la utilización máxima de los recursos disponibles, para lo cual es necesario la consideración de conceptos como:

- La nuclearización de los espacios educativos.
- La utilización de los espacios compartidos.
- La aplicación racional de los materiales, acabados y sistemas constructivos propios de la región.
- La sistematización de los espacios educativos.
- La reducción del número de elementos constructivos.
- La implantación de un sistema de medidas que permita repetir el mayor número de veces los elementos constructivos.
- La optimización de la relación inversión inicial-costos de mantenimiento y conservación.

Los lineamientos generales que se proponen parten de la base de que anteriormente ha sido ya definida la política educativa nacional y se dispone de los programas de desarrollo nacional, regional, estatal y de zona.

Para la más eficiente aplicación de los criterios para la planeación de las construcciones escolares siempre resultará conveniente contar con información veraz y actualizada de la situación en que se encuentran las escuelas y la demanda existente en la zona para la cual se planea.

Habilidad y juicio implican experiencia, uso adecuado de técnicas constructivas y visualización correcta de cómo se ejecutará el trabajo.

2.1 CRITERIOS PARA LA PLANEACION DE LAS CONSTRUCCIONES ESCOLARES.

- Asegurar la educación básica a todos los niños que la demanden.
- Evitar la concurrencia competitiva en la atención a la demanda de instituciones educativas en la misma zona de influencia.

El radio de acción de la zona de influencia se calculará con la expresión:

$$\text{Radio de acción} = \sqrt{\frac{\text{Población general servida por la escuela}}{\text{Densidad de población} \times 3.1416}}$$

en la que:

$$\text{Población general servida} = \frac{\text{Capacidad total de la esc. doble turno}}{\text{Demanda escolar para el nivel educat.}}$$

La demanda escolar será igual a un por ciento de la población general.

El área de absorción o zona de influencia de la instalación escolar será igual a:

$$\text{Zona de influencia o \u00e1rea de absorci\u00f3n} = (\text{Radio de acci\u00f3n})^2 \times 3.1416$$

Se puede observar que si la densidad de poblaci\u00f3n aumenta, el \u00e1rea de absorci\u00f3n disminuye; y que si el radio de acci\u00f3n excede las distancias de acuerdo a los tiempos de no mayor de 15 minutos para los grados de ense\u00f1anza primaria y preescolar; y de 30 minutos para educaci\u00f3n especial; para escuelas secundarias, no ser\u00e1 mayor de 45 minutos, o de 4 km. para los que se trasladan caminando, y de 25 km. cuando exista alg\u00fan medio de transporte p\u00fablico. Y si la demanda lo justifica, se requerir\u00e1 una instalaci\u00f3n escolar adicional.

- Ubicar los servicios, procurando instalar escuelas de concentraci\u00f3n, donde se facilite al estudiante su acceso y permanencia en el sistema educativo.
- Salvo en los casos en que exista d\u00e9ficit de inmuebles, el n\u00famero de espacios educativos de ampliaci\u00f3n deber\u00e1 ser congruente con el n\u00famero de nuevos grupos estatales, federales y particulares, previstos para su funcionamiento.
- Cuando se sature el n\u00famero m\u00e1ximo de grupos por turno, y se requiera ampliar los servicios educativos, se analizar\u00e1 la posibilidad de abrir un segundo turno, antes de considerar la construcci\u00f3n de otro inmueble.

2.2 PRIORIDADES EN EL INCREMENTO DE SERVICIOS EDUCATIVOS.

- Localidades que cuentan con menor \u00edndice de atenci\u00f3n.
- Escuelas que permitan completar el nivel educativo correspondiente.
- Escuelas con mayor n\u00famero de alumnos por maestro.
- Disposici\u00f3n de la comunidad respecto al servicio.
- Para escuelas primarias se considerar\u00e1 sobre el total de aulas a construir, por lo menos el 15% de este volumen para anexos (administraci\u00f3n, servicios, etc.)

2.3 PRIORIDADES PARA LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS.

- Consolidación:

Es la acción de complementar las instalaciones escolares con los espacios necesarios, de acuerdo con su estructura educativa, para que permitan asegurar a través de estas facilidades didácticas la operación integral de la escuela.

- Nuevos Edificios:

Es la necesidad que se presenta de construir un inmueble para aquellas escuelas que hayan iniciado su operación en años anteriores y, que por falta de recursos u otro problema no fué posible realizar.

- Nuevas Escuelas:

Son las escuelas que van a iniciar su operación, para lo cual requiere de una instalación física y cuya necesidad se reporta a través de un análisis de demanda y que implica la creación de nuevas plazas de maestros.

- Sustitución:

Es la acción de construir una instalación en lugar de otra, debido a que la escuela en operación no cuenta con las características para garantizar el buen funcionamiento y/o la seguridad de los educandos.

Prioridades por sustitución: para el caso de sustituciones, considerar con prioridad los siguientes criterios. Estabilidad del edificio: dimensionamiento de aulas menores de 30m²; ventilación no adecuada o sin ventilación directa; natios de juego muy reducidos, ruidos excesivos, condiciones sanitarias y morales no adecuadas.

Se recomienda que el número máximo de sustituciones que se realizan anualmente en una entidad no sea mayor a un 10% de las aulas en mal estado, de tal manera que a media

no plazo se puede abatir el problema de inmuebles en malas condiciones, sin perjuicio de la atención al incremento de la demanda.

La planeación de las construcciones escolares estará basada en las fuentes de información siguientes:

- Ultimo Censo Nacional de Población y Vivienda, S.P.P.
- Catálogo Nacional de Inmuebles Escolares, S.E.P.
- Catálogo Nacional de Escuelas, S.E.P.
- Estadísticas Continuas del Sistema Educativo, S.P.P.
- Sistema de Información de Inmuebles Escolares, C.A.P.F.C.E.
- Estudios de Factibilidad para Escuelas de Nueva Creación, C.A.P.F.C.E.
- Proyecciones Demográficas, Consejo Nacional de Población.
- Estudios Realizados por los Gobiernos de los Estados.

La programación de las construcciones escolares estará también basada en las políticas y prioridades del Sector Educativo y en la disponibilidad de los recursos, considerando:

- Los objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo.
- Las acciones que se han de realizar y los resultados pre^uvisibles.
- La calendarización física y financiera de los recursos necesarios para su ejecución.
- Los planes de desarrollo económico y social de los Estados y Municipios.
- El empleo de los recursos humanos y la utilización de los materiales propios de la región donde se ubiquen las obras.

La programación se elaborará apoyándose en las fuentes de información siguientes:

- Objetivos Programáticos del Plan Nacional de Educación, S.E.P.
- Programas y Metas del Sector Educativo, S.E.P.
- Manual de Elaboración del Programa de Acción del Sector Educativo, S.E.P.
- Guía para la elaboración del Programa de Acción del Sector Educativo, S.E.P.
- Manual de Operación de los Programas de Inversión Vigentes, S.P.P.
- Manual de Integración del Proyecto Preliminar del Programa de Ampliación y Conservación de la Infraestructura Física Educativa, C.A.P.F.C.E.
- Estudios de Factibilidad para las Escuelas de Nueva Creación, C.A.P.F.C.E.
- Glosario de Términos Programáticos y Presupuestarios, S.P.P.

Se entenderá que:

Programa es el conjunto de metas y objetivos del Sector Educativo en general, y que Subprograma es el conjunto de proyectos que persiguen un objetivo y metas específicos, y que contempladas en conjunto constituyen el Programa. Son subprogramas entre otros los de educación básica, educación, media, etc.

Se entenderá por:

Proyecto, el conjunto de actividades que responden y coadyuvan a los objetivos del subprograma; se definen en él: metas, actividades, recursos y una unidad responsable de realizarlo. Son proyectos: primaria, colegio de bachilleres, etc.

La programación anual de las construcciones escolares -- constará de dos etapas:

Programación Preliminar, que se integrará conforme a la estructura programática y vigente, en Subprogramas y Proyectos, y

contendrá:

- Metas propuestas en espacios educativos.
- Inversiones requeridas y fuentes de financiamiento.

Programación General de las Obras o Programa Definitivo, que contemplará la definición de los proyectos de acuerdo con los recursos disponibles y contendrá:

- Relación de obras y espacios educativos por Subprogramas y proyectos, así como la relación del equipamiento correspondiente. Recursos asignados.

La evaluación de la programación de construcciones escolares estará basada en el Manual de Programación y Presupuestación del Sector Educativo, en los ámbitos de acción nacional y estatal.

Se llevará a cabo comparando lo planeado y programado con los resultados obtenidos, determinando en los diferentes ámbitos de acción las desviaciones y sus causas, conforme a la estructura programática vigente por Subprograma y Proyecto, en los siguientes conceptos:

- Espacios educativos; inversiones; recursos financieros.

La evaluación estará dirigida principalmente a las siguientes acciones:

- Cumplimiento de metas.
- Utilización de los locales y de los equipos.
- Asignación de recursos.
- Cumplimiento de los modelos vigentes y su comportamiento.
- Oportunidad de las obras.
- Impacto social y educativo en la región.

Se efectuará un análisis de congruencia nacional para evaluar los programas estatales en su conjunto, con relación a las

prioridades y metas, en lo correspondiente a:

- Consolidación.
- Nueva creación.
- Conservación y Mantenimiento de la infraestructura educativa.

Establecerá las recomendaciones para cada una de las acciones mencionadas en los párrafos anteriores, con la finalidad de retroalimentar el proceso de planeación y programación.

2.4 DESTINO Y NIVEL EDUCATIVO.

Educación Preescolar.

Comprende las modalidades de:

- a) Centros de Desarrollo Infantil; que atenderán niños entre 6 meses y 5 años de edad, con un cupo máximo de 250 alumnos.
- b) Jardines de Niños, que atenderán en una primera etapa, a los niños de 5 años de edad; los grupos tendrán un mínimo de 35 alumnos y un máximo de 40. La estructura educativa será de 3 grupos como mínimo y 9 como máximo. En comunidades en las que sólo se reúna un grupo, el mínimo podrá ser de 21 alumnos.

Educación Primaria.

Las escuelas primarias corresponden a la enseñanza básica obligatoria, y esta dedicada a atender a los niños de 6 a 14 años de edad. Los grupos serán de un mínimo de 35 alumnos y un máximo de 55. La estructura educativa mínima constará de 6 grupos y la máxima de 18.

Educación Secundaria.

Las escuelas secundarias corresponden al nivel de enseñan-

za media básica y esta dedicada a atender a jóvenes hasta 17 -- años de edad, con primaria terminada.

Constará de las modalidades siguientes:

	Estructura educativa (grupos/grado)	
	mínima	máxima
a) Secundaria general	2-2-2	6-6-6
b) Secundaria técnica en sus especialidades de agropecuaria ó industrial.	4-4-4	6-6-6
c) T.V. Secundaria.	1-1-1	1-1-1

El número de alumnos por grupo será 40 mínimo y máximo 56 para secundarias generales y técnicas. Para T.V. Secundarias el número de alumnos será de 30.

Educación Media.

Atenderá a los egresados de secundarias en grupos de 40 - alumnos como mínimo y 50 como máximo, en las modalidades de:

	Estructura educativa grupos/grado	
	mínima	máxima
a) Pronedéutica, que comprende:		
1. Bachillerato General, que incluye el sistema de preparatorias y el del Colegio de Bachilleres.	3-3-3	8-8-8
2. Bachillerato Tecnológico:		
CRTIS (Centro de Bachillerato Tecnológico, Industrial y Serv.)	6-6-6	
CETA (Centro de Bachillerato Técnico Agropecuario)	4-4-4	
b) Terminal:		
1. CETIS (Centro de Estudios Tecnol. Industrial y Servicios)	6-6-6	
CEF del Mar (Centro de Estudios Tecnológicos del Mar)	6-6-6	
CONALEP		

v a r i a b l e

Educación Superior.

Atenderá a los egresados de los bachilleratos general y tecnológico. Comprenderá los Institutos Tecnológicos con la especialidad de agropecuarias (ITA), del Mar IESCITEM y las Universidades en las que se cursarán las carreras profesionales para obtener los grados de licenciatura y en algunos casos maestría y doctorado. La estructura educativa y el número de alumnos por grupo será función de la demanda y de las especialidades de licenciatura que se impartan.

La función educativa de nivel superior, estará coordinada por las Comisiones Estatales y la Secretaría de Educación Pública, las que determinarán las especialidades de licenciatura que deberán establecerse en función de las prioridades nacionales, regionales y estatales.

Formación del Magisterio.

Comprenderá las modalidades y estructuras educativas siguientes:

	<u>mínima</u>	<u>máxima</u>
Normal preescolar	3-3-3-3	3-3-3-3
Normal primaria	2-2-2-2	3-3-3-3

que atenderá a los egresados de las escuelas secundarias y Universidad Pedagógica Nacional, que atenderá a los egresados de las Escuelas Normales.

La Educación Extraescolar, comprenderá la atención de niños de 6 a 14 años de edad que habiten en comunidades dispersas y las de los niños atípicos en edades comprendidas entre los 3 y los 17 años. Constará de las modalidades siguientes:

- a) Albergues. Se establecerán en comunidades rurales en las que funcione una escuela primaria de organización completa y operarán como centros asistenciales que proporcionan

rán a los niños hospedaje y alimentación durante 5 días de la semana. El cupo máximo de cada albergue será de 48 niños.

- b) Casa Escuela.- Funcionarán como centros asistenciales, que proporcionarán a los niños hospedaje, alimentación y educación primaria durante todo el ciclo escolar (10 meses); habilitando a los alumnos en algún oficio. El cupo máximo de la escuela será de 216 alumnos.

Educación Especial

Atenderá a los niños y jóvenes afectados de algún impedimento físico o mental, en edades comprendidas entre los 3 y 17 años, dándoles instrucción preescolar, primaria y capacitación, para integrarlos a escuelas regulares, a su medio social o a la población productiva. Comprenderá las siguientes especialidades:

- Audición y lenguaje.
- Deficientes mentales.
- Problemas de conducta.
- Problemas específicos de lenguaje.

Centros de Integración al Trabajo.

Los centros de capacitación para el trabajo (SECAT) atenderán a la población trabajadora que haya terminado la primaria y a los que deseen ingresar a la fuerza de trabajo del sector productivo. Las tecnologías que se impartan deberán estar íntimamente relacionadas con la zona industrial en que se ubiquen.

2.5 CRITERIOS PARA LA UBICACION DE ESCUELAS PRIMARIAS.

La localización de una escuela primaria, estará determinada en función del tiempo de movilización de los alumnos que concurren a ella y se recomienda que no sea mayor de 15 minutos para los dos primeros grados ni de 30 minutos para los cuatro grados restantes.

La educación primaria en poblaciones con menos de 300 habitantes, sería conveniente se proporcione a través del servicio de cursos comunitarios.

Se recomienda que la escuela esté cerca de otros servicios, para su complementación, como son: las áreas culturales y recreativas.

Se consideran los modelos de 1 a 18 aulas; donde el agrupamiento de 1 a 6 aulas normalmente corresponden a escuelas en el medio rural y los de 6 a 18 aulas, el medio urbano. Al mencionar escuelas primarias el elemento básico del conjunto será el Aula.

El número de alumnos que un maestro debe atender es de 30 a 55 niños cuando sean del mismo grado y de 25 a 50 cuando sean de grados diferentes. Regularmente, el número máximo de grupos por escuela primaria federal será de 12 por turno y sólo en aquellas localidades donde exista dificultad para la obtención de terrenos, se podrá ampliar hasta 18 por turno.

Deberá estar alejada del radio de acción de centros de contaminación ambiental, física y moral; considerando de acuerdo al Código Sanitario, una distancia de 200 metros en áreas rurales, y 500 metros en áreas urbanas.

En el medio rural se deberá contar con un acceso libre hasta el terreno de la escuela.

El acceso principal deberá realizarse por calles de baja velocidad.

El terreno deberá contar con los servicios municipales necesarios para el funcionamiento de los locales a construir (agua, energía eléctrica, etc.)

2.6 CRITERIOS PARA LA UBICACION DE ESCUELAS SECUNDARIAS GENERALES.

Se recomienda para efectos de programación y análisis de demanda, que la zona de influencia de una escuela secundaria, a las comunidades localizadas a una distancia no mayor de 4 km. - si ésta debe recorrerse a pie, ó 25 km. cuando sea factible utilizar algún medio de transporte, y que además el tiempo de traslado no exceda de 45 minutos.

Se consideran modelos de 6 a 18 grupos, con una estructura educativa desde 2-2-2 (grupos/grado) hasta 6-6-6 grupos. Al mencionar escuelas secundarias, el elemento básico del conjunto será el Grupo.

Para la ubicación de una central de laboratorios y talleres se recomienda que ésta se localice en el centro de gravedad entre tres escuelas secundarias como mínimo y en zonas urbanas de alta densidad.

Las escuelas secundarias generales federales deberán tener en primer grado un mínimo de 40 alumnos por grupo y un máximo de 55.

Las estructuras máxima y mínima de grupos por turno en las escuelas secundarias generales federales será de 6 y 4 grupos por grado respectivamente.

En escuelas estatales o particulares se puede considerar - hasta 2 grupos por grado, dependiendo del criterio de la dependencia estatal de educación.

Se dará prioridad en construcción a obras destinadas a escuelas federales y estatales antes que a las escuelas por cooperación.

La ubicación de las escuelas en el medio rural debe propiciar su funcionamiento como escuelas de concentración.

Es recomendable la utilización máxima de los espacios educativos, implantando turnos matutino, vespertino o nocturno.

Para el cálculo de las áreas de los terrenos en escuelas primarias, se deberá considerar de 7.25 a 10 m²/alumno y en secundarias de 10 a 16 m²/alumno.

Se debe procurar que en los terrenos de zonas cálidas, predominen los vientos frescos y en zonas frías queden resguardados de los vientos dominantes por el mayor número de elementos naturales.

Para evitar modificaciones al equilibrio ecológico en la fauna y flora de la región, deberán tratarse los desechos de aguas negras, basura y desperdicios, antes de su reintegración a la naturaleza.

Cuando no exista drenaje municipal, se evitará verter las aguas negras y jabonosas a cauces de arroyos, ríos, playas o directamente al terreno antes de su tratamiento; es conveniente que éstas sean tratadas en fosas sépticas y reintegradas por medio de pozos de absorción.

Las zonas arboladas, en los conjuntos escolares, influyen en el medio físico del lugar, creando microclimas, protegiendo de las incidencias solares directas y de los vientos dominantes.

El sitio donde se ubica una escuela debe considerarse como algo más que un simple terreno donde se construye una instalación física determinada. En realidad, el sitio de ubicación de una escuela es una parte integral de un plan educativo y una de las herramientas básicas en el proceso de educación, por lo que

idealmente, al menos su selección, requiere de la participación coordinada y de las habilidades especiales de un grupo interdisciplinario integrado fundamentalmente por educadores, arquitectos, ingenieros y planeadores urbanos.

Cada parcela de terreno que haya sido inicialmente identificada como un sitio potencialmente apto para una escuela primaria o secundaria, deberá sujetarse a una línea de investigación y de normas técnicas.

C A P I T U L O I I I

FABRICACION DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS TIPO

Para la fabricación de estructuras y elementos tipo que constituyen a éstas, es necesario hacer mención de las normas y especificaciones las cuales deben regir dicha fabricación para la obtención de resultados dentro de ciertas tolerancias.

Cabe definir el significado de "fabricación" del latín fabricatio, -tionis, que es la acción y efecto de fabricar. Los sinónimos de la palabra fabricar son: imaginar, producir, elaborar y construir. Producción de mercancías. Proceso de transformación de materias naturales o artificiales, mediante la acción de la mano del hombre y de las máquinas, en instrumentos y productos aptos para satisfacer las necesidades humanas.

Se puede hablar de fabricación en masa y fabricación en serie; la fabricación en masa se efectúa si la producción está estructurada para la elaboración de productos iguales en grandes cantidades. Es fabricación en serie, cuando se tiene producción continua de piezas normalizadas y la disposición de la maquinaria y los enlaces entre ella están racionalizados al máximo, pa-

ra permitir un trabajo continuo y una producción en cadena. Así es posible asegurar el máximo de producción al mínimo costo.

Dentro de la fabricación de elementos tales como: columnas, vigas, traves, etc. esta se lleva a cabo en un sistema de producción industrial mediante el cual se fabrican de antemano en serie dichos elementos, y la cual se nombra prefabricación; dicho sistema de fabricación de elementos hoy en día es una solución para la construcción de escuelas, ya que representa una ranidez en la ejecución de las obras.

La prefabricación como sistema de construcción económica se impuso por la realidad creada tras la Segunda Guerra Mundial. En Inglaterra por ejemplo, representó una solución a la escasez de escuelas; en Francia, Escandinavia y la URSS se emplearon elementos prefabricados de concreto armado para la construcción de casas de pisos.

Como primeras muestras arquitectónicas cabe citar la Casa Dymaxion (dinámica + capacidad máxima), de Fuller (1927), y la fábrica General Panel de Gropius y Wachsmann (1940).

En la fabricación de elementos para determinadas estructuras, que son utilizadas en la construcción de escuelas, estos son principalmente a base de acero y en ciertos casos de concreto armado. Ya que por medio de estos se ha alcanzado en los últimos años gran desarrollo la construcción, en parte por la simplificación de los procesos constructivos que a su vez representan ciertas economías y entrega oportuna de instalaciones educativas.

Otros aspectos relacionados con la fabricación de elementos estructurales son los referentes a la seguridad, durabilidad y

costo de las estructuras con elementos prefabricados. Se puede decir a grandes rasgos que una estructura debe cumplir con una determinada función con un grado de seguridad razonable y que en las condiciones normales de servicio tenga un comportamiento estructural adecuado. Además, comúnmente deben cumplirse otros requisitos, tales como el de mantener el costo dentro de ciertos límites económicos y el de satisfacer determinadas exigencias estéticas y de funcionalidad.

Para garantizar que una estructura tenga un comportamiento aceptable bajo condiciones de servicio, se comparan los valores de las respuestas (deformaciones, agrietamiento, durabilidad, vibración), correspondientes a las acciones estimadas, con ciertos límites preestablecidos que la experiencia ha indicado son satisfactorios para el tipo de estructuras de que se trata.

Debe mencionarse, por último, la importancia que tiene la supervisión del comportamiento de la estructura tanto durante la etapa fabricación de elementos, transporte, la carga y descarga, el montaje, así como durante la vida de servicio de la estructura. Puede considerarse que esta vigilancia, o supervisión, en cierta forma, también es parte del proceso de construcción. En algunos casos la observación del comportamiento puede poner de manifiesto la necesidad de efectuar modificaciones o cambios de importancia.

La elección de una cierta forma estructural debe ir asociada a la elección del material con que se piensa realizar la estructura. Al hacer esta elección se debe tener en cuenta las características de la mano de obra y el equipo disponible, así como también el procedimiento constructivo que más se preste al caso.

La estructura constituye el esqueleto del edificio, destinada a resistir los distintos tipos de solicitaciones que actúan sobre la construcción. También sirve de soporte o apoyo a los pisos, muros y demás que son necesarios para que el edificio cumpla con la finalidad a la que ha sido destinado. Este tipo de construcción constituye un caso típico en el que el destino del edificio no define de manera clara el tipo de estructura, ya que en el proyecto intervienen de manera importante aspectos estéticos, y en el que se ha tomado en cuenta una posible estructuración. Dentro de un proyecto definido, la estructuración tratará de lograr la combinación de elementos estructurales más económica y adecuada, con objeto de obtener una construcción que ofrezca:

- a) Seguridad contra colapso ante el conjunto de solicitaciones que actúan sobre la estructura.
- b) Seguridad ante la falla de los elementos de acabado, como muros, pisos, etc.
- c) En condiciones de servicio, tranquilidad para los ocupantes de la construcción ante la acción de sismos, tratando de evitar que un conjunto de oscilaciones excesivas llegue a producir pánico entre dichos ocupantes.

Las solicitaciones más importantes sobre los edificios son las debidas a carga muerta, carga viva y sismo o viento. La estructuración dependerá mucho del tipo y magnitud de estas solicitaciones.

En el proceso estructural, el aspecto más importante es la determinación y diseño de la estructura tomando en cuenta además, el correcto funcionamiento de los elementos que forman parte del edificio. La estructura será la encargada de resistir y trasladar a la cimentación, las distintas fuerzas que actúan.

El tipo de estructuración más común hoy en día para construcción

ciones tanto de concreto como de acero estructural, es el que utiliza marcos rígidos. Los marcos rígidos formados por columnas y traveses están unidos formando uniones rígidas capaces de transmitir los elementos mecánicos completos existentes en la viga sin que haya desplazamientos lineales o angulares relativos entre su extremo y la columna en que se apoya.

El empleo cada vez más frecuente, de la construcción a base de marcos rígidos durante los últimos 40 o 50 años, se debe al desarrollo de nuevos materiales y sistemas de construcción (concreto armado, acero soldado) y el de nuevos métodos de análisis.

Selección del Material desde el punto de vista de los sistemas.

Las propiedades siguientes son aconsejables:

- a) Alta resistencia en compresión, tensión y cortante.
- b) Baja densidad.
- c) Alto coeficiente de amortiguamiento.
- d) Alta capacidad para absorber energía.

Con respecto a lo anterior, los materiales pueden clasificarse como sigue:

- a) Ampliamente aconsejables: Acero, concreto reforzado, madera.
- b) Moderadamente aconsejable: Mampostería con bloques reforzados, mampostería con tabique reforzado, madera con tabique confinado.
- c) Poco recomendable: Mampostería a base de bloques, tabique o piedra con cadenas horizontales a nivel de planta baja y cerramientos.
- d) No deben utilizarse: Mampostería sin refuerzo, adobe.

Además de los requisitos mencionados, el material debe tener buena resistencia al fuego, ya que esta posibilidad existe en las áreas sujetas a movimientos sísmicos.

El Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas, emplea en los diferentes tipos de locales para la enseñanza, elementos prefabricados que completados con materiales de construcción y procedimientos de tipo tradicional dan a las escuelas uniformidad de aspecto, estandarización de especificaciones y permiten una rapidez en la ejecución de las obras que sería imposible lograr con procedimientos tradicionales únicamente.

3.1 ESTRUCTURAS DE MADERA.

Las estructuras de madera, en la construcción de escuelas son empleadas únicamente en casos muy especiales, como en zonas donde existe dificultad para el uso de otros materiales de construcción, cuando el proyecto así lo considera por la ubicación de la obra.

Sin embargo, la madera es uno de los materiales más valiosos para la construcción. Debido a que se puede cortar y dar forma fácilmente. La madera como materia prima, tiene una ventaja definitiva sobre otros recursos naturales; los depósitos de minerales pueden terminarse después de unos años de explotación, pero los bosques pueden renovarse en un período de tiempo relativamente corto si se manifiesta un programa de reforestación.

Cualquier irregularidad en la madera que afecte a su resistencia o durabilidad es un defecto. A causa de las características naturales del material, existen varios defectos inherentes a todas las maderas que afectan a su resistencia, apariencia y

durabilidad. Entre los defectos más comunes están: rajadura, -
reventadura, pudrición, descantillado o gema, nudo, entre otros.

A causa de los defectos y variaciones inherentes a la madera, es imposible asignarle esfuerzos unitarios de trabajo con la precisión requerida desde el punto de vista de la ingeniería, pues la madera presenta problemas más complejos y variados que muchos otros materiales estructurales; la determinación de los esfuerzos permisibles puede basarse en diferentes criterios, -- que están fundamentados en la información de las características de la madera que se emplea.

Fabricación.-

La madera que no cumpla con la calidad estipulada, deberá ser rechazada, marcada y retirada del lugar. -Los herrajes, - adhesivos y dispositivos que se empleen, serán de las características que en cada caso se requiera.

En las estructuras de madera, para su fabricación se realizará lo siguiente:

- a) Las piezas de madera que se utilicen serán aserradas y cepilladas, obteniéndose las escuadras después de realizadas las operaciones antes mencionadas.
- b) Las piezas se manejarán y almacenarán teniendo cuidado de no dañarlas, se rechazará aquellas piezas que presenten astilladuras, huellas de golpes por manejo inadecuado o daños por intemperismo o por ataque de insectos. Durante su manejo no debe permitirse el uso de herramientas que encajen en las piezas de madera.
- c) Los cortes, rebajes y taladros, se ejecutarán antes de aplicar la preservación o tratamiento a las piezas de madera.

Las estructuras de madera se fabricarán en el taller de acuerdo con las dimensiones, tipo de madera, ensambles, juntas, adhesivos, herrajes y preservación, considerando los requisitos de ejecución siguientes:

- a) Los cortes y cepillado de las piezas, taladros y ensambles, se harán con precisión.
- b) Se procederá a la aplicación del preservativo adecuado, teniendo especial cuidado en las zonas de ensambles y taladros.
- c) Se presentarán las piezas en el taller para verificar la coincidencia exacta de las juntas, taladros y herrajes, numerándolas para identificarlas.
- d) Las piezas y sus herrajes, se empaquetarán cuidadosamente para evitar dañarlas durante las cargas, transporte y descargas a la obra.
- e) En la obra se procederá al armado de la estructura según la numeración de las piezas, y el montaje, de acuerdo con los procedimientos fijados.
- f) Sólo en el caso que hubiera cambio de proyecto se podrá sustituir el tipo de madera, herrajes, ensambles y/o las escuadras de las piezas. En tal caso, se deberá someter previamente a la aprobación el proyecto correspondiente, el cual deberá satisfacer los esfuerzos y las condiciones de trabajo originales.
- g) Cuando se requiera, las estructuras de madera serán fabricadas y armadas en el taller, para su transporte y montaje en la obra.

3.2 ESTRUCTURA DE CONCRETO HIDRAULICO REFORZADO.

Estas estructuras son las más comunes en edificios destina-

dos a las actividades educativas que requieren el espacio de más de dos niveles en un solo inmueble. Entre otros aspectos por los cuales son necesarias las estructuras de concreto hidráulico reforzado, en la construcción de escuelas, están los referentes a que se cuenta con la experiencia técnica tanto en la ejecución de los trabajos como en la normalización de las mismas. Además son utilizadas con gran frecuencia en terrenos que no es posible tener el área necesaria para el desarrollo de las actividades que en determinada escuela se realizan, misma que es necesaria de acuerdo al nivel educativo.

Como las estructuras de concreto hidráulico reforzado son construidas en el lugar de la obra, no se pueden considerar dentro de la prefabricación, sin embargo cabe citar algunos aspectos referentes a su construcción:

Las estructuras de concreto hidráulico reforzado se construirán de la forma, dimensiones, calidad y colocación del acero de refuerzo y f'c que fije el proyecto. El equipo de construcción que se utilice deberá ser previamente probado; si durante la ejecución de los trabajos presenta fallas o deficiencias, es necesario corregirlas o retirar el equipo defectuoso y reemplazarlo por otro en buenas condiciones.

Se debe tener en cuenta las Normas de Concreto Hidráulico y Acero para Concreto Hidráulico, en la realización de cualquier obra que su estructura sea básicamente de elementos o componentes de concreto reforzado.

Cuando se trate de elementos estructurales aligerados con bloques de concreto ligero o módulos de material plástico a base de esumas de poliestireno, se deben tener los siguientes requisitos en su ejecución:

- No se colocarán los bloques o módulos de material plástico

- que representen grietas, deformaciones o desportilladuras.
- Cuando se requiera colocar dos o más piezas juntas, deberán unirse por medio de grapas, flejes u otro procedimiento aprobado.
 - Se fijarán firmemente a los moldes o cimbra para evitar su desplazamiento o flotación durante el colado.
 - Previo al colado, deberán humedecerse adecuadamente.
 - Se tendrá especial cuidado en el vibrado del concreto - hidráulico, para garantizar el acomodo y compactación de la revoltura, sin dañar las piezas y obtener un buen acabado.
 - Cuando las piezas sean huecas, se colocarán en tal forma que se evite la entrada de lechada y mezcla en la parte hueca.

Cuando se debe tener un acabado señalado como "concreto aparente", se entenderá el acabado del concreto tal y como queda después de remover las formas o moldes en otras palabras después del proceso de descimbrado. No se admiten huecos debidos a burbujas de aire, onedades, segregación de los agregados por mal vibrado o vaciado, fisuramientos, juntas de colado visibles o juntas frías, desportillamientos, hendiduras, alabeos o golpes, ni defectos superficiales por mala calidad de la cimbra o molde o por un descimbrado inadecuado. Los paños aparentes deberán quedar limpios, libres de grasas, aceites, pinturas, resinas o cualquier otra materia extraña, con una superficie tersa y uniforme y sin variaciones en tonos de color.

En losas y trabes, la superficie superior del colado, es decir, aquella que no lleva cimbra o molde, deberá acabarse eliminando la mezcla excedente hasta lograr una superficie uniforme y sin depresiones de acuerdo con las dimensiones y formas requeridas, aplicando llana de madera o metálica sin compactar la mezcla

para evitar el brote de agua en la superficie. Cuando el concreto se encuentre en estado plástico y aparezcan grietas en la etapa de acabado, se hará una recompactación.

Los requisitos de ejecución mencionados, son principalmente los que en la construcción de escuelas, con estructuras de concreto hidráulico reforzado, se realizan y son objeto de tener una buena supervisión de obra para llevarlos a cabo en una forma satisfactoria.

3.3 ESTRUCTURAS PRECOLADAS DE CONCRETO HIDRAULICO REFORZADO.

Cuando se trata de estructuras precoladas o de elementos precolados que pasarán a formar parte de la estructura:

En la planta donde se construirán los elementos, se debe verificar el cumplimiento de las normas de control de calidad, en la elaboración de concreto hidráulico, armado del acero de refuerzo y además efectuar los muestreos y pruebas que se consideren necesarios.

Asimismo, se deberá tomar todas las precauciones para que durante las cargas, transportes, descargas y montajes de las piezas, éstas no sufran daños.

El precolado implica la colocación del concreto lejos de su posición final, siendo colados los miembros ya sea en una planta permanente o en un lugar cercano al sitio de la estructura, y se levanta finalmente en la localización final. El precolado permite un mejor control de la producción en masa y a menudo es económico.

El concreto colado in situ requiere más moldes y cimbras por unidad de producto, pero ahorra el costo del transporte y de

erección v es una necesidad para los miembros grandes y pesados. Entre estos dos métodos de construcción hay tramos de rampas o muros inclinados v losas de izar que se construyen en lugares cercanos o dentro de la estructura y erigidos después a su posición final: no hay transportes para éstos. A menudo, es económico precolar parte de un miembro, erigirlo y colar después in situ la porción restante; este procedimiento se llama construcción mixta. Los elementos precolados en una estructura de construcción mixta pueden unirse más fácilmente que aquellos en una estructura del todo precolada. Por construcción mixta es posible ahorrar mucho de los moldes y de las cimbras que se requieren para una construcción de colado in situ total. Sin embargo, debe estudiarse la conveniencia de cada tipo con respecto a las condiciones particulares de una estructura determinada.

Para una revisión de la construcción de una estructura de concreto reforzado, se verifican los alineamientos, posiciones, niveles, dimensiones, forma v acabado de los elementos estructurales, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) Las dimensiones de cualquier sección transversal de una trabe o columna, no diferirán de las de proyecto en más de $0.05t + 10\text{mm}$. ó menos de $0.03t + 3\text{mm}$., en donde "t" es la dimensión para la que se considera la tolerancia.
- b) El espesor de zapatas, losas, muros y cascarones, no diferirá de proyecto en más de $0.05 h + 5\text{mm}$. ó menos de $-0.03 h + 3\text{mm}$., en donde "h" es el espesor de la losa, muro o cascarón.
- c) Los ejes de una sección transversal de una columna en el desplante, no distarán de los del trazo en más de $0.01 t + 10\text{mm}$., en donde "t" es la dimensión de la sección de la columna, perpendicular al eje de que se trate.

- d) Los ejes longitudinales de columnas en distintos niveles de una estructura, no distarán del eje vertical de proyecto en más de $0.01t + 10\text{mm.}$, en donde "t" es la dimensión de la columna, perpendicular al eje de que se trate.
- e) El desplome de una columna o el efecto combinado de excentricidad y desplome, no excederá de $0.02t + 10\text{mm.}$, en donde "t" es la dimensión de la columna, perpendicular al eje deslornado.
- f) La distancia entre el eje centroidal de una columna y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, no será mayor de $0.01t + 5\text{mm.}$, en donde "t" es la dimensión de la sección de la columna, perpendicular a la medida de la tolerancia.
- g) La distancia entre el eje centroidal de una trabe de sección constante y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, no será mayor de $0.02h + 10\text{mm.}$ o de $0.02b + 10\text{mm.}$ en donde "h" es el alto de la trabe y "b" es el ancho de la misma.
- h) Los ejes de trabes en los elementos de apoyo no distarán de los del proyecto, en más de $0.02b + 5\text{mm.}$ en donde "b" es el ancho de la trabe.
- i) En el caso de trabes que deban ir anañadas con los elementos de apoyo, la tolerancia anterior se limita a 3mm.
- j) La altura entre dos losas consecutivas no excederá a la de proyecto, en más de 2cm.
- k) La desviación angular de los ejes de cualquier sección -

transversal de una trabe y/o columna respecto a los de proyecto, no excederá de $2^{\circ}17'$ que es el ángulo cuya tangente es igual a 4 centésimos.

3.4 ESTRUCTURAS DE CONCRETO HIDRAULICO PRESFORZADO.

Presforzado significa "la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o armadura", con el objeto de mejorar su comportamiento y resistencia bajo diversas condiciones de servicio.

Las estructuras de concreto hidráulico presforzado son muy rara vez utilizadas para la construcción de escuelas. Estas tienen su mayor aplicación en edificios y puentes en los cuales se tienen claros de consideración.

El desarrollo inminente del concreto presforzado puede muy bien anovarse en la aplicación del postensado a los edificios y puentes incluyendo la combinación del pretensado, postensado y refuerzo convencional a las estructuras y componentes estructurales.

El principio básico del presforzado no se limita a las estructuras en concreto; también ha sido aplicado a la construcción con acero. Cuando se unen dos placas por remaches calientes o con nervos de alta resistencia las conexiones están altamente presforzadas en tensión y las placas en compresión, capacitando así a las placas para soportar cargas de tensión entre ellas.

Pretensado y Postensado.- El término pretensado se emplea para describir cualquier método de presfuerzo en el cual se tensan los tendones (acero de alta resistencia) antes de vaciar el

concreto. Es evidente que los tendones deberán estar anclados temporalmente contra algunos cabezales o plataformas de esfuerzo en donde son tensados y se transfiere el presfuerzo al concreto después de que ha fraguado. Este procedimiento se utiliza en plantas de precolado o en laboratorios en donde existen plataformas permanentes para tal tensado; también se aplica en el campo en donde pueden ser construidos económicamente dichos cabezales o contrafuertes. En contraste con el pretensado, el postensado es un método de presfuerzo en el cual se tensa el tendón después de que ha endurecido el concreto, así el presfuerzo se produce casi siempre contra el concreto endurecido y los tendones se anclan contra él inmediatamente después del presfuerzo. Este método puede aplicarse a miembros precolados o colados en el lugar (in situ).

Cables o tendones anclados en los extremos o no anclados en los extremos. Cuando los cables o tendones son postensados se anclan en sus extremos por medio de artificios mecánicos para transmitir el presfuerzo al concreto. Tal clase de miembro se llama anclado en los extremos. Aunque muy rara vez, un miembro postensado puede tener sus cables sueltos por la lechada o el mortero sin un anclaje mecánico en sus extremos. En el pretensado los cables o tendones transmiten, por lo general, su presfuerzo al concreto simplemente por su acción de adherencia cerca de los extremos. La efectividad de tal transmisión de esfuerzos está limitada a alambres y cables de diámetro pequeño. Recientemente se han producido anclajes para pretensado y permitir así el uso de tendones de diámetro menores.

Cables o tendones adheridos y sin adherir.- Cables o tendones adheridos denotan aquellos que se adhieren al concreto circundante en toda su longitud. Los cables o tendones no anclados en sus extremos son, necesariamente, adheridos; los cables o ten

dones anclados en sus extremos pueden ser adheridos o no adheridos al concreto. En general, la adherencia de los cables o tendones postensados se logra por la inyección subsecuente de la lechada; si es no adherido, el cable o tendón deberá protegerse de la corrosión galvanizándolo, engrasándolo o por algún otro medio. Algunas veces los cables o tendones adheridos se dejan a propósito sin adherir en ciertas porciones de su longitud.

Presfuerzo Parcial o Total.- Una distinción posterior entre los tipos de presfuerzo se hace dependiendo del grado de presfuerzo al cual se sujeta un miembro de concreto. Cuando un miembro se diseña para que bajo la carga de trabajo no existan esfuerzos de tensión, se dice que el concreto es completamente presforzado. Si se producirán algunos esfuerzos de tensión en el miembro bajo la carga de trabajo, entonces se dice que es presforzado parcialmente. Para un presfuerzo parcial se suministran frecuentemente varillas adicionales de acero medio para reforzar la parte en tensión. En la práctica, a menudo es difícil clasificar una estructura como presforzada parcial o totalmente, puesto que mucho dependerá de la magnitud de la carga de trabajo usada en el diseño.

Una de las consideraciones peculiares al concreto presforzado es la pluralidad de etapas de carga a las cuales está sujeta frecuentemente un miembro o una estructura, algunas de estas etapas de carga aparecen también en las estructuras no presforzadas, pero otras existen solamente debidas al presfuerzo. Para una estructura colada en el lugar el concreto presforzado tiene que diseñarse para dos etapas por lo menos: la etapa inicial durante el presfuerzo y la etapa final bajo las cargas exteriores. Para los miembros precolados tiene que investigarse una tercera etapa; la de maniobras y transporte. Durante cada una de estas tres etapas también hay diferentes periodos cuando el miembro o estructura puede estar bajo diferentes condiciones de carga.

En las estructuras de concreto presforzado, los requerimientos para los materiales auxiliares especiales para el concreto presforzado, están aquellos para la provisión de conductos apropiados para los cables o tendones. Los ductos y sus uniones serán herméticos, para impedir la entrada de agua o lechada de concreto hidráulico.

El diámetro interior de los ductos deberá ser como mínimo, 4mm. mayor que el diámetro del cable, pero no más de 6mm.

Los ductos no deberán arrastrarse ni dejarse caer, y estarán libres de materias extrañas, abolladuras y/o deterioro por oxidación.

Para el pretensado, no son necesarios tales ductos. Para el postensado, hay dos tipos de conductos, uno para el presfuerzo con adherencia, otro para aquel sin adherencia.

Cuando los cables o tendones van a tener adherencia, generalmente por lechadeo, los conductos se pueden hacer de lámina de acero, aluminio, estaño, u otra clase de tubos o láminas metálicas. Para cables nequeños, frecuentemente se emplean tubos de metal en láminas corrugadas. Por ejemplo, el sistema Freyssinet emplea una manguera metálica con diámetros exteriores que varían de 28.58 a 41.28mm. (1 1/8 a 1 5/8", respectivamente) para 8 a 18 alambres, con un espesor de manguera de cerca de 1.6mm. (1/16").

También es posible formar el ducto removiendo el tubo de acero o la barra antes de que endurezca el concreto. Más frecuentemente, se forma el ducto retirando núcleos de hule extractables que estaban ahogados en el concreto.

Cuando los cables o tendones no van a ser adheridos, se uti-

liza frecuentemente una cubierta de plástico o papel grueso, y se engrasan adecuadamente los cables o tendones para facilitar el tensado y prevenir la corrosión. Usualmente se añade a la grasa inhibidores de herrumbre junto con los compuestos adicionales para asegurar su consistencia uniforme en los extremos de temperatura. A menudo se añade a la grasa fibras de asbesto para que permanezca durante la aplicación. La envoltura de plástico o papel deberá atarse con alambres o cintas a intervalos frecuentes. Deberán trasladarse apropiadamente los tubos plásticos del tino dividido y sellado a lo largo de la costura, para sellarlo así contra cualquier escurrimiento del mortero, el cual anhetaría a los cables o tendones contra los tubos. Cuando se envuelven espiralmente los papeles alrededor de los cables o tendones, deberá tenerse cuidado al envolver para evitar el apiñamiento de los naves al tensar los cables o tendones.

Los dispositivos de anclaje, tales como placas de acero, cuñas, separadores y conles, que se utilicen en las estructuras de concreto presforzado, deberán ser de características para que se tenga la fuerza efectiva de presfuerzo requerida.

En las estructuras de concreto presforzado, la forma y dimensiones de sus elementos y la f'c así como la colocación de los ductos, cables, refuerzo adicional, dispositivos de anclaje y además operaciones que se requieran, se ejecutarán de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Además de lo que corresponda con lo señalado en la fracción anterior, se observará lo siguiente:

- a) En elementos nostensados, en ningún caso se hará el tensado inicial antes de que el concreto hidráulico haya adquirido el 80% de la f'c fijada en el proyecto y haber verificado que los cables deslicen libremente dentro de los ductos. En el caso de trabes, además, el alma deberá estar en posición vertical y con la sujeción lateral necesaria.

- b) El tensado total se hará cuando el concreto hidráulico haya adquirido la $f'c$ fijada en el proyecto, observándose se lo que corresponda de lo indicado en el párrafo anterior.
- c) Para comprobar las tensiones aplicadas a cada cable, deberá verificarse la correspondencia de dichas tensiones con los alargamientos registrados en el extremo del cable. De no satisfacerse esta correspondencia, deberá suspenderse el tensado hasta corregir las causas.
- d) Después de terminado el tensado y dentro de un plazo máximo de 24 horas, los ductos correspondientes deberán ser llenados, inyectándolos a presión, con lechada de cemento de la proporción fijada.
- e) En elementos colados en el lugar, la remoción de la obra falsa sólo podrá efectuarse después de aplicado el presfuerzo inicial o el total, según se indique.
- f) La carga, el transporte, la descarga y las maniobras para el montaje de elementos precolados, sólo podrán efectuarse después de haberse colocado los dispositivos para el manejo, aplicado el presfuerzo inicial o el total, y en su caso, después de transcurridos 3 días de la inyección de la lechada de cemento.
- g) Los dispositivos para el manejo, así como la sujeción lateral de las trabes, sólo podrán retirarse cuando éstas queden montadas en su posición de proyecto y debidamente contraventeadas.
- h) Una vez aplicado el presfuerzo, los anclajes de los cables se protegerán, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por el CAPFCE.

- i) Las cabezas o placas de concreto hidráulico para la distribución de los esfuerzos en los extremos de las trabes se construirán empleando moldes especiales para garantizar la precisión de su geometría con relación a la fijada en el proyecto. Se tendrá especial cuidado en su fabricación, manejo y colocación, no aceptándose las que presenten desportilladuras o cualquier otro defecto.

Para dar por terminada la construcción de un elemento de concreto reforzado, se verificarán sus dimensiones, forma y alineamiento dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) Las dimensiones de cualquier sección transversal de trabes, losas, muros o columnas, no diferirán con las del proyecto en más de $0.01t + 2\text{mm.}$, o menos de $\frac{0.01t + 2\text{mm.}}{2}$ en donde "t" es la dimensión para que se considere la tolerancia.
- b) La desviación angular de los ejes de cualquier sección transversal de una trabe y/o columna respecto a los del proyecto, en elementos colados en el lugar, no será mayor de ($1^{\circ}10'$), que es el ángulo cuya tangente es diecisiete milésimos y en elementos precolados no será mayor de medio grado ($0^{\circ}30'$), que es el ángulo cuya tangente es 9 milésimos.
- c) La distancia entre el eje centroidal de una columna y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, no será mayor de $0.01t + 2\text{mm.}$, en donde "t" es la dimensión de la sección de la columna, perpendicular a la medida de la tolerancia.
- d) La distancia entre el eje centroidal de una trabe de -

sección constante y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, antes de aplicado el presfuerzo, medida en dirección vertical, no será mayor de $0.01h + 2mm$. y medida en dirección horizontal no será mayor de $\frac{0.01b + 4 mm}{2}$. en donde "h" es el peralte

de la trabe y "b" es el ancho o natfn de mayor dimensión de la misma.

e) Una vez aplicado el presfuerzo, la distancia horizontal entre el eje centroidal de una trabe y la recta que une los centroides de las secciones extremas, no será mayor de $L/700$ o de $b/20$ donde "L" es la longitud total de la trabe y "b" es el ancho o natfn de mayor dimensión de la misma.

f) Los ejes de apoyo de las trabes no diferirán de los de proyecto, longitudinalmente en más de 2mm. y transversalmente en más de 5mm.

3.5 ESTRUCTURAS DE ACERO.

Para la construcción de edificios educativos en los que se requieran tener claros de cierta importancia como es el caso de talleres; o bien espacios abiertos, son utilizadas las estructuras de acero fabricadas con metales estructurales que se producen en forma de perfiles y elementos planos laminados. En los últimos años se ha presentado un gran auge en el uso de estructuras de acero, fabricadas en forma estandarizada y en serie debido a la rapidez y adecuación con la que se ha logrado satisfacer la necesidad de diferentes espacios educativos.

Se producen actualmente aceros en gran variedad para la construcción de estructuras. Los productores han dado nombres

comerciales a muchos de estos aceros de los cuales la mayor parte están cubiertos por las especificaciones o normas más usadas para materiales estructurales, unas son las de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

Los aceros para pronóstitos estructurales pueden clasificarse de diversas maneras, pero comunmente se les conoce como aceros al carbón, aceros de alta resistencia, aceros de alta resistencia y baja aleación y aceros templados por inmersión y recalentamiento.

Los aceros que se usan regularmente se describen en la tabla siguiente:

DESIGNACION ASTM	PRODUCTO	USO
A36	Perfiles, placas y soleras de acero al carbón.	Construcciones soldadas, remachadas y atornilladas; edificios, puentes, torres y proyectos estructurales generales.
A53	Tubería soldada o sin costura; negra o galvanizada.	Construcciones soldadas, remachada y atornilladas; principalmente en edificios, particularmente en columnas y miembros de armaduras.
A242	Perfiles, placas y soleras de baja aleación, alta resistencia.	Construcciones soldadas, remachadas y atornilladas; puentes, edificios y proyectos estructurales generales; resistencia a la corrosión atmosférica 4 veces mayor que la del acero al carbón un acero intemperizado.

DESIGNACION ASTM	P R O D U C T O	U S O
	<p>A245 Láminas de Acero al carbón, laminadas en frío o en caliente.</p>	<p>Elementos estructurales formados en frío para edificios; edificios especiales estandarizados; construcciones soldadas remachadas - en frío, atomilladas y con pernos roscados metálicos.</p>
	<p>A374 Láminas y chanas laminadas en frío, de baja aleación y alta resistencia.</p>	<p>Elementos estructurales formados en frío para edificios, edificios especiales estandarizados, construcciones soldadas, remachadas en frío, atomilladas y con pernos roscados metálicos.</p>
	<p>A440 Perfiles, placas y soleras de alta resistencia.</p>	<p>Construcciones remachadas o atomilladas; puentes, edificios, torres y otras estructuras; resistencia a la corrosión atmosférica doble que la del acero al carbón.</p>
	<p>A441 Perfiles, placas y soleras de acero de alta resistencia y baja aleación de manganeso-vanadio.</p>	<p>Construcciones soldadas, remachadas o atomillada, pero principalmente enfocadas a la construcción soldada; puentes, edificios y -- otras estructuras, resistencia a la corrosión atmosférica doble - que la del acero al carbón.</p>

DESIGNACION ASTM	P R O D U C T O	U S O
A446 Láminas recubiertas de zinc (galvanizadas) en rollos o longitudinales rectas.		Elementos estructurales formados en frío para edificios; edificios especiales estandarizados, construcciones soldadas remachadas en frío, atornilladas y con pernos roscados metálicos.
A500 Ductos formados en frío, soldados o sin costura, de forma circular, cuadrada, rectangular o especial.		Construcciones soldadas, remachadas o atornilladas; puentes, edificios y proyectos estructurales generales.
A501 Ductos formados en caliente soldados o sin costura, de forma circular, cuadrada, rectangular o especial.		Construcciones soldadas, remachadas o atornilladas; puentes, edificios y proyectos estructurales generales.
A514 Placas de alta resistencia a la fluencia, templadas por <u>in</u> mersión y recalentamiento.		Enfocado principalmente para puentes y otras estructuras soldadas; la técnica de soldadura no debe afectar las propiedades de la placa, especialmente en la zona afectada por el calor.
A529 Placas y soleras de acero al carbón hasta de 13mm. - (1/2") de espesor		Edificios, edificios especiales estandarizados; construcciones soldadas, remachadas o atornilladas.

DESIGNACION ASTM	P R O D U C T O	U S O
A570	Láminas y chapas de acero al carbón, laminadas en caliente en rollos o longitudinales rectas.	Elementos estructurales formados en frío para edificios, edificios especiales estandarizados, construcciones soldadas, remachadas en frío, atornilladas y con pernos roscados metálicos.
A572	Perfiles, placas, tablas es-tacado y soleras de acero de alta resistencia y baja aleación columbio-vanadio.	Construcción de edificios soldados, remachados o atornillados en todos los grados; puentes soldados en grados 42, 45 y 50 únicamente.
A588	Perfiles, placas y soleras de acero de alta resistencia y baja aleación.	Enfocado principalmente para puentes y edificios soldados; resistencia a la corrosión atmosférica de 4 veces la del acero al carbón, un acero intemperizado.
A606	Láminas y chapas de alta resistencia y baja aleación laminadas en frío y en caliente	Enfocado para proyectos estructurales y misceláneos donde son importantes al ahorro en peso y una mayor durabilidad.

Las estructuras de acero pueden ser atornilladas y/o soldadas; ya que los componentes que forman un miembro metálico o una estructura completa se mantienen unidos por medio de remaches, tornillos o soldaduras. Estos dos tipos de estructuras de acero son empleadas en forma estandarizada por el Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas el cual ha diseñado estructuras tipo las cuales son construidas a base de marcos, utilizando un sistema estable de miembros estructurales que soporta los muros divisorios y el sistema de piso y techo.

Las estructuras de acero se fabrican en talleres de acuerdo con las dimensiones y demás requisitos fijados según el proyecto. En la planta se verifica el cumplimiento de especificaciones y se efectúan los muestreos y pruebas que se consideren necesarios; de antemano se realizan y arriban los planos de taller para la correcta fabricación de las piezas o elementos estructurales que pasaran a formar parte de la estructura.

Para la correcta fabricación de las estructuras de acero -- atornilladas, con pernos y tuercas a presión se observa lo siguiente:

- a) El diámetro de los agujeros será (1.6mm) mayor que el nominal de los tornillos. Las perforaciones se harán con taladro y broca de un diámetro mayor en (1.6mm) respecto al diámetro nominal del tornillo.
- b) Las partes que se vayan a unir, deberán presentarse con pasadores o pernos previamente a la colocación de los tornillos.
- c) Los tornillos, soldadas y tuercas, se colocarán a la presión que fije el proyecto mediante el uso de la herramienta adecuada.
- d) Se tendrá especial cuidado de la carga, transporte y descarga de las piezas, evitando que sufran daños, flambos y deformaciones.
- e) El procedimiento de montaje será fijado por el proyecto de acuerdo con el tipo de estructura.

En las estructuras de acero soldadas, se fija en cada caso el tipo de metal de aportación, metal base y los procedimientos

para su correcta ejecución. Es conveniente recalcar que en este tipo de estructuras es de vital importancia el proceso de soldadura que consiste en unir partes metálicas por medio de calor y presión que provocan la fusión de las partes (soldadura por resistencia), o mediante el calentamiento del metal hasta su temperatura de fusión, con o sin adición de metal de soldadura (soldadura por fusión). La soldadura por fusión utiliza por lo común ya sea el arco eléctrico o una flama de oxiacetileno para calentar el metal hasta la temperatura de fusión. El arco eléctrico se usa para la mayoría de las soldaduras estructurales.

Por su tipo las soldaduras se pueden clasificar como: soldadura de muesca, de filete o chaflán, de tapón y de ranura. La soldadura de muesca se hace en la abertura (llamada muesca) entre las dos partes por unir, mientras que la soldadura de filete, que es de forma triangular, une superficies que forman un ángulo entre sí. Una soldadura de tapón se hace depositando metal de soldadura en un agujero circular hecho en una de dos piezas traslapadas, debiendo quedar el agujero completamente lleno.

La soldadura de ranura es semejante a la de tapón con la única diferencia de que el agujero es alargado. Los agujeros y las ranuras pueden soldarse con soldadura de filete en toda su circunferencia o perímetro, pero entonces no son soldadura de tapón o de ranura.

De acuerdo con la posición de la soldadura durante su colocación, se le puede clasificar también como plana (también llamada hacia abajo), horizontal, vertical o de sobrecabeza. La soldadura en la posición plana se ejecuta desde arriba con la cara de la soldadura aproximadamente horizontal. La posición horizontal es similar, pero la soldadura es más difícil de hacer. En la posición de sobrecabeza el trabajo se realiza desde abajo de la -

Junta y es la soldadura más difícil de realizar. En la soldadura de posición vertical el eje longitudinal de la misma es vertical.

En la fabricación de estructuras de acero soldadas, se observará que se cumplan las normas siguientes:

- a) El equipo a utilizar debe ser el adecuado para la ejecución de los trabajos inherentes a la fabricación, el cual se aprobará previamente. Los soldadores que se empleen deben ser calificados; para ello previamente se harán exámenes que reproduzcan con la mayor fidelidad posible, las condiciones en que se ejecutará el trabajo.
- b) Las superficies por soldar deberán ser limpiadas de escamas sueltas, escoria, óxido, grasa, humedad o cualquier otro material extraño, debiendo quedar tersas, uniformes y libres de rebabas, y no presentar desgarraduras, grietas y otros defectos, que puedan disminuir la eficiencia de la junta soldada. Las superficies comprendidas dentro de una distancia mínima de 5cm. alrededor de una junta por soldar, deberán estar libres de cualquier pintura o material que impida una soldadura apropiada o produzca gases perjudiciales durante la operación de soldar.
- c) Cuando se utilice soldadura de filete, las piezas se pondrán en su posición tan cerca como sea posible, y en ningún caso estarán separadas más de 5mm. Si la separación es igual o mayor de 1.6mm, el lado del filete de soldadura se aumentará en una cantidad igual a la separación. La separación entre las superficies en contacto de juntas traslapadas, así como la de las placas de juntas a tope con la placa de retención, no excederá de 1.6mm. No se permite el empleo de placas de empaque, excepto las que se fijan en el proyecto o sean aprobadas.

- d) Cuando se utilice soldadura de ranura a tope, las piezas se alinearán cuidadosamente, procurando evitar el efecto de la flexión originada por la excentricidad en el alineamiento de la junta, para lo cual se permitirá una discrepancia lateral máxima igual a 10% del espesor de la pieza más delgada, pero en ningún caso será mayor de 3.2mm. La medida de la discrepancia lateral de las piezas de la junta se basará en la distancia entre ejes de centro, a menos que sea especificado en otra forma.
- e) Las partes por soldar se mantendrán en su posición correcta hasta terminar el proceso de soldadura, mediante el empleo de Pernos, prensas, cuñas, tirantes, puntales, u otros dispositivos adecuados o también mediante puntos provisionales de soldadura. En todos los casos se tendrá en cuenta la tolerancia adecuada para el alabeo y la contracción.
- f) Los puntos provisionales de soldadura se limpiarán y fundirán completamente con la soldadura definitiva. Las soldaduras de pasadas múltiples tendrán sus extremos en cascada. Los puntos de soldadura que se consideren defectuosos se quitarán antes de hacer la soldadura definitiva. Las soldaduras provisionales se removerán con un esmeril hasta emparejar la superficie original.
- g) En el ensamblado y unión de las partes de una estructura, o de un miembro compuesto y cuando se suelden piezas de refuerzo a un miembro, la forma de proceder y el orden en que se harán las soldaduras será tal, que se eviten deformaciones innecesarias y se reduzcan al mínimo los esfuerzos por contracciones. Las soldaduras se deberán hacer, siempre que sea posible, siguiendo un orden tal, que el calor aplicado en los lados de la pieza, quede balanceado

durante el desarrollo del proceso. Antes de comenzar las operaciones de soldadura en empalmes soldados a tope, en miembros laminados o compuestos de sección transversal en forma de "H", "I" o de cajón, o en cualquier miembro o estructura en los que se espere que se representen fuertes esfuerzos por contracción o distorsión, previamente se formulará un programa, fijando la secuencia de las operaciones de soldadura, así como el control de la distorsión.

- h) Siempre que sea posible, la soldadura se hará en posición horizontal y el avance deberá hacerse partiendo de los puntos donde las piezas estén relativamente fijas, hacia los puntos donde tengan una mayor libertad relativa de movimiento.
- i) No deberá soldarse cuando el metal base por soldar esté húmedo, expuesto a la lluvia, vientos fuertes u otras condiciones meteorológicas desfavorables, ni cuando su temperatura sea inferior a 7°C , bajo cero. Cuando la temperatura del metal base sea inferior a 0°C , deberá precalentarse hasta una temperatura de 20°C , debiendo mantenerse esta temperatura como mínima durante toda la operación de soldado.
- j) Salvo indicación en contrario, durante el proceso de los trabajos de soldadura, el metal base deberá precalentarse de acuerdo con las temperaturas indicadas en la siguiente tabla.

Espesor de la parte más gruesa en el punto de soldadura -- En mm	PRECALENTAMIENTO MINIMO Y TEMPERATURAS DE PASOS SUCESIVOS				
	Soldadura de Arco con Electrodo Metálicos recubiertos que no sean Electrodo de bajo hidrógeno. (1)		Soldadura de Arco con Electrodo Metálicos recubiertos de bajo hidrógeno y soldadura con arco sumergido. (2)		
	Acero Estructural	Acero Estructural para ser soldado.	Acero Estructural	Acero Estructural para ser soldado	Acero Estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso y vanadio. A-441
De 0 a 25mm	94°C	10°C	38°C	10°C	38°C
De 25 a 50mm	No se permite	38°C	38°C	10°C	38°C
Más de 50mm.	No se permite	94°C	94°C	38°C	94°C

(1) Electrodo del tipo E 60 XX, E 70 XX.

(2) Electrodo del tipo E XX 15, 16, 18 ó 20 o de arco sumergido con fundente seco.

Quando se juzgue conveniente, habrá la revisión de las soldaduras, por medio de radiografías u otro procedimiento no destructivo.

Después de haber sido inspeccionados y aprobados los elementos estructurales y/o sus partes, se les aplicará la pintura o capa de protección; debiendo limpiarse previamente todas las escamas, óxido, escorias, grasa, aceite y otras materias extrañas. Las superficies estarán completamente libres de humedad al aplicar la pintura y ésta deberá cubrir totalmente las piezas, excepto cuando vayan abogadas en concreto o se vayan a soldar posteriormente; en éste último caso, se dejarán sin pintar los cantos por soldar y las superficies adyacentes a los mismos, debiendo aplicarse únicamente una capa de protección con un material adecuado para ello que sea aprobado.

Control de Calidad de Soldadura.-

La producción de buenas soldaduras está gobernada por muchos factores. El tipo de junta, su preparación y ajuste, la abertura de la raíz, etc., son importantes, igual que la posición, la corriente y el voltaje aplicados, la longitud del arco y la rapidez de aplicación. También es importante la accesibilidad para soldar, en la medida en que la calidad de la soldadura está determinada en grado considerable por la posición del electrodo. Para una soldadura de filete, el electrodo ordinariamente debe bisectar el ángulo entre las dos piezas de la soldadura, además de que debe inclinarse 20° en la dirección del recorrido.

La American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura) publica procedimientos de calificación de soldaduras. Tales procedimientos de calificación tratan acerca de las propiedades de los metales, el tipo de muesca y la posición de la soldadura, tipo y tamaño de los electrodos, magnitud de la corriente y voltaje, así como los requisitos para precalentar el metal base.

El operario debe ser también calificado soldando especímenes de prueba determinados, los cuales deben tener las propiedades de resistencia y ductilidad especificados. Sin embargo, la calificación del procedimiento y del operario no son suficientes para garantizar soldaduras satisfactorias, por lo que la inspección es importante. Además de la inspección visual, se pueden usar o emplear pruebas no destructivas para determinar los tipos y distribución de defectos en la soldadura. La inspección por partículas magnéticas (magnaflux) se basa en la inducción de un fuerte campo magnético en una corta sección de material ferromagnético. Los polos se desarrollan en donde existen filtraciones en el campo, que se presentan en las discontinuidades de la soldadura, provocando la migración del polvo de hierro espolvorado sobre el área de prueba hacia dichos polos. La figura así formada tiende a delinear las discontinuidades.

En la inspección por penetración de colorantes, se rocía o aplica con brocha sobre la superficie de la soldadura un colorante que penetra en las irregularidades de la misma. A continuación, un reactivo colocado encima por atomización, se torna rojo bajo la acción del colorante que por acción capilar emerge de los defectos superficiales. Un procedimiento similar está basado en el uso de un líquido fluorescente que detecta imperfecciones de la superficie al quedar expuesta a una luz negra.

La inspección radiográfica utiliza radiaciones de onda corta, tales como rayos-X o rayos gamma, para descubrir defectos superficiales o por abajo de la superficie. El rayo de la luz encuentra menos resistencia en los defectos y cuando la radiación se registra sobre la película, el defecto es descubierto.

La inspección ultrasónica es también efectiva para localizar defectos de la soldadura en la superficie y bajo ella. Las ondas de sonido de alta frecuencia, enviadas a través del área

por inspeccionar son reflejadas por las discontinuidades y diferencias de densidad. Las ondas del sonido reflejadas, son controladas por un aparato receptor que las convierte en energía eléctrica y mostradas con trayectorias visuales en la pantalla de un osciloscopio.

Al interpretar los resultados de la inspección de una soldadura, es importante valorar la severidad del defecto en relación a sus requerimientos de servicio. Algunos defectos pueden tener relativamente poca importancia, mientras que otros pueden ser críticos en situaciones específicas de servicio.

Juntas Soldadas.-

Las juntas soldadas se clasifican como juntas a tope, traslanadas, en T, de esquina y de borde. La junta a tope es una soldadura de muesca mientras que la junta traslanada es soldadura de filete. La junta en T puede ser con soldadura de muesca o puede unirse por medio de una soldadura de filete en cada lado de la junta. Las juntas con soldadura de muesca pueden ser juntas de penetración completa o juntas de penetración parcial. En algunos casos, la penetración es parcial intencionalmente, ya que la profundidad de la soldadura es menor que el espesor de las partes por unir, mientras que en otros casos es parcial porque el procedimiento de soldadura no produce una penetración efectiva en lo que de otra manera parecería una junta de penetración completa.

Existe un cierto número de juntas que se pueden emplear sin necesidad de calificación, lo que significa que no se requieren pruebas para demostrar su eficiencia. Algunas de las juntas para edificios, ejecutadas manualmente con arco metálico protegido y recalificadas por la American Welding Society, son juntas de penetración completa, pero su uso está limitado a ciertos espesores, otras son juntas de penetración completa sin límite de espesor. El tipo de penetración para juntas a tope diferentes de la

muesca recta, depende en parte del espesor del material, de la posición de la soldadura y de que, uno o ambos lados de la junta, sean accesibles para soldar. Las muescas sencillas tales como el bisel, la V, la J y la U son más baratas, pero requieren más metal de aportación que las juntas de doble muesca. Por ejemplo, la junta en V sencilla requiere aproximadamente 2 veces más soldadura que la junta en V doble. La elección entre la muesca sencilla y la muesca doble usualmente depende de verificar que el mayor costo de la preparación se ve compensado por el ahorro en metal de aportación. Las juntas en bisel, en V se prefieren para soldaduras horizontales porque es difícil lograr una junta en J o en U en esta posición.

La soldadura de filete es muy común en conexiones estructurales. Las caras de la soldadura que quedan en contacto con las partes unidas reciben el nombre de piernas. El tamaño de un filete de soldadura de piernas iguales, está dado por la longitud del lado más grande del triángulo rectángulo isósceles, que se puede inscribir en la sección transversal de la soldadura, la garganta es la distancia más corta desde la raíz de la soldadura hasta la hipotenusa.

Para dar por terminada la construcción y el montaje de las estructuras de acero, se verificarán sus dimensiones, forma, elevaciones, acabado y alineamiento, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) Las dimensiones de vigas, trabes y columnas no diferirán de las del proyecto en más de $0.002t + 2\text{mm.}$, ni serán menores en 5mm. respecto a las del proyecto, en donde "t" es la dimensión en la que se mide la tolerancia.
- b) En columnas, la flecha en cualquier plano no diferirá de la del proyecto en más de $0.0007h + 3\text{mm.}$, en donde "h" es la altura de la columna.

- c) En vigas o trabes, la flecha medida en el taller no diferirá de la del proyecto en más de $\frac{L}{4000}$, ni será mayor de 6mm. en donde "L" es la longitud de la trabe o viga.
- d) La distancia entre el eje centroidal de una trabe o viga de sección constante y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, antes de aplicar la carga, no será mayor de $\frac{L}{1000}$, en el sentido vertical, ni de $\frac{L}{700}$, en el sentido horizontal, en donde "L" es la longitud de la viga o trabe.
- e) En vigas compuestas, la falta de coincidencia del alma con un plano (combamiento), en una longitud igual al peralte, no será mayor de $\frac{h}{150}$, en donde "h" es el peralte de la viga.
- f) En vigas compuestas, la falta de coincidencia del patín con un plano en una distancia igual al ancho del patín, no será mayor de $\frac{B}{100}$, en donde "B" es el ancho del patín.
- g) En vigas, trabes y columnas, el ángulo que forman el patín con el alma, no diferirá con el del proyecto, en más de un (1) centésimo.
- h) En vigas, trabes y columnas, la flecha del patín debido al combamiento transversal, no será mayor de $\frac{B}{100}$, en donde "B" es el ancho del patín.
- i) En vigas, trabes y columnas, la excentricidad del alma con relación al patín, no será mayor de seis (6)mm.

- j) Los ejes del apoyo de las trabes, vigas y columnas, no diferirán de los del proyecto en más de 2mm. en sentido longitudinal, ni de 5 mm. en sentido transversal.

C A P I T U L O I V

SELECCION DE LA ESTRUCTURA

Para la selección de la estructura prefabricada, está debe tener las características necesarias para satisfacer los requerimientos de tipo educativo y de tipo técnico.

Para seleccionar una estructura, que puede ser según el material de construcción de los tipos antes mencionados, es necesario la consideración de las necesidades específicas para los espacios educativos para los que se propone.

Los aspectos de tipo técnico que se deben considerar para la selección de la estructura, están ligados con el diseño estructural de la misma por lo que de antemano habrá que definir, tipos de cimentación adecuados para la propia estructura, que a su vez dependerán de las características mecánicas del suelo -- donde se propone la estructura. Además debe de cumplir con los requisitos de seguridad y servicio para los que fue diseñada.

Así mismo debe considerarse en la selección de la estructura, la localización y la topografía, ya que influirán en forma -

determinante en el desarrollo de las actividades que se realizan dentro de la misma.

Otro de los aspectos a considerar para la decisión del tipo de la estructura, es el estético y el de proyecto arquitectónico, ya que éste determinará los espacios educativos necesarios para los cuales funcionará adecuadamente la estructura.

Las estructuras prefabricadas son de fácil adaptación en cuanto al número de entrejes, tanto transversales como longitudinales de acuerdo al proyecto arquitectónico de cada edificio en particular. Por la razón anterior las estructuras prefabricadas proyectadas y diseñadas para la construcción de escuelas, al seleccionar alguna de las utilizadas por el Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas, se considerarán los diferentes espacios educativos en cada caso en particular, que tendrá el edificio.

Se debe además conocer para cuál zona dentro del proyecto de conjunto, se utilizará la estructura propuesta, ya que cada zona tiene sus características y requerimientos de acuerdo con la función y las actividades que en ella se realizan, las cuales requieren de estructuras que se apeguen a los requerimientos en los espacios educativos, los que están directamente relacionados según el medio, ya bien rural o urbano y semi-urbano.

4.1 GENERALIDADES Y REQUERIMIENTOS.

Para seleccionar una estructura además de cumplir o apegarse a las condiciones anteriores, ésta cumplirá con los requerimientos en cada espacio educativo, según el nivel educativo del cual se trate como son:

- Forma y dimensiones.

- Comodidad.- Visual, Acústico, Climático y Asoleamiento.

Los locales escolares, en cuanto a iluminación natural y artificial, aereación, confort térmico, confort acústico, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

a) Iluminación natural.- La cantidad de luz natural dentro de un local depende de la iluminación exterior, de la superficie, posición y estructura de las ventanas y eventualmente, de los obstáculos exteriores colocados en el ángulo de penetración de luz, como árboles y construcciones. La intensidad luminosa durante el día, puede variar de 100,000 luxes a 3,000 luxes. Se denomina cociente diurno a la expresión:

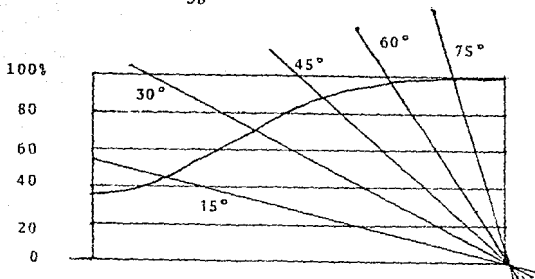
$$n = \frac{\text{intensidad luminosa interior}}{\text{intensidad luminosa exterior}}$$

expresada en por ciento(%)

Los cocientes diurnos mínimos recomendables son:

* Actividades escolares normales.	2%
* Clases primaria y secundaria.	4%
* Laboratorios y talleres de máquinas.	6%
* Talleres de dibujo y costura.	10%.

La iluminación cenital proporciona el cociente diurno más alto y varía de acuerdo con el ángulo de penetración de los rayos solares, figura siguiente:



La calidad de la luz es tan importante como la cantidad que se recibe dentro de un local. Se obtiene mediante una difusión uniforme evitando contrastes bruscos y deslumbramientos. El plafón y las paredes son los elementos reflejantes más importantes para lograr una difusión uniforme. El piso es el reflector más noderoso, pero en sentido inverso, por lo que de preferencia no debe ser brillante. Se consideran los siguientes valores del por ciento de luz reflejada para:

* Plafón	75%
* Muros	55%
* Mobiliario	50%
* Pizarrones.	20%

El color de las superficies refleja:

* Blanco	75%	Naranja	25%
* Amarillo claro	60%	Gris	20%
* Verde claro	50%	Verde oscuro	10%
* Rosa	45%	Rojo oscuro	10%
* Azul claro	40%	Azul oscuro	10%
* Gris claro	35%	Negro	0 a 3%

b) La iluminación Artificial.- Deberá cumplir con las exigencias cuantitativas y cualitativas de la iluminación natural.

Las intensidades mínimas recomendables son:

Jardín de Niños	100 luxes
Escuelas Primarias	200 "
Escuelas Secundarias	200 a 300 "
Talleres: carpintería, soldadura, electricidad, mecánica automotriz, corte y confección	300 "
Ferria, tratamiento térmico, construcción.	200 "
Máquinas-herramientas, electrónica.	500 "
Locales especiales:	
Gimnasio, cocina, lavandería	200 "
Laboratorios:	
Geografía, historia, diseño artístico, música, trabajos manuales, biblioteca, sala de lectura, examen médico.	300 "
Sala de costura, diseño técnico, laboratorios de metrología y electrómetría.	500 "
Administración, profesores	300 "
Intendencia, archivo.	100 "
Circulaciones, pasos cubiertos	50 "
Pasillos	70 "
Cubos de escalera	150 "
Sala de conferencia, restaurant, cafetería.	150 "
Vestíbulos	50 a 150 "
Locales de servicios y sanitarios, vestidores, baños, duchas, lavatorios.	70 "

- c) Aereación.- Las condiciones de aereación de un local dependen de factores cuantitativos y cualitativos, tales como: contenido de oxígeno, ausencia de polvo y olores contaminantes, temperatura ambiente, movimiento y grado de humidificación del aire. El aire (puro) que aspira el organismo humano está compuesto de 79% de nitrógeno y 21% de oxígeno; al expirarlo, cambia la composición del aire a 79% de nitrógeno, 16% de oxígeno, 4.5% de bióxido de carbono y 0.50% de vapor de agua, es decir, consume o transforma en bióxido de carbono una cuarta parte del oxígeno de la mezcla. La cantidad de aire necesaria en cada movimiento respiratorio varía de 500 a 1,500 cm³, según que las actividades que se estén desarrollando sean tranquilas o intensas. De acuerdo con lo anterior, y considerando 20 movimientos respiratorios por minuto, se tendrán 600 dm³ por hora, de aire respirado por persona en condiciones tranquilas. Los volúmenes mínimos de aire recomendados y la renovación de los mismos, para un local escolar, deberán ser:

VOLUMEN DISPONIBLE POR ALUMNO (m ³)	NUMERO DE RENOVACIONES POR ALUMNO Y POR HORA
3	9
5	5
7	4
9	3

La renovación del aire se podrá realizar en forma natural a través de los espacios abiertos en ventanas, y/o en forma mecánica por medio de aparatos y accesorios destinados a este objeto.

- d) Confort Térmico.- Las temperaturas secas recomendables, para una humidificación relativa del aire de 50% y movimiento de 0 a 0,2 m/s, deberán ser:

Salones de clase, laboratorios biblioteca, sala de lectura, cafetería, y administración.	18° a 25°C
Trabajos manuales, talleres y lavanderías.	15° a 25°C
Gimnasios	12° a 25°C
Exámen Médico	24°C
Dormitorios	25°C

- e) Confort Acústico.- Se considerará que un local escolar cuenta con un confort acústico, cuando permite al orador hacerse comprender y al auditorio oír con claridad las palabras pronunciadas. El sonido (palabras o música) debe llevar al auditorio en forma entendible y en volumen suficiente. Desde el punto de vista de confort acústico el proyecto de los locales escolares, deberá tener en cuenta lo siguiente:

La sensibilidad y percepción óptima del oído humano está situada en la región comprendida entre los 600 y los 6,000 Hertz y dentro de la gama de intensidades que va de los 30 a los 75 decibeles.

El sonido se propaga en el aire, mediante un movimiento ondulatorio, en ondas esféricas alrededor de la fuente que lo emite, en tal forma, que la longitud de onda es igual a la velocidad de propagación entre la frecuencia,

según la expresión:

$$\text{Longitud de onda} = \frac{\text{velocidad de propagación}}{\text{frecuencia}}$$

La velocidad del sonido en el aire, varía principalmente con la presión, la temperatura y el viento, sumándose o restándose la velocidad del sonido con la del viento según esté a favor o en contra de la fuente reproductora.

La clasificación internacional del aislamiento acústico bruto según:

AISLAMIENTO ACÚSTICO BRUTO

Categoría	Sonidos Graves f 100 a 315 Hz	Sonidos Medios f 400 a 314 Hz	Sonidos Agudos f 1600 a 5,000 Hz
I Muy fuerte	40 a 55 dB	58 a 62 dB	64 dB
II Fuerte	33 a 58 dB	51 a 54 dB	57 dB
III Mediano	25 a 40 dB	47 a 46 dB	49 dB
IVa Débil	21 a 36 dB	39 a 42 dB	45 dB
IVb Muy débil	16 a 31 dB	34 a 37 dB	40 dB

La vecindad favorable de los locales, desde el punto de vista acústico:

Locales Adyacentes	Restaurant y Cocina	Talleres	Gimnasio	Salón de Juegos
Salón de Juegos	+	+	+	IVb
Gimnasio	IVb	IVb	IVb	
Talleres	IVb	IVb		
Restaurant	IVb			

+ combinaciones a evitar por razones funcionales.

La clasificación de las paredes según su coeficiente de reducción R :

Categoría	Sonidos Graves f 100 a 315 Hz	Sonidos Medios f 400 a 1250 Hz	Sonidos Agudos f 1600 a 5,000 Hz
I Muy fuerte	$R \geq 43$ a 54 dB	61 a 64 dB	67 dB
II Fuerte	$R \geq 35$ a 50 dB	53 a 56 dB	59 dB
III Mediano	$R \geq 26$ a 41 dB	44 a 47 dB	50 dB
IVa Suave	$R \geq 21$ a 36 dB	39 a 42 dB	45 dB
IVb Muy suave	$R \geq 16$ a 31 dB	34 a 37 dB	40 dB

Se puede ver claramente en esta tabla que los ruidos -- agudos pasan más fácilmente el aislamiento que los ruidos graves.

La clasificación de los pisos según su poder de transmisión de ruidos de impacto.

Categoría	Transmisión	Sonidos Graves f 100 a 315 Hz	Sonidos Medios f 400 a 1250 Hz	Sonidos Agudos f 1600 a 5000 Hz
I Bueno	\leq	53 dB	50 a 47 dB	43 a 39 dB
II Peculiar	\leq	63 dB	60 a 57 dB	53 a 49 dB
III Malo	\leq	73 dB	70 a 67 dB	63 a 59 dB

El recubrimiento de los pisos, en función del tipo de local:

REVESTIMIENTO DE SUELOS: ELECCION Y PREFERENCIA

TIPO DE LOCAL.	PISO losa de concreto	Mosaico de mármol	Cerámica	Par- quet	Linó- leum	Loseta Vinil.	Alfom- bra.
Clases	-	3	-	-	2	2	1
Clases maternas	-	3	-	1	2	-	-
Sala polivalente	-	2	-	-	1	1	-
Biblioteca	-	-	-	2	1	2	1
Restaurant	-	2	-	-	1	1	-
Cocina	-	2	1	-	2	-	-
Laboratorios	-	1	-	-	2	-	-
Locales húmedos	2	1	1	-	-	-	-
Talleres	1	2	-	-	-	-	-
Sala de deportes, gimnasio	2	-	-	1	-	-	-
Administración	-	2	-	1	1	1	1
Pasillos, vestíbulo	-	1	-	-	1	1	2
Escaleras	1	-	-	-	2	-	-
Locales sanitarios	3	2	1	-	-	-	-
Patio de juegos	1	2	-	-	-	-	-

La posición, dimensiones y demás características de las ventanas de un local escolar, juegan un papel primordial para lograr una adecuada iluminación natural, aeración y confort térmico y acústico.

Las funciones que debe cumplir una ventana, según sea la climatología del lugar son: pantalla (al ruido, al viento, a las lluvias); renovación del aire del exterior al interior y viceversa; filtrado de luz y de calor.

La longitud y subdivisión de las ventanas en partes móviles y fijas, estará relacionada con la modulación de las fachadas del local, a mayor subdivisión del vano de la ventana, mayor pérdida en la luz que debe penetrar.

Con lo expuesto se puede resumir que para una selección de una estructura, ésta tendrá las dimensiones y características de los espacios, que dependerán del nivel educativo y del programa de estudio de las especialidades a que vayan a ser destinados.

El número de locales dependerá de la estructura educativa y de los planes de estudio que integran los cuadros de asignatura, períodos en que opera la currícula y la carga horaria de cada materia.

En este capítulo se da la descripción de las zonas que constituyen una escuela primaria y una escuela secundaria, así como sus requerimientos.

De igual forma y de acuerdo con la ubicación dentro de la zona, se describen los diferentes locales de una escuela primaria y de una secundaria general.

La dosificación de los espacios contenidos en el modelo está en función de la carga horaria que establece el plan de estudios y el uso de doble turno. El plan de estudios es la distribución de las materias que se van a impartir por áreas, en un tiempo determinado para cumplir con las metas que marca el programa de estudios.

Es necesario conocer detalladamente los planes y programas de estudio para que, de acuerdo a las actividades que se tienen que realizar, como son: actividades teóricas, actividades tecnológicas, actividades administrativas, se determinen las necesidades de los espacios requeridos, y las cuales hay que satisfacer adecuadamente.

4.2 ZONAS DEL PROYECTO DE CONJUNTO.

En el proyecto del conjunto los locales se agrupan de acuerdo con sus características y requerimientos, formando varias zonas: educativa, académica, tecnológica, administrativa, servicios, deportiva y recreativa.

Zona Educativa en Escuelas Primarias o Zona Académica para secundarias generales.

En ellas se realiza la función y las actividades más significativas de la educación, por ello se exige que respondan óptimamente a sus requerimientos en forma precisa.

Debe aislarse de áreas ruidosas producidas fuera del plante, o dentro del mismo, como son las zonas de talleres y de deportes.

Estará integrada con áreas arboladas; aislada de vialidades importantes.

Zona Tecnológica.-

En ellas se efectúan las acciones prácticas de la educación, teniendo mobiliario y equipo adecuados a la especialidad. En esta zona se generan ruidos y algunas veces olores, humo, - etc.

Sus requerimientos son los siguientes:

Estará alejada de la zona académica, cercana a la zona deportiva y recreativa. Se recomienda arbolar el espacio entre los talleres y las zonas académicas y administrativa. Los talleres mesados contarán con un almacén general el cual tendrá su patio de maniobras. El acceso de servicio al patio de maniobras deberá estar ligado a una vía de baja velocidad.

Zona Administrativa.-

Considérese ésta como el primer elemento de tránsito hacia la distribución del plantel, requiriéndose lo siguiente:

Tendrá fácil acceso y control de la circulación principal; ubicada en forma adecuada para controlar visualmente cada una de las zonas existentes. Guardará cierta privacidad con respecto a áreas ruidosas. Tendrá relación directa con la plaza cívica; la plaza de acceso será proporcional en sus dimensiones al proyecto de conjunto, con ingreso por calles de baja velocidad. Contará con un estacionamiento para maestros, según las necesidades específicas del lugar.

Zona de Servicios.-

Es un complemento de apoyo a áreas educativas y de uso común. La intendencia se integrará a las zonas académica y administrativa para un mejor control y mantenimiento de la escuela. Los servicios sanitarios se ubicarán en la zona central del conjunto. La cooperativa es el punto de convergencia de los alumnos y el personal en los momentos de descanso por ello conviene su localización en un lugar agradable.

Zona Deportiva y Recreativa.-

Esta comprende las canchas de juego, los espacios libres, las plazas, andadores y circulaciones.

Las canchas deportivas deben tener un acceso independiente al de la escuela para servir a la comunidad como espacio compartido deberá conectarse con una vía secundaria.

En las escuelas primarias pueden agruparse las aulas, dirección, bodega, cooperativa y sanitarios, en un mismo edificio, cuando el programa de locales sea elemental.

En escuelas secundarias pueden agruparse locales académicos (incluidos los talleres ligeros), con los de servicio, en un mismo edificio.

4.3 REQUERIMIENTOS EN LOS ESPACIOS EDUCATIVOS.

Forma y dimensiones.-

En el medio rural: Agrupamiento máximo de 4 módulos aula o longitud máxima de 30.00m.

En el medio urbano: Agrupamiento máximo de 6 módulos aula o longitud máxima de 45.00m.

El número de pisos de una escuela primaria deberá ser, en zonas urbanas planta baja y dos niveles máximo; y en zonas rurales planta baja y un nivel máximo.

El número de pisos de una escuela secundaria deberá ser, en zonas urbanas planta baja, tres niveles máximo y en zonas semi-urbanas planta baja y un nivel máximo.

Para la separación entre edificios, se recomiendan las siguientes normas:

En las Escuelas Primarias: la distancia entre fachadas longitudinales y acollindancias, deberá ser 12.00m, mínimo a 1.5 veces la altura. La distancia entre muros cabeceros deberá ser de 9.00m, mínimo. De la misma forma en Escuelas secundarias.

Comodidad.-Orientación.

Para climas tropicales y templados la orientación conveniente es norte-sur. Para clima frío se recomienda la orientación oriente-poniente.

Asoleamiento y Lluvia.-

Las circulaciones se protegerán del Sol y la lluvia, mediante volados o aleros. En edificios de un sólo nivel éstos serán de 1.10m. mínimo de claro con una altura de 2.25m. mínimo de su borde.

Para edificios de 2 o más niveles, los volados en circulaciones serán de 2.25m. mínimo. Con altura de 2.25m. mínimo en su borde y la relación ancho/alto de éste será 1:1 mínimo.

Cancelería.-

La cancelería para ventanas se recomienda que se fabrique de aluminio o madera para zonas de alta precipitación pluvial y de clima cálido.

Estructura.-

Se recomienda el uso de estructura de concreto, de acero o muros de carga.

Al diseñar las estructuras es conveniente considerar que sus dimensiones y geometría faciliten la utilización óptima del espacio arquitectónico.

Para determinar el tipo de estructuras, deberá considerarse la ubicación, topografía, calidad del terreno, así como aprovechar las facilidades de construcción y los materiales existentes en la localidad.

Cubierta.-

Se recomienda que las cubiertas de los edificios reúnan las siguientes características:

Resistencia, aislamiento acústico y térmico, impermeabilidad, pendientes adecuadas a la climatología del lugar.

En zonas rurales cuando se utilice lámina metálica (aluminio o galvanizada), deberá colocarse con un aislante térmico adicional.

El ancho de la circulación ha cubierto tienen de 1.50 a 2.20m. dependiendo del tipo de estructuras.

Instalaciones.-

Deberá estar suficientemente protegidas, fácil de registrar, renovar y modificar.

Escalera.-

En edificios de dos o tres niveles las escaleras deben tener 1.80m. mínimo de ancho por rama, conservando el descanso la misma medida en su profundidad; entre descansos debe haber 13 peldaños como máximo, la altura máxima de los peldaños será de 0.18 m. huellas de 0.30m. como mínimo, medidas entre las proyecciones verticales de dos narices contiguas.

Puertas.-

En los diversos locales el ancho mínimo de la puerta es de 1.00m. excepto en la sala audiovisual y talleres que correspondiera al uso y destino y tendrá como mínimo 1.50m.

C A P I T U L O V

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL MONTAJE

Las estructuras prefabricadas utilizadas en la construcción de espacios educativos son en su gran mayoría fabricadas con acero; formando marcos rígidos, los que son soldados y/o atornillados. Por la razón anterior en este capítulo se describirá el procedimiento de montaje de algunas estructuras metálicas que son utilizadas por su gran versatilidad, tanto porque se adaptan al proyecto arquitectónico, como también en su armado y montaje.

5.1 ESTRUCTURA METALICA A-70.

- 1.- Excavación.- Se ejecutará la excavación hasta la profundidad que de la capacidad de carga indicada, pero no será menor de la profundidad mínima de 104mm. de N.P.T.
- 2.- Tendido de plantilla:-Se tenderá en todas las superficies

de excavación, una plantilla de concreto $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$ con un espesor de 6cm. dejándola perfectamente nivelada.

- 3.- **Planteo de ejes.**- Sobre las plantillas se hará el trazo de centros y cruceros de ejes, verificando escuadras y longitudes de entreejes.
- 4.- **Armado de zapatas.**- Se colocarán las varillas del armado de las zapatas, asegurando el recubrimiento pedido mediante silletas de concreto y fierro distribuidas convenientemente. Los recubrimientos libres pedidos son de 4cm.
- 5.- **Armado de dados.**- Sobre las varillas de las zapatas, se colocarán los armados de los dados debidamente provistos de sus estribos correspondientes. Se verificará el centro de este armado con los trazos en las plantillas y se fijará a la varilla con alambre recocido. El recubrimiento libre para dados es de 2cm.
- 6.- **Primera Etapa de Colado.**- Una vez cimbradas las zapatas y los dados, se procederá a la colocación del concreto respectivo. La altura mínima del dado es 15cm. en ésta etapa.
- 7.- **Nivelación de dados para Montaje de Estructura.**- Una vez efectuada la primera etapa del colado se procede, a la nivelación de los dados para recibir las columnas, con una capa de 5cm. aprox., de mortero expansor (embeco), de resistencia igual a la del concreto, confinándolo lateralmente a la dimensión de la placa y dejando la cara superior perfectamente plana y horizontal.
- 8.- **Colocación de marcos metálicos.**- Terminada la nivelación de dados se procede a la presentación de los marcos, formados con dos columnas, dos traveses y un tensor como elementos de cada marco de la estructura; nivelándolos y plomeándolos se

rigidizarán provisionalmente con contravientos de alambre colocados de tal manera que se asegure su inmovilidad hasta la 2a. etapa de colado.

El armado de cada marco se hará uniendo las placas de cumbrera de las trabes, a continuación se telescoparán los postes en los candeleros de las trabes, se presenta el tensor en los taladros de los postes y se fijarán con sus tuercas correspondientes.

Se hará la erección del marco de cabecera refiriéndose a sus ejes respectivos, siguiendo los pasos anteriores se hará la erección del segundo marco contraventeado con torsales de alambre provisionalmente. Se colocará el Strut y a continuación los cerramientos y así sucesivamente hasta terminar todos los marcos, a continuación se hace el alineamiento y plomeo de la estructura y una vez rectificado se procede.

- 9.- Armado de contratraves y castillos.- De acuerdo al avance de colocación de estructura, se irá colocando el armado de contratrabe y castillos que previamente se han habilitado y haciendo el doblado indicado en cada columna.
- 10.- Colado de Segunda Etapa.- Se colocará antes la cimbra de contratraves dados y zoclos, siendo en estos últimos cimbra anarente, procediendo al colado de estos elementos.
- 11.- Colado de firmes.- El colado de firmes se hará sobre rollos de tepetate, grava cementada natural o arena limosa, compactado mecánicamente en capas no mayores de 15 cm., máximo 3 capas y mínimo una sola, logrando un peso volumétrico de 1700 kg/m³ al 90% de la prueba Proctor.

Descripción de la Estructura Metálica A-70.

La estructura modelo A-70 está formada por marcos compuestos de dos postes, dos medias traveses y un tirante más elementos de unión tales como largueros, struts, cerramientos y largueros de cabecera.

Se puede usar con o sin largueros según las características y peso de las cubiertas, pudiendo ser estas lámina metálica o de asbesto extruido, losas aligeradas, losas de concreto o cualquier otro sistema que no exceda la capacidad de carga de la estructura.

La estructura está diseñada para trabajar en dos condiciones diferentes: soporta 240 kg/m² en condiciones normales y se aumenta su capacidad de carga a 460 kg/m² si se rellenan las traveses cuando se usa losa plana de concreto aprovechando la colaboración del concreto y haciendo trabajar las traveses como "T". Para esta operación es muy importante apuntalar las traveses hasta que el concreto esté fraguado. Los postes y cerramientos llevan preparación para la cancelería de aluminio prefabricada standard.

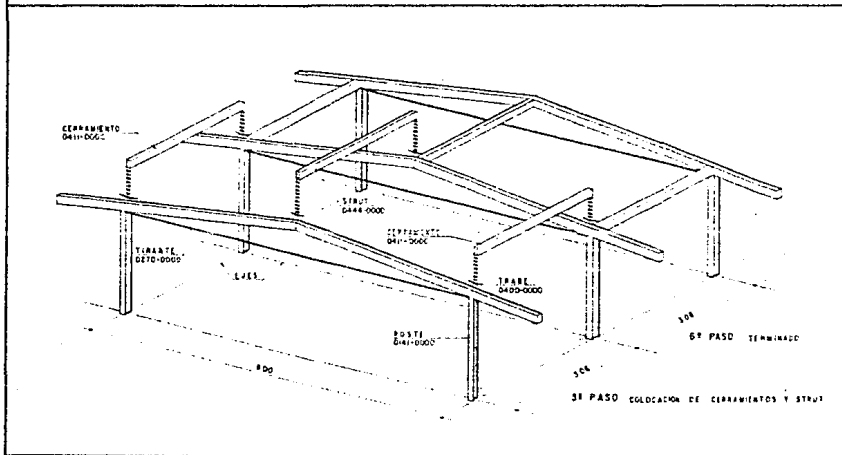
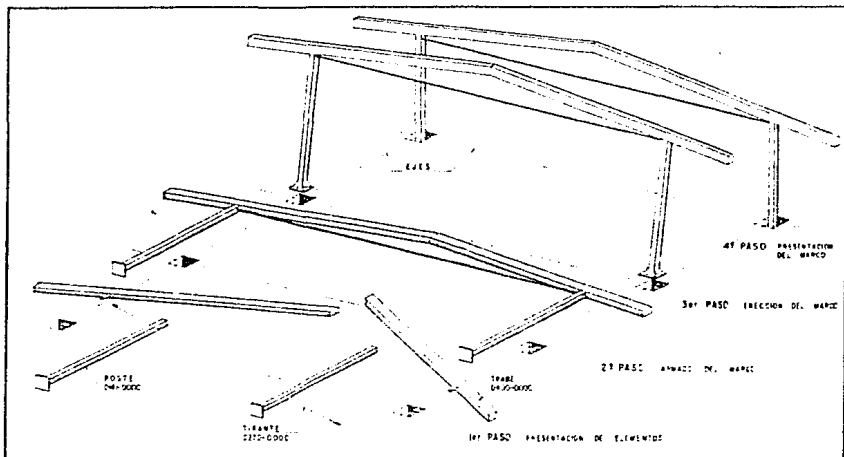
Secuencia del Armado.-

- 1.- Terminada la plataforma de cimentación con sus respectivos ejes trazados procedase a clasificar y presentar los elementos que se montarán.
- 2.- Se iniciará el armado de cada marco uniendo las placas de cumbrera de las traveses; a continuación se telescopiarán los postes en los canceleros de las traveses se presentará el tirante en los taladros de los postes y se fijarán con sus tuercas correspondientes.

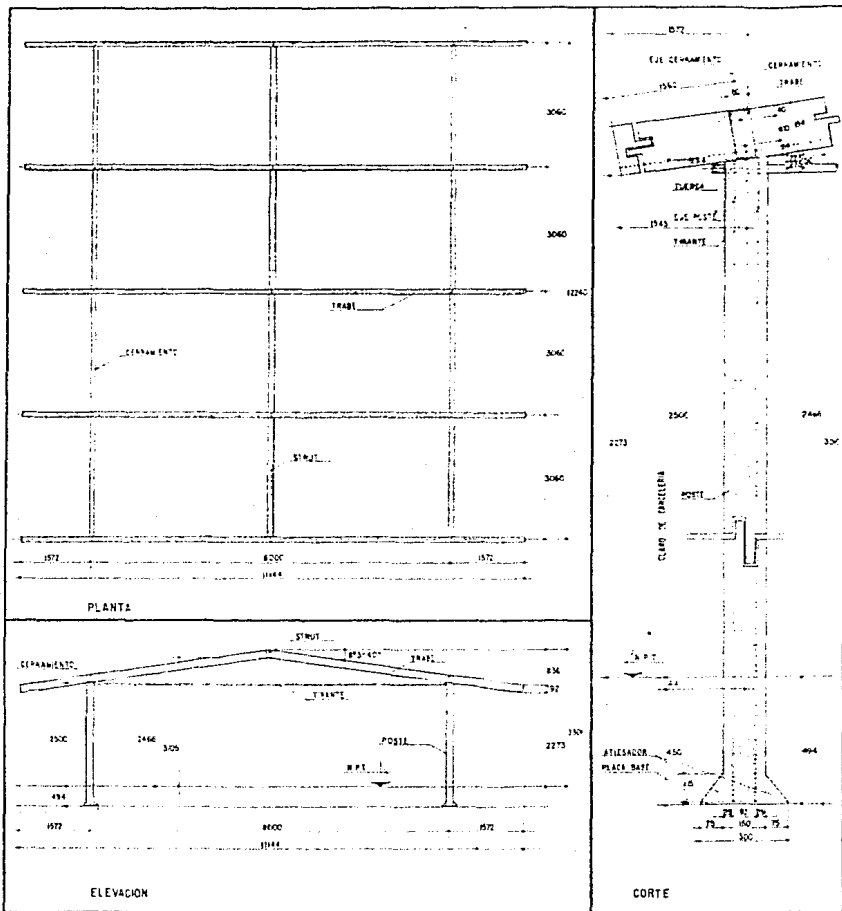
- 3.- Se hará la erección del marco de cabecera refiriéndose a sus respectivos ejes,
- 4.- Se hará la erección del segundo marco contraventeándolo para colocar los cerramientos y el strut.
- 5.- Se colocarán los largueros, iniciando por la cumbrera y a continuación los intermedios para rigizar las estructuras.
- 6.- Se procederá a hacer el alineamiento y plomeo de la estructura empezando por un extremo y una vez rectificada la posición correcta de todos los elementos se colarán los dados.

NOTA.- En caso de llevar losa de concreto de 10cm. o asbesto cemento extruido se suprime el inciso 5 por no ser necesario.

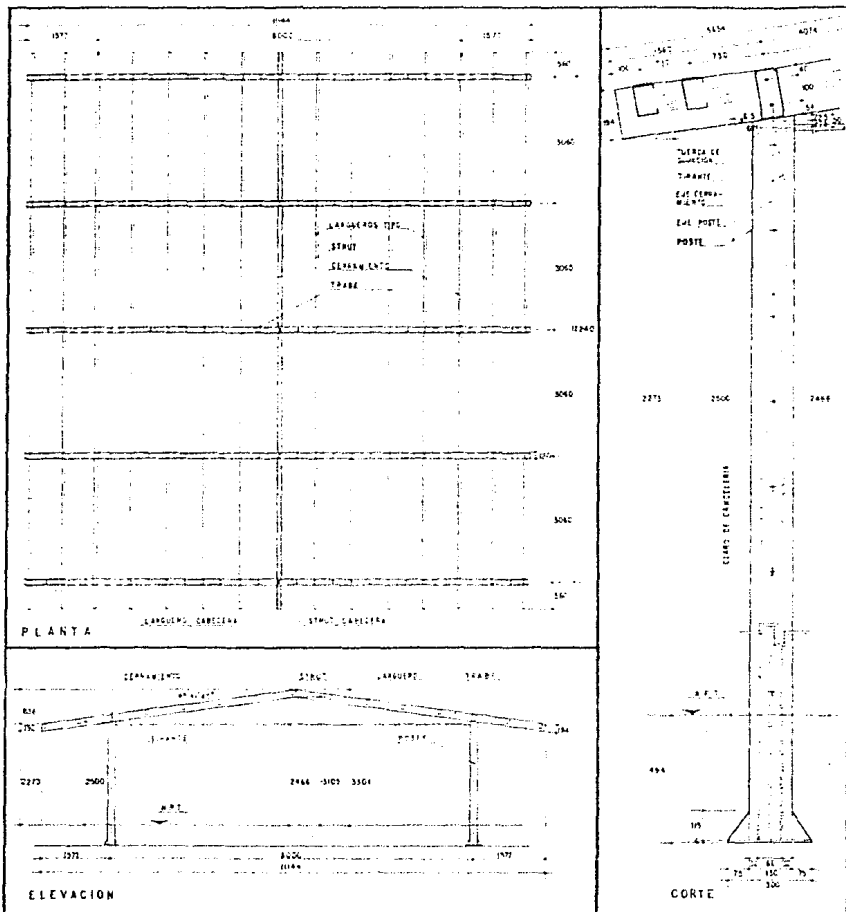
estructura A-70



ESTRUCTURA A70



E S T R U C T U R A 70



5.2 ESTRUCTURA METÁLICA U-1 y U-2.

El procedimiento constructivo de esta estructura es similar al de la estructura A-70 en los puntos del primero al séptimo antes descritos por lo cual únicamente se numerarán los pasos siguientes:

- 1.- Es recomendable se hagan los firmes dejando solo los huecos de los dados para facilitar el desplazamiento de la pluma.
- 2.- Una vez que estén limpias las roscas de las anclas, y colocadas las contratuercas de nivelación se procederá a la presentación de los elementos estructurales columnas, traveses y cerramientos.
- 3.- Insertar los nostes en sus respectivas anclas atornillándose suavemente y en orden sucesivo se alinearán y plomearán, verificando que sus ejes coincidan con los ejes estructurales, procedase a apretar las tuercas de todas las columnas y al terminar esta operación se inyectará el concreto embecco de 5cm. de espesor en el hueco que se deja entre la placa base del noste y el ómbolo del dado.
- 4.- Se montará la trabe de azotea para formar un primer marco cabecero, y se trasladará la pluma al siguiente entreceje, remitiendo el proceso anterior, para así formar un primer hueco de marcos que se ligarán entre sí por medio de los cerramientos, se continuará esta misma operación hasta el montaje total de la estructura.

El procedimiento constructivo para el montaje de una Estructura Metálica U-2, es igual que la U-1. Únicamente se considera la trabe de azotea como trabe de entrepiso, con lo cual el proce

so constructivo será:

- 1.- Se montará la trabe de entreniso, postes de planta alta y trabes de azotea para formar un primer marco cabecero y se trasladará la pluma al siguiente entreceje.
- 2.- Se procederá al alineamiento, plomeo y nivelación de postes y trabes de planta baja en los marcos cabeceros, los que servirán de referencia a los marcos intermedios reñitiendo en estos el proceso anterior.
- 3.- La soldadura de nodos de entreniso se hará en dos etapas, la primera a base de puntos, por juegos de marcos continuos y en orden sucesivo cuidando que no haya deformaciones, y la segunda se hará en el mismo orden con cordones definidos de acuerdo a las especificaciones de soldadura.
- 4.- Terminada la soldadura total de planta baja se inicia la alineación, plomeo y nivelación de los elementos de planta alta siguiendo con las mismas instrucciones y orden en que se efectuaron las de planta baja.

Las estructuras antes mencionadas, tienen medidas de entreceje de 7.06 x 8.00mts.

Descripción de las Estructuras Metálicas U-1 y U-2.

Estructuras Metálicas U-1.-

Sus elementos se fabrican con placas de acero los cuales una vez armados forman marcos rígidos con claro de 8.00 m. a dos aguas, formados con la trabe del marco que tiene una pequeña pendiente, los marcos son capaces de soportar las mismas cargas mencionadas para la estructura A-70. Sus elementos se ensamblan y soldan entre sí, para formar el marco rígido en un solo nivel.

Estructura Metálica U-2.-

Sus elementos estructurales son con las mismas características que de la estructura U-1; salvo que están diseñados y --
construídos para formar una estructura en dos niveles.

Características de la soldadura para estructuras metálicas U-1 y U-2.-

La unión cerramiento trabe será por medio de un cordón de soldadura de 3 mm (1/8") x 367 mm. de longitud en ambos lados verticales del cerramiento.

La unión poste-trabe por medio de un cordón de soldadura de 6mm. (1/4") x 104 mm. de longitud de penetración total (preparación en "V" a 45° maquinada en los canales del poste) dando vuelta al cordón 20mm. sobre las cejas de la trabe.

Unión poste-trabe por medio de un cordón de soldadura (en ambos lados) de 6mm. (1/4") x 300mm. de longitud de penetración total, preparación en "V" a 45° maquinada en las placas del poste.

Unión poste-trabe por medio de cordón de soldadura en ambos lados de 9mm. (3/8") x 300mm. de penetración total, preparación maquinada en "V" a 45° en las placas del poste.

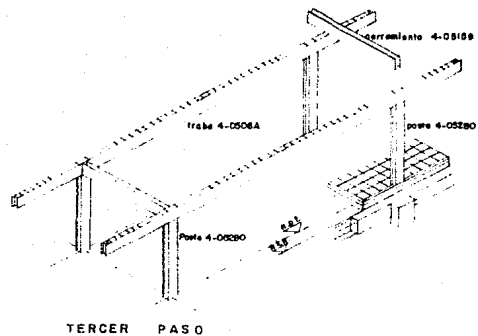
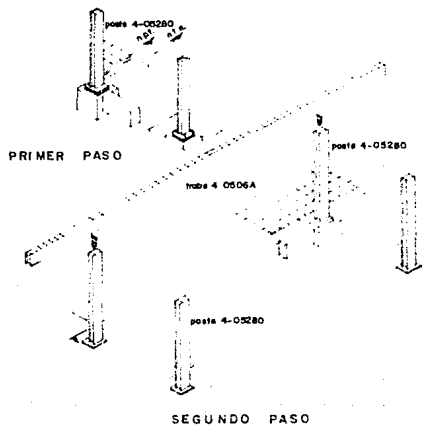
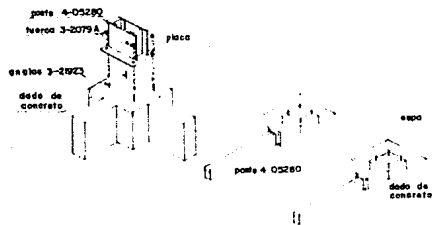
Unión poste-planta alta a candelero trabe de entrepiso con un cordón de soldadura de 13mm. (1/2") x 104 mm. de longitud de penetración total preparación maquinada en "V" a 45° en la canal del poste.

Cordón de soldadura de 6mm. (1/4") x 200mm. en ambos lados.

Unión de la tana del cerramiento al cerramiento de entrepiso con un cordón de soldadura interrumpida de 3mm. (1/8") x 30mm. a cada 200mm. en ambos lados alternados los cordones.

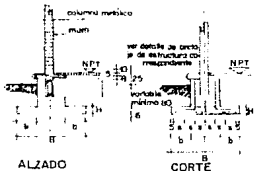
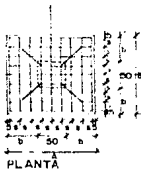
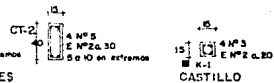
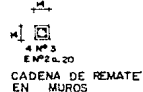
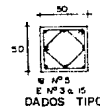
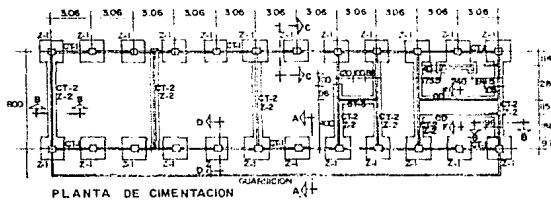
Los electrodos serán E-6010 según clasificación AWS.

En cordones muy largos deberá soldarse en tramos empezando en el extremo más frío de la pieza para terminar en el más caliente.



50

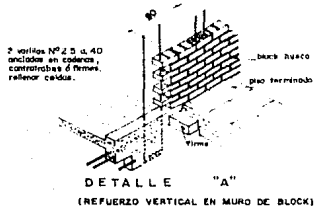
PROCEDIMIENTO Y MONTAJE
 ESTRUCTURA U - I
 ENTREJE 3.06 x 8.00 m



DETALLES TÍPICOS DE ZAPATAS

TABLA DE ZAPATAS					
11.5 ton/m ²					
zapate	A	B	H	b	armado en dos sentidos
Z-1	140	140	40	40	N° 3 a 25
Z-2	20	—	15	—	traves N° 3 a 20 longitudinal N° 3 a 25
Z-1	120	120	30	30	N° 3 a 30
Z-2	40	—	15	—	traves N° 3 a 24 longitudinal N° 3 a 25
Z-1	105	105	30	30	N° 3 a 25
Z-2	40	—	15	—	traves N° 3 a 24 longitudinal N° 3 a 25

Detalle de dobles y trape			
Numero	g	h	c
1,2	1/4"	1.8	2.0
2,3	3/8"	2.4	3.2
3	3/8"	2.6	4.0
4	1/2"	3.8	5.0
5	5/8"	4.8	6.0
6	3/4"	5.8	8.0



CIMENTACION Y DETALLES
ESTR. U-1 Y A-70
ENTREJE 3.06 x 8.00 m.

5.3 ESTRUCTURA METÁLICA T-80, CON ENTREJE DE 6.00x12.00M.

Estructura Metálica cuyos elementos se fabrican con placa de acero los cuales una vez armados forman marcos rígidos con claro de 12.00m. a dos aguas con una pendiente de 20%, que son capaces de soportar una carga unitaria de 100 kg/m², proveniente de techumbre ligera tal como lámina acanalada metálica, multivaneal, o similar más carga viva.

Como el procedimiento constructivo es similar al de las anteriores estructuras, se indicarán únicamente los pasos en la secuencia de armado de la estructura T-80.

- 1.- Presentación de elementos: preparada la cimentación a -0.25m. del N.N.T. (primer etano de colado), se procederá a clasificar y presentar en el piso los elementos que constituyen la estructura.
- 2.- Colocación, nivelación y plomeo de marcos laterales.- Se procederá a armar en el piso los dos primeros marcos laterales compuestos por dos postes y cerramiento cada uno, mismos que se izarán y se colocarán sobre las anclas que sobresalen de los dados, se continuará con la colocación de los siguientes cerramientos y postes hasta tener armados todos los marcos laterales, mismos que se nivelarán y plomearán utilizando las tuercas niveladoras y fijando con las tuercas de sujeción, se procederá en este paso a contraventear el conjunto en forma provisional.
- 3.- Colocación de traveses.- Se izará el primer par de traveses, las cuales han sido unidas con sus tornillos sin apretar, una vez presentadas se procede a la unión a postes con los tornillos respectivos los cuales se apretarán junto con los de cumbrera. Se tendrá la precaución de introducir puntales y riostras provisionales en donde lo exija el marco se conti-

nua en igual forma con las siguientes trabes.

- 4.- Colocación de trabes de volado.- Si el proyecto especifica trabes de volado, estas se colocarán utilizando los 4 barros inferiores de conjunto de 6 que tiene el poste en su extremo superior.
- 5.- Rectificación de nivelación, plomeo y alineación de marcos. Una vez que se ha terminado la colocación de todas las trabes se rectificará la correcta posición de todos los marcos, y se procederá a rellenar los espacios entre la placa base del poste y el dado con mortero que contenga un aditivo estabilizador de volumen.
- 6.- Colocación de lamereros.- Estos se colocarán empezando por los más cercanos a la cumbrera finalizando con los correspondientes a los volados, terminada la instalación de los lamereros se colocarán separadores y contravientos, procediendo a templar ambos terminada la secuela anterior se retirará el arriostrado y apuntalado provisional.
- 7.- Colocación de techumbre.- Una vez que el montaje ha sido revisado y aprobado se procede a la colocación e instalación de los canales, siguiendo a esto el tendido de la techumbre.

Descripción del material de los elementos de la Estructura Metálica T-80.

- Trabe: su peso es de 160 kg, el material del cual se fabrica son placas de acero en calibre 3/16" y 5/16", acero estructural ASTM A-36 de $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- Poste: su peso es 115 kg, es del mismo material que la trabe.

- Cerramiento: 166 kg, de peso, del mismo material que la trabe se fabrica.
- Trabe de volado: pesa 32 kg, es del mismo material de la trabe.
- Larguero: pesa 35 kg, esta fabricado con BMT-14 sección comercial de acero monten $f_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$.
- Separador: su peso 1.20 kg, redondo liso No. 3 (3/8") ace ro est. ASTM A 36 $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- Ancla "I": Pesa 6.30 kg, redondo liso No. 8 (1") acero est. ASTM A-432 de $f_y = 4218 \text{ kg/cm}^2$.
- Tuerca para ancla: tuerca β 1" hexagonal de acero con cara arandela, acero S A F GPO.2
- Varilla para contraviento: pesa 2.42 kg, redondo liso No. 3 (3/8").
- Aro: Pesa 0.50 kg, de solera de acero calibre 3/16".
- Conector: pesa 9.20 kg, de placa de acero cal. 5/16".
- Tapa-nudo: su peso es de 1.59 kg, esta fabricado con acero estructural ASTM A-36 de $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.

Todas las soldaduras deberán cumplir con las especificaciones requeridas y antes descritas, en las estructuras de acero, en la fabricación de éstas se usarán para ésta estructura electrodos tipo E-7013 para viguetas y E-6012 para largueros.

Descripción de la techumbre de multy-panel colocada sobre estructura T-80 con claros de 6.00 x 12.00m. a dos aguas con pendiente del 20%.

Elementos: se utilizará el multy-panel PL-80 de 38mm. (803 x 6000mm. y 803 x 7700mm.) tipo sandwich de espuma de poliuretano de 38mm. con lámina pintor cal. No. 24 IMSA, en ambas caras siendo su fijación a los largueros de la estructura con placas de unión de 40x50mm. de lámina galvanizada - cal. No. 16, y tornillos auto-roscentes tipo 23 de 1/4"Ø x 2", con roldana tronco-cónica y de neopreno de acero cadmiñizado comercial. Las uniones entre paneles van cubiertas con un tanajuntas tipo clin de 6000 mm. de lámina pintor cal. No. 24 IMSA, y tanajunta de 7700mm. del mismo material, colocado a presión.

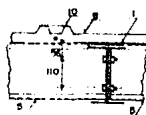
En la cumbrera se usará un caballete dentado PL-80 de 370x 2,500mm. de lámina pintor cal. No. 24 IMSA, unido al multy-panel, con rajas auto-roscentes con roldana tronco-cónica y de neopreno, tipo 23 de 1/4"Ø x 2" de acero cadmiñizado comercial, usando tres rajas n/valle; para desahogar el agua pluvial de dos pendientes contiguas (2 cuernos), lleva un canalón tipo de lámina galvanizada cal. No. 18, el cual traslana en sus extremos con los siguientes canalones.

Por último, para rematar la techumbre se usará el tanagotero tipo de lámina cal. No. 22 pintor, complementado con el tanagotero de esquina del mismo material, el de ajuste en cumbrera y los tanagoteros de ajuste en eje poste de lámina pintor cal. 22; todos se unen entre sí con remaches de clavo AS-64 de aluminio comercial, y para su fijación al multy-panel se emplean las rajas auto-roscentes 3/16"Ø x 3/4" con roldana tronco-cónica y de neopreno hechas de acero cadmiñizado comercial.

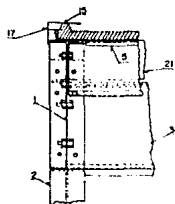
Soldadura: se usará soldadura de estaño en el campo, para unir canalones y bajadas de agua pluvial.

Acabados: el multy-panel llevará color rojo óxido en la cara superior y blanco en la inferior, los caballetes, tapajuntas y tapagoteros serán de color rojo óxido.

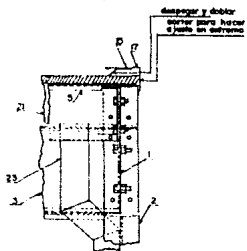
CORTE J-J



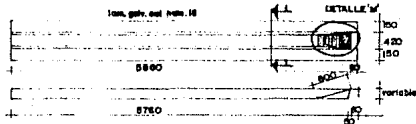
CORTE E-E



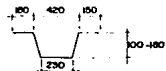
CORTE G-G



21 CANALON



21 CANALON
SECCION L-L

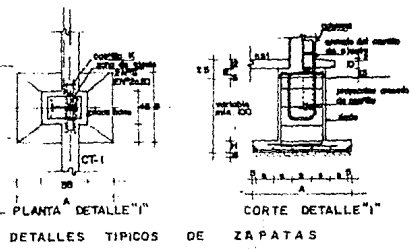
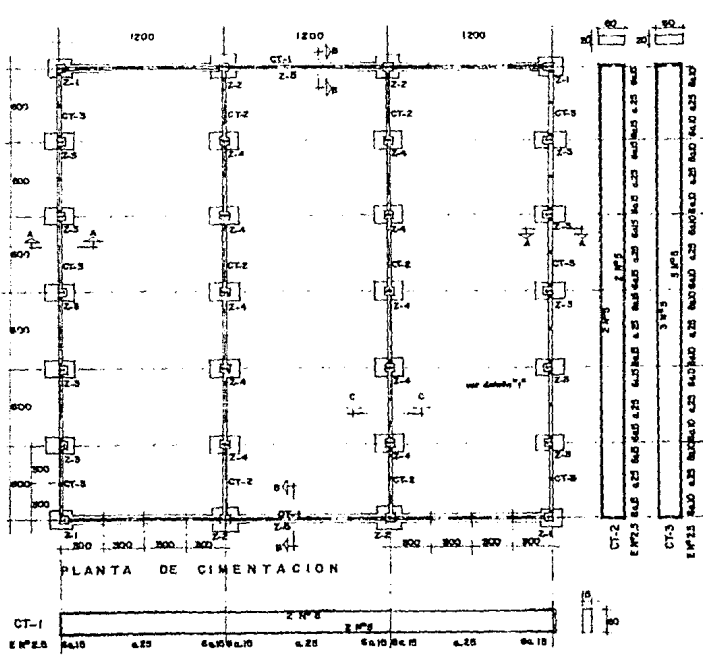


DETALLE "M"

hacer perforaciones para bojes
de espes. parcial en obra.
hacer despliegues de 1cm Nº 18 de cambio
con abertura de 20x40mm colocar en
obra y sellar



ESTRUCTURA METALICA T-60
CUBIERTA Y DETALLES
ENTREJE 6.00 x 12.00



DETALLES TÍPICOS DE ZAPATAS

TABLA DE ZAPATAS

ZAPATA	A	B	H	1	2	3	4	5
Z-1	180	110	18	1	2	3	4	5
Z-2	148	148	18	1	2	3	4	5
Z-3	150	180	18	1	2	3	4	5
Z-4	180	180	18	1	2	3	4	5
11 x 10 Ton/m ²								
Z-1	180	90	18	1	2	3	4	5
Z-2	120	120	18	1	2	3	4	5
Z-3	136	120	18	1	2	3	4	5
Z-4	135	135	18	1	2	3	4	5
11 x 10 Ton/m ²								
Z-1	100	80	15	1	2	3	4	5
Z-2	110	110	15	1	2	3	4	5
Z-3	126	100	15	1	2	3	4	5
Z-4	129	129	15	1	2	3	4	5
11 x 10 Ton/m ²								
Z-1	80	80	15	1	2	3	4	5
Z-2	95	95	15	1	2	3	4	5
Z-3	110	80	15	1	2	3	4	5
Z-4	110	110	15	1	2	3	4	5

101

CIMENTACION Y DETALLES
 ESTRUCTURA MET. 7-80
 ENTREJE 6.00 x 12.00
 ZAPATAS AISLADAS

5.4 CARACTERISTICAS EN OTRAS ESTRUCTURAS METALICAS.

Existen otras estructuras metálicas que son utilizadas en la construcción de escuelas cuyo procedimiento constructivo para su montaje es similar a los antes descritos por lo cual únicamente se mencionarán algunas características propias de dichas estructuras.

Estructura Mixta H-M Reforzada.

Su claro de entreje es de 6.00 x 8.00m. en un solo nivel.

Es a base de muros transversales de carga, sobre los cuales se apoyan unos canales de lámina espalda con espalda, para recibir los largueros y cerramientos metálicos, los postes son metálicos, de dos tipos uno intermedio para recibir cancelería y otro de remate para muro transversal.

La cubierta puede ser de lámina pintora, lámina de asbesto-cemento, multy-panel RL-80 o similar, siempre y cuando no exceda de 70 kg/m², como carga total de diseño.

Estructura Metálica A-84.

Su claro de entrejes puede ser de 3.15 x 8.00m. con losa de concreto armado, y de 6.00 x 8.00 m. con cubierta ligera como lámina zinc, en un solo nivel.

Todo el acero empleado en la estructura es ASTM A-36 fy = 2530 kg/cm².

Se usará soldadura al arco sumergido con electrodo recubierto, clasificación Grupo E-60 de la American Welding Society (AWS) o similar.

Se verifica mediante pruebas de laboratorio que el acero de las piezas estructurales corresponda al especificado.

Se empleará tornillería de acero ASTM A-325.

Para finalizar a todos los elementos de la estructura previamente limpios se terminarán con dos manos de pintura anticorrosiva color rojo óxido al hule clorado aplicado con pistola de aire.

Estructura Mixta T-73.

Su claro de entreejes es de 3.19 x 12.00m. en un solo nivel.

La techumbre es a base de armaduras, sobre las cuales se fija la cubierta que puede ser lámina acanalada de asbesto-cemento o lámina pinto.

Estructura Metálica P-84.

Su claro de entreejes es de 6.00 x 8.00 m. en un nivel.

Está fabricada con perfiles laminados de acero ASTM A-7, $f_y = 2320 \text{ kg/cm}^2$.

La cubierta puede ser con lámina galvanizada cal. 20 ó con lámina zintro.

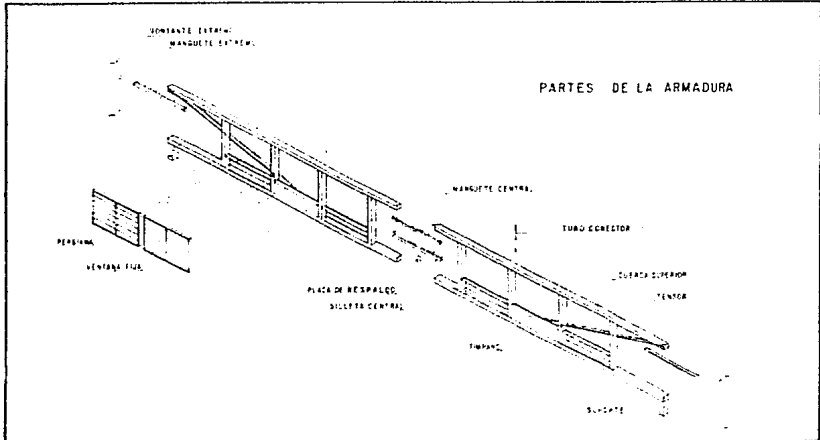
Estructura A-12 (Armadura para talleres).

Esta estructura está diseñada para cubrir las necesidades de los talleres y tiene un claro de 12.00m. la capacidad de carga por cálculo es de 130 kg/m²: carga muerta 60 kg/m² y carga viva 70 kg/m².

Pudiendo techarse con paneles de asbesto-cemento extruido o similar, cuyo peso no sea mayor de 50 kg/m².

armadura para falleres

A12



5.5 ESPECIFICACIONES GENERALES EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS.

a) De cimentación.

Cimbra: la cimbra deberá estar completamente limpia, nivelada, a plomo y lubricada antes de colocar el armado.

Compactación: El relleno que se haga bajo firmes será de 30 cm. con tepetate o grava cementada con un peso volumétrico mínimo de 1,700 kg/m³, compactada cada dos capas de 15 cm. cada una. La compactación se hará con pisón metálico de 18 kg. de peso y un mínimo de 15 golpes a una altura de 30cm. La humedad del relleno deberá ser la óptima según recomendaciones del laboratorio.

Concreto: Se usará concreto con una resistencia a la compresión de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, si en el lugar existe planta premezcladora sera recomendable su uso si no existe consultar a un laboratorio para que indique el proporcionamiento adecuado en función de los agregados existentes en el lugar. El tamaño máximo del agregado grueso será de 2cm. (3/4").

Recubrimientos libres para zapatas 4 cm., contra trabes, dados y cadenas 2cm., castillos 2cm.

Los recubrimientos especificados deberán ser verificados antes y durante el colado.

La plantilla será de concreto pobre de 6cm. de espesor con un $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$.

Acero.- Se usará acero de refuerzo con una resistencia de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ el acero de refuerzo deberá cumplir con las normas DGN B6-1974 ó DGN B294-1972, dando particular importancia al esfuerzo mínimo de fluencia, el corrugado y el doblado. Longitud de traslapes 40 \emptyset , escuadras 12 \emptyset , salvo si hay otra indicación en la medida.

Todos los dobleces de varilla se harán alrededor de un perno cuyo diámetro será 6 veces el de la varilla.

b) De losa de Azotea.

Entubado eléctrico: la colocación de las tuberías para la instalación eléctrica, deberá hacerse una vez que este terminada la parrilla de refuerzo, antes deberá trazarse en la cimbra la ubicación exacta de cajas y bajadas.

La colocación del refuerzo deberá hacerse previendo que no coincida ninguna varilla con alguna caja de alumbrado, en caso de coincidir se harán desviaciones al refuerzo en forma de columpio horizontal, con una separación mínima de 20cm. al centro de la caja.

Para lograr una buena conexión de tubos a cajas es necesario hacerles a los tubos un doblez suave, tanto como lo permitan las varillas.

Cimbra: la cimbra deberá estar completamente limpia y nivelada o a plomo, (dándose la contraflecha requerida al centro de cada entreje).

El engrasado deberá hacerse antes de colocar el armado.

El apoyo de puntales y pies derechos deberá hacerse sobre arrastres adecuados, perfectamente apoyados en el terreno con cuñas del doble del ancho del puntal.

Concreto: se usará concreto proporcionado para un $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, tomando en cuenta la humedad y tamaño máximo del agregado que será de 2 cm (3/4") mezclado a máquina o premezclado.

Recubrimientos libres pueden ser de 1.00cm. en lecho alto y lecho bajo, o bien 1.5cm., trabes y cadenas 2.00cm.

Los recubrimientos especificados deberán ser verificados antes y durante el colado.

Acero: Se usara acero de refuerzo con una resistencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Longitud de traslapes 40ϕ , escuadras 12ϕ .

Todos los dobleces de varilla se harán alrededor de un perno cuyo diámetro será 6 veces, el de la varilla.

El doblado de varillas se hará de preferencia en banco para obtener los recubrimientos superior e inferior indicados.

En una misma sección transversal de losa, no deberá traslaparse más de la tercera parte del refuerzo.

No se dejarán más de dos traslapes contiguos en losas, debiendo alternarse con las varillas con tiguas, completas.

Las silletas recibirán al refuerzo secundario o transversal. Las silletas se colocarán a una separación tal que garantice la posición correcta del refuerzo del lecho alto.

El acero de refuerzo con una resistencia $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, se usará en los armados de trabes, cadenas, varillas de refuerzo y conectores, silletas a excepción del armado de presfuerzo que se usa en las viguetas pretensadas. En mallas será con $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$.

C A P I T U L O VI

U S O S Y A P L I C A C I O N E S

Las estructuras prefabricadas, para los espacios educativos, tienen como función ayudar a cumplir los programas de estudio, de acuerdo con los lineamientos señalados por la Secretaría de Educación Pública.

6.1 ESPACIOS EDUCATIVOS PARA ESCUELAS PRIMARIAS Y ESCUELAS SECUNDARIAS GENERALES.

Se clasifican de acuerdo con el fin para el cual son construidos, y se identifican como: curriculares y no curriculares, (Ver Cuadro No. 1).

Curriculares.- Son los espacios destinados a las áreas del conocimiento básico: ciencias exactas, ciencias naturales, ciencias sociales y ciencias del lenguaje, con la finalidad de cubrir el requisito curricular impuesto por los respectivos programas de estudio.

No curriculares.- Estos son los destinados al desarrollo del educando en funciones básicas, de coordinación física-mental a través de actividades deportivas, ocupacionales y de adiestramiento, así como de participación en la sociedad en que se forma.

Los espacios escolares para escuelas secundarias generales, se clasifican según sus funciones, de igual forma que la descrita para las escuelas primarias, de acuerdo con lo señalado en los programas de estudio para este nivel pedagógico por la Secretaría de Educación Pública.

Las variantes al respecto se determinan en función de que el usuario de estos recursos didácticos presenta características diferentes del de primaria por razones lógicas de edad; y que los requisitos de los espacios curriculares (aulas, laboratorios y talleres de diferentes especialidades) y los no curriculares (orientación vocacional, biblioteca, intendencia, almacén y sala audiovisual), son más complejas para este nivel. En los cuadros 2 y 3 se presentan las normas de espacios que deberán de regir a este tipo de escuelas.

Ejemplo y guía para calcular el número de espacios en escuelas secundarias generales según el número de grupos.

Mediante la tabla que se presenta a continuación se puede calcular el número y tipo de espacios educativos que requiere cada escuela según el número de grupos.

Tipo de espacios educativos.

Se considerará un grupo con 50 alumnos:

ESPACIO	FACTOR
- Aula	0.8
- Laboratorio	0.11
- Aula audiovisual	0.037
- Taller	0.222
- Canchas deportivas	0.19

CUADRO 1
NORMAS DE ESPACIO PARA ESCUELAS PRIMARIAS

NORMAS GENERALES	Espacios Escolares (curriculares)				Espacios Complementarios (no curriculares)			TERRENO	
	ACADEMICA		NO ACADEMICA		SERVICIOS				
	Aula	Canchas	Plaza cívica	Dirección y Biblioteca	Bodega	Cooperativa	Servicios Sanitarios		
MODELOS ARQUITECTONICOS	100 als	1 m ² /al		1,50 m ² /al			Letrina M Letrina H	10,00 m ² /al 7,25 m ² /al	
	350 als			1,00	0,05 m ² /al		0,07 m ² /al		
	600 als		1,20 m ² /al	1,00 m ² /al	0,04 m ² /al	0,02 m ² /al	0,02 m ² /al		0,08 m ² /al
	900 als		1,60 m ² /al	0,90 m ² /al	0,03 m ² /al	0,015 m ² /al	0,013 m ² /al		0,11 m ² /al
PROMEDIOS	1 m ² /al	1,40 m ² /al	1,10 m ² /al	0,05 m ² /al	0,017 m ² /al	0,017 m ² /al	** 0,09 m ² /al	7,25 m ² /al 10,00 m ² /al	

** 1 taza sanit/grupo, 1 lavabo/2 grupos, 1 mingitorio/50 il.
* Estos espacios se duplican en caso de existir doble turno.

CUADRO 2

NORMAS DE ESPACIOS PARA ESCUELAS SECUNDARIAS GENERALES

NORMAS GENERALES		ESPACIOS COMPLEMENTARIOS (NO CURRICULARES) M I N I M O					
Capacidad en la Escuela	Administración	Orientación Vocacional y Serv. Médico	Biblioteca	Intendencia	Almacén	Cooperativa Bodega	Servicio Sanitario *
MODELOS APOYATECTONICOS	2-2-2 300	0.163 m ² /al					
	3-3-3 450		12.50 m ² /Local				
	4-4-4 600		0.500 m ² /al	25.00 m ² /esc.	76.00 m ² /esc.	25.00 m ² /esc.	0.0816 m ² /al
	5-5-5 750						
	6-6-6 900	0.130 m ² /al					

* La norma empleada para servicios sanitarios es: 1 tapa por aula, 0.75 lavabo por aula, 0.75 mingitorio por aula, considerando que de la población atendida el 65% son H. y el 35% M.

CUADRO 3

NORMAS DE ESPACIO PARA ESCUELAS SECUNDARIAS GENERALES

NORMAS GENERALES		ESPACIOS EDUCATIVOS (CURRICULARES) M I N I M O							
Capacidad en la Escuela	Aulas	Laboratorio Tri-nle	Aula Audiovisual	T A L L E R E S			Electric. Electro-nica	Carpinteria Mecanica Automotriz	Canchas Deportivas
				Indust. del Vestido	Mecanografia Dibujo	Básico			
MODELOS ARQUITECTONICOS	2-2-2 300 als								2.33 m ² /al
	3-3-3 450 als								1.55 m ² /al
	4-4-4 600 als	1.22 m ² /al	1.06 m ² /al		2.45 m ² /al		4.59 m ² /al	4.59 m ² /al	1.96 m ² /al
	5-5-5 750 als				2.94 m ² /al		5.14 m ² /al		1.57 m ² /al
	6-6-6			1.34 m ² /al					1.55 m ² /al

NOTA: Las normas están calculadas, para distancias a ejes y con 50 als. por grupo, excepto el aula audiovisual que se calculó con 73 alumnos.

Se seleccionará el tipo de local o locales en que deberá impartirse cada materia de acuerdo con la carga horaria por grado o período de cada plan de estudio.

Se determinarán las cargas horarias totales para cada tipo de local, por grado o período, y se multiplicarán por el número de grupos correspondiente para obtener el tiempo total que se utiliza cada tipo de local. El número de locales a utilizar, se obtendrá, de dividir el dato anterior entre el número de horas disponibles por local en un turno, afectado por el índice de utilización correspondiente. Si el resultado no es un número entero, se aproximará al entero inmediato superior.

El índice de utilización de cada tipo de local se obtendrá al dividir el número de horas de utilización entre el número de horas disponibles para este tipo de local. Los índices de utilización observados son los siguientes:

LOCAL	INDICE DE UTILIZACION
- Aulas	0.9
- Laboratorios	0.8 a 0.9
- Talleres	0.7 a 0.8

De acuerdo con las necesidades pedagógicas que señalan los programas de estudios para su realización, se elaborará el programa arquitectónico y se procederá al diseño de los espacios educativos teniendo en cuenta, además los aspectos antropométricos, físicos, formales, constructivos y climáticos que correspondan.

Los espacios educativos deberán cumplir con las normas de superficie, de acuerdo con el Nivel educativo, estructura educativa y el tipo de espacio del que se trate.

Ejemplo para el uso de esta tabla:

Considérese una escuela con 11 grupos, de los cuales 6 están en primero y 5 en segundo:

(*)	Número de aulas = $11 \times 0.98 = 8.8$	aprox. 9
	No. de laboratorios = $11 \times 0.11 = 1.2$	aprox. 1
(**)	No. de aulas audiovisuales = $11 \times 0.037 = 0.407$	aprox. 1
	No. de talleres = $11 \times 0.222 = 2.4$	aprox. 2
	No. de canchas deportivas = $11 \times 0.19 = 2.09$	aprox. 2

NOTAS:

- (*) Se aproximará al número inmediato superior al pasarse del 0.5
- (**) Este tipo de aula solo se requerirá una vez que la escuela cuente con 18 grupos en un turno o 15 grupos en dos turnos.

6.2 PROGRAMA ARQUITECTÓNICO GENERAL.

Escuelas Primarias.-

Zona Educativa: aulas didácticas.

Zona Administrativa: dirección y sala de maestros.

Zona de servicio: Servicios sanitarios, cooperativa y bodega.

Zona Deportiva: plazas, circulaciones, andadores y canchas deportivas.

Escuelas Secundarias Generales.-

Zona Académica: aulas didácticas, laboratorios y aula audiovisual.

Zona Tecnológica: talleres diferenciales, almacén general.

Zona Administrativa: administración, biblioteca, orientación vocacional y servicio médico.

Zona de servicios: servicios sanitarios, cooperativa, bodega, intendencia y patio de maniobras.

Zona Deportiva: plazas, circulaciones, andadores y canchas deportivas.

Modelos Arquitectónicos,-

a) Escuela Primaria, 12 aulas:

Espacios requeridos en el proyecto de una escuela primaria de 12 aulas con una capacidad de 600 alumnos.

Zona Educativa:	M2
Aulas diácticas	576
Zona administrativa:	
1 dirección	24
1 sala de maestros	24
Zona de servicios:	
1 bodega	12
1 Cooperativa	12
1 núcleo de sanitarios	48
circulación a cubierto	<u>286</u>
TOTAL DE AREA CUBIERTA	982 M2
Zona deportiva:	
1 plaza cívica	600
1 cancha de basquetbol	<u>576</u>
TOTAL DE AREA A DESCUBIERTO	1,176 M2
Andadores y áreas verdes	<u>2,342</u>
AREA TOTAL	4,500 M2

Cuando una escuela primaria opera en dos turnos se duplican los locales de la dirección y la cooperativa.

b) Escuela Secundaria General, 18 grupos.

Espacios requeridos en el proyecto de escuela secundaria de 18 grupos con una capacidad de 900 alumnos (en 2 niveles).

Zona académica:	M2
15 aulas didácticas	868
2 laboratorios	196
1 audiovisual	98
 Zona tecnológica:	
5 talleres diferenciales	715
1 almacén general	102
 Zona administrativa:	
1 administración	123
1 orientación vocacional	13
1 servicio médico	13
1 biblioteca	123
Pórtico acceso	74
 Zona de servicios:	
1 intendencia	25
2 servicios sanitarios	98
1 cooperativa-bodega	25
2 pórticos	<u>98</u>
TOTAL AREA CUBIERTA	(2,571 M2)
 Area de contacto edificios	2,095 M2
1 patio de maniobras	318 M2
circulaciones a descub.	3,111 M2
 Zona deportiva:	
1 cancha de basquetbol	576
1 cancha de voleibol	286
1 plaza cívica	1,014
1 plaza de acceso	200
TOTAL AREA DESCUBIERTA	5,305 M2
TOTAL AREA:	7,600 M2

6.3 INDICADORES DE COSTOS REPRESENTATIVOS PARA ESTRUCTURAS TIPO.

La tipificación de los edificios, ha hecho posible obtener indicadores de costos representativos, de la proporción que -- guarda en la obra cada una de las etapas o conceptos que la integran. De acuerdo con las partidas que a continuación se enumeran.

Las estructuras tipo a que se hace referencia, se han empleado a nivel nacional y la experiencia es la siguiente en escuelas primarias y secundarias:

Escuelas Primarias.

Estructura Regional (R-C).

Sistema:

Cubierta de concreto.

Muros de carga.

Un Nivel

Cimentación	7.81
Estructura	11.39
Muros, cadenas y castillos	22.11
Cubierta.	32.06
Cancelería	10.94
Instalación eléctrica	3.05
Pisos	6.67
Pintura y limpieza	<u>5.97</u>
COSTO TOTAL	100.00%

Escuelas Primarias y Secundarias.

Estructura A-70.

Sistema prefabricado metálico.

Cubierta de concreto.

Un nivel.

Cimentación:	13.04
Estructura:	24.58
Muros, cadenas y castillos	12.31
Cubierta	23.81
Cancelerfa	13.29
Instalación eléctrica	2.30
Pisos	6.04
Pintura y limpieza	<u>4.63</u>
COSTO TOTAL	100.00%

Escuelas Secundarias.

Estructura U.1.C.

Estructura prefabricada metálica.

Cubierta de concreto.

Un nivel.

Cimentación	15.30
Estructura	18.62
Muros, cadenas y castillos	11.67
Cubierta	25.86
Cancelerfa	13.42
Instalación eléctrica	2.32
Pisos	6.87
Pintura y limpieza	<u>5.94</u>
COSTO TOTAL	100.00%

Estructura U.2.C

Estructura prefabricada metálica.

Cubierta y entrepiso de concreto.

Dos niveles.

Cimentación	18.97
Estructura	23.52

Muros, cadenas y castillos	10.73
Entrepiso	7.64
Cubierta	12.16
Cancelería	14.02
Instalación eléctrica	2.34
Pisos	4.80
Pintura y limpieza	<u>5.82</u>
COSTO TOTAL	100.00%

Escuelas Secundarias.

Central de Laboratorios.

Estructura de concreto de 7.20 x 8.40.

Cubierta de concreto.

Dos niveles.

Trabajos preliminares	3.40
Cimentación.	12.22
Estructura	4.00
Muros, cadenas y castillos	10.30
Entrepisos	24.20
Cubierta y acabados de azotea	15.20
Cancelería	11.40
Instalación eléctrica	2.10
Instalación hidráulica, sanitaria y gas.	3.22
Pisos	5.10
Recubrimientos, acabados	4.11
Pintura y limpieza	3.23
Carpintería y acabados esp.	<u>1.52</u>
COSTO TOTAL	100.00%

Talleres.

Estructura T-73.

Columnas de concreto.

Cubierta de lámina.

Un nivel.

Cimentación	9.67
Estructura	15.70
Muros, cadenas y castillos	8.88
Cubierta	14.62
Cancelería	14.86
Instalación eléctrica	8.99
Instalación hidráulica, sanitaria y gas	1.61
Especiales.	0.54
Pisos	7.34
Acabados	13.13
Pintura	<u>4.66</u>
COSTO TOTAL	100.00%

6.4 COEFICIENTE DE PARTICIPACION (KP) PARA MATERIALES BASICOS Y OBRA DE MANO. PARA LAS ESTRUCTURAS A-70, U.1.C Y U-2.

Coefficiente de participación (KP) para materiales básicos y obra de mano, en la construcción de edificios escolares, para tres tipos de estructuras: A-70, U.1.C y U-2; promedio ponderado con base en tabuladores CAPFCE, incluye efectivo, excluye pre fabricado.

MATERIALES

	<u>KP.</u>
1. Cemento gris normal	20%
2. Acero de refuerzo y alambrión	11%
3. Madera de tercera	9%

4. Triplay 16mm.	7%
5. Tabique recocido.	5%
6. Impermeabilizante	5%
7. Arena	5%
8. Grava	4%
9. Cintilla y azulejo	3%
10. Pintura vinílica y esmalte	3%
11. Herramienta y equipo	2%
12. Muebles sanitarios	2%
13. Tubo de fierro fundido	2%
14. Tubo de P.V.C. sanitario	2%
15. Tubo de cobre tipo "L"	2%
16. Alambre TW	1%
17. Tubo conduit galvanizado P.D.	1%
18. Tubo Fo. galvanizado C-40	1%
19. Lámina estriada	1%
20. Mosaico de granito	1%
21. Alambre recocido y clavo	1%
22. Otros materiales	<u>12%</u>
SUMA	100%

b) Obra de Mano.

23. Peón	28%
24. Ayudante	23%
25. Oficial	<u>49%</u>
SUMA	100%

c) Resumen.

Materiales	56%
Obra de Mano	<u>44%</u>
SUMA TOTAL DE INSUMOS	100%

C A P I T U L O V I I

C O N C L U S I O N E S

La observación de las características y problemas que se presentan en la ejecución de una obra, obligan a establecer una serie de normas y procedimientos de control e información, para obtener los datos necesarios e indispensables para ejercer un buen control en: Planeación, Programación y Construcción.

De los resultados obtenidos, se han proporcionado elementos de juicio, para evaluar la utilización de cada una de las estructuras utilizadas en la construcción de escuelas, por el Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas, así como en los casos específicos, fijar las políticas y métodos correctivos a las desviaciones encontradas.

Se deberá vigilar y supervisar la correcta interpretación de los planos arquitectónicos y de detalle, así como de los materiales empleados en la construcción de la estructura, acabados y sistemas constructivos marcados en las especificaciones, adecuándose a la realidad particular y a los recursos que existen en la localidad.

Las normas y especificaciones aquí expuestas, consideran las condicionantes mínimas requeridas para que cumplan su función específica, adecuada a las necesidades y a los recursos existentes. Estarán siempre sujetas a modificaciones, dependiendo de los lineamientos y derroteros que marque la educación o los nuevos avances científicos y tecnológicos.

El calendario o programa de obra será el parámetro de comparación; las desviaciones de más en tiempo, influyen en mayores costos de materiales, pago de salarios más elevados, demasiado tiempo ocioso; su análisis es útil para evaluar los sistemas constructivos. El trabajo de análisis debe ser un trabajo metódico, elaborado por gente capaz y de criterio, para que los resultados sean confiables y útiles para los fines que se persiguen.

Se debe realizar una evaluación periódicamente de la obra ya realizada y que, a través de los comentarios de usuarios (alumnos, maestros y personal administrativo), además de la observación directa del uso y funcionamiento de los edificios y locales, se puedan tomar decisiones de continuar con los mismos diseños y sistemas constructivos o realizar los cambios convenientes.

Existen además otras características, para la ubicación y los modelos de solución de las escuelas, cuya evaluación no es cuantificable, pero su conocimiento es necesario para una mejor delimitación de los núcleos: desarrollo económico de las localidades, planes y programas de desarrollo integral y costumbres regionales, entre otros.

Hoy en día como la parte integral del Sistema Educativo Nacional y de acuerdo a los niveles de Enseñanza, que tienen sus propias necesidades de facilidades educativas que son: edificios escolares con los espacios educativos necesarios, para incremen-

tar el nivel y porcentaje en la educación nacional se crea un reto para todos los profesionistas que directa o indirectamente tienen que ver de los avances que en la materia de educación se logran.

Las necesidades de edificios educativos son crecientes a nivel nacional, las cuales obligan y estimulan a los ingenieros, técnicos y especialistas para hacer el esfuerzo por nuevas formas estructurales que sean económicas y técnicamente viables para su utilización. Para lo cual se debe mejorar técnicas aprovechando los conocimientos adquiridos en su formación profesional, su experiencia y la decisión de ensayar nuevas soluciones; ya que se tiene en sus manos problemas y exigencias más grandes que se plantean en el marco de la educación nacional, misma que es base para un verdadero, auténtico y creciente desarrollo de México.

B I B L I O G R A F I A

1. Normas y Especificaciones para Estudios, Proyectos, Construcción e Instalaciones.
Libro 1, 1980, C.A.D.F.C.E. (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas)
Libro 2, 1982, C.A.D.F.C.E.
2. La Planeación en las Construcciones Escolares.
3a. edición, 1981.
C.A.D.F.C.E.
3. El Proyecto Arquitectónico en las Construcciones Escolares.
3a. edición, 1981.
C.A.D.F.C.E.
4. Manual del Ingeniero Civil.
Vol. II, 1a. ed. en Español
Frederick S. Merrit,
Mc Graw - Hill.
5. Técnicas Modernas de Ingeniería Civil (Enciclopedia)
Tomo 7 Diseño de Estructuras de Acero
Tomo 8 Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado
Editorial Continental.
6. Lineamientos Legales para la Posesión de Terrenos y las Obras de Reparación y su Supervisión en las Construcciones Escolares,
3a. edición, 1981,
C.A.D.F.C.E.
7. Ejemplos de Estructuras y Cimentaciones en las Construcciones Escolares,
3a. edición, 1981.
C.A.D.F.C.E.
8. La Ingeniería de Costos en las Construcciones Escolares,
3a. edición 1981, C.A.D.F.C.E.
9. Manual de Diseño de Obras Civiles,
Sección II, Concreto Reforzado.
Sección I, Acero.
Comisión Federal de Electricidad.
10. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
11. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento del D.D.F.