



0.0164
1
2ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA.

TESIS QUE PRESENTA EL
ARQ. RENÉ RUBÉN HERRERA HERNÁNDEZ
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ARQUITECTURA.
ÁREA DE TECNOLOGÍA

MÉXICO 1994



**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACION
FACULTAD DE ARQUITECTURA**



1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Director de Tesis:

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez.

Sinodales:

Mto. en Pdg. Jesús Aguirre Cárdenas.

Dra. Gema Verduzco Chirinos.

M. en Arq. Enrique Sanabria Atilano.

M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos.

Con profundo agradecimiento para ellos.

DEDICATORIAS.

A mis padres:

María del Carmen Hernández G.
J. Joaquín Herrera R. (q.e.p.d.)

A mis hijos:

Sandra Vanessa,
Brian Anatoly,
José Luis.

A mis nietas:

Galia,
Natasha.

A Francis, mi esposa, por su estímulo
y paciencia incomparables.

PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA.

ÍNDICE DEL CONTENIDO.	iv
PREFACIO.	ix
INTRODUCCIÓN.	xii

CAPÍTULO A

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.	1
1.- Prólogo.	2
2.- Naturaleza de los Materiales.	4
3.- Unidades de Pequeñez.	6
3.1.- Que Podemos Ver.	7
4.- Átomos y Moléculas.	8
5.- Uniones Químicas.	11
5.1.- Uniones Covalentes.	11
5.2.- Uniones Iónicas.	11
5.3.- Uniones Metálicas.	12
5.4.- Uniones de Hidrógeno.	13
5.5.- Fuerzas de van der Waal.	13
6.- Propiedades en los Materiales.	14

7.- Los Materiales.	20
7.1.- Tierra.	20
7.2.- Tabiques.	22
7.3.- Bloques de Concreto.	25
7.4.- Piedras.	30
7.5.- Yeso.	31
7.6.- Cal.	31
7.7.- Cemento.	32
7.7.1.- Tipos de Cemento.	33
7.8.- Concreto.	34
7.8.1.- Proporciones para Concretos.	36
7.8.2.- Proporciones para Morteros.	37
7.9.- Madera.	38
8.- Metales.	46
8.1- Acero.	46
8.1.1- Secciones de Acero.	50
8.2- Aluminio.	52
8.3- Cobre.	53
9.- Peso de los Materiales.	54

CAPÍTULO B

CIMENTACIONES.	57
1.- Antecedentes.	58
2.- Prólogo.	59
3.- Características de los Terrenos.	62
Clasificación de los Suelos.	64
4.- Relación Cimiento-Carga.	68

5.- Excavaciones.	72
5.1.- Excavaciones Superficiales.	74
5.2.- Excavaciones Semiprofundas.	77
6.- Tipos de Cimentaciones.	83
6.1.- Cargas Comunes en los Cimientos.	84
6.2.- Cimentaciones de Piedra.	88
6.3.- Cimentaciones de Concreto.	94
Zapatas Corridas y Aisladas.	94
7.- Losas de Cimentación.	99
8.- Pilotes en Cimentaciones.	101

CAPÍTULO C

APOYOS DE LAS ESTRUCTURAS.	107
1.- Prólogo.	108
2.- Conceptos Básicos.	113
3.- Apoyos por Columnas.	115
3.1.- Columnas de Concreto.	116
3.2.- Columnas de Acero.	122
4.- Apoyos por muros.	130
4.1.- Esfuerzos y Refuerzos.	131
4.2.- Detalles de Diferentes Muros de Carga.	139

CAPÍTULO D

CUBIERTAS Y ENTREPISOS.	144
1.- Prólogo.	145
2.- Techos de Lámina.	148
3.- Techos de Teja.	154
4.- Techos de Bóveda Plana de Ladrillo.	159
5.- Losas Macizas de Concreto.	162
6.- Losas Nervadas de Concreto.	174
7.- Sistemas de Losas Prefabricadas.	182
7.1.- Ladrillosa.	182
7.2.- Vigueta y Bovedilla.	184
8.- Otro Tipo de Cubiertas.	191

CAPÍTULO E

FACTORES DE DISEÑO AMBIENTAL.	195
1.- Prólogo.	196
2.- Conceptos básicos.	199
2.1.- Fisiología del Cuerpo Humano.	203
2.2.- Factores geográficos.	209

2.3.- Factores climáticos.	211
2.4.- Factores sensoriales.	212
3.- ¿Que es la energía?	213
3.1.- ¿Que es el calor?	213
4.- Asoleamiento.	216
4.1.- El Sol y la Tierra.	216
4.2.- Gráfica Solar.	220
4.3.- Ángulos Solares; fórmulas matemáticas.	224
4.4.- Tablas de temperaturas en la República.	229
5.- Tragaluces y Ventanas.	233
5.1.- Conceptos Básicos.	233
5.2.- Bloques de Vidrio.	234
5.3.- Tragaluces y Domos.	235
5.3.1.- Consideraciones Generales.	236
5.4.- Ventanas.	241
5.4.1- Iluminación.	242
5.4.2.- Ventanas Panorámicas.	248
5.4.3.- Ventilación.	252
6.- En las construcciones.	256
Conclusiones y Recomendaciones.	265

BIBLIOGRAFÍA.

Un experto es aquél que sabe más y más,
acerca de menos y menos.

Nicholas M. Butler

Prefacio.

Se dice que una de las monedas más valiosas son las ideas, pero tener una idea y comunicarla para que de algún modo produzca otras ideas son dos cosas distintas. También creemos que para que surjan ideas sobre un tema específico, es necesario tener una serie de información relativa que respalde la solución que se proponga.

Claro está, que entre mayor cantidad de información se maneje se podrá llegar a tener un panorama más amplio y de alguna manera la oportunidad de proporcionar unas mejores alternativas de solución.

Sería muy pretencioso de mi parte pensar que este escrito proporcionará toda la información que se necesita para poder plantear todos los sistemas constructivos, más bien puedo decir que son sumamente incompletos, pero la intención final es presentar parte del panorama en general y que sirvan de base para las discusiones teóricas en los salones de clase. Y sobre todo tratar de comunicar la necesidad de seguir obteniendo la información y la práctica que los haga de alguna manera aptos para la vida profesional que está al frente y a la que se tendrán que enfrentarse más temprano que tarde, sabiendo que de su preparación dependerá el futuro propio y de sus descendientes.

Es pues la idea fundamental de este trabajo, proporcionar un

preámbulo, un pequeño compendio sobre el área de construcción, que sirva como material didáctico para los estudiantes Arquitectura de los módulos IV y V de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, y ya que el contenido de dichos módulos está dirigido a vivienda, el desarrollo de este documento lleva la misma intención tratando de facilitar la tarea del futuro diseñador y propiciar el entendimiento de los elementos y factores que deben ser examinados al hacer un proyecto arquitectónico, sin embargo se considera también que es indispensable la presencia del docente para poder ampliar y explicar lo que queda entre líneas en lo aquí expuesto y poder ofrecer a los estudiantes información dentro de un marco interdisciplinario con lo que puedan empezar a comprender el campo y problemas de la construcción.

Este escrito cubre conceptos básicos de la construcción utilizada en México y a veces de otras partes, pero hay que estar consciente que aún así, se dejan muchos huecos que hay que ir llenando con documentación y con el trabajo en el aula y en el campo de trabajo con los alumnos, pensando que el avance tecnológico tiene a una rapidez que es difícil de alcanzar y que el aprendizaje nunca termina.

En la Introducción se plantean unas ideas generales haciendo hincapié en la importancia que tiene un diseño para el propietario y la calidad que debe tener el servicio proporcionado por el Arquitecto.

El Capítulo "A" incluye unos conceptos y características generales acerca de los materiales, la química de algunos de ellos pero dejando abierta la puerta para la investigación del mejoramiento de sus propiedades y el desarrollo de nuevos materiales de construcción, se incluye también la descripción de algunos de los más utilizados en las construcciones así como

sus pesos volumétricos.

En el Capítulo "B" se tratan las características de los terrenos, se tocan las excavaciones, y las cimentaciones que aún cuando deberían ser las necesarias para vivienda unifamiliar, no se resistió la tentación de mencionar otro tipo de cimentaciones por considerarlas de importancia en su relación con las cargas y los esfuerzos que soportan.

El Capítulo "C" trata de las cubiertas y se menciona un paso curioso de transición de las losas macizas a las losas nervadas, insistiendo en los detalles de las losas prefabricadas de vigueta y bovedilla pues se considera una buena opción en la construcción rápida de conjuntos de casas habitación, habitaciones que hacen tanta falta en el país, además son detalles que se pueden adaptar a otro tipo de sistemas de losas.

Las columnas y muros de apoyo se tratan en el Capítulo "D" con una descripción general del tipo de columnas y de los muros de soporte que se encuentran en las construcciones pequeñas y un pequeño viaje sobre otro tipo de soportes que se consideran interesantes y pueden dar origen a echar a volar la imaginación en los grandes edificios y sus problemas.

Por último en el Capítulo "E" se tratan algunos de los conceptos básicos que hay que analizar para el esbozo del diseño de una construcción y que son importantes para el resultado final, ya que un proyecto no debe solamente satisfacer las necesidades primarias de abrigo, sino que ese abrigo debe satisfacer también las necesidades psicológicas y fisiológicas de los individuos. Se mencionan también algunas ideas datos y parámetros que se pueden utilizar.

Lo conocido es finito, lo desconocido es infinito; desde el punto de vista intelectual estamos en una pequeña isla en medio de un océano ilimitable de inexplicabilidad. Nuestra tarea en cada generación es recuperar algo más de tierra.

T. H. Huxley, 1887.

Introducción.

La ciencia es más una manera de pensar, que un caudal de conocimientos. Su objetivo es desentrañar las leyes naturales del universo y contemplarlo como realmente es.

Su principal rasgo es pensar de verdad todo fenómeno: la formación del rocío en una hoja de árbol, el porqué una lente de cierto tipo bajo la luz solar puede quemar un papel, que es lo que nos impide hacer un agujero de lado a lado del planeta, cuántos huesos tiene el cuerpo humano, donde están los límites del universo, porqué son casi esféricos el sol y otros cuerpos celestes, porqué no caemos a través del piso.

Algunas de estas preguntas son fáciles de responder, otras no. Afortunadamente vivimos en un universo con orden y son susceptibles de que podamos conocer, algunos de sus más importantes aspectos.

Ya que no es posible concebir hoy día, la cultura separada del conocimiento científico, pues ha pasado a ocupar junto con las humanidades, un sitio central en el pensamiento abstracto y en la vida cotidiana de las personas; una de las formas de incorporar el conocimiento a la cultura de un pueblo es la forma oral, otra es la forma escrita, la más nueva es la electrónica, la primera suele olvidarse poco a poco, la segunda

queda allí para la consulta de las generaciones futuras y la tercera no está al alcance de muchas personas, (aún cuando dentro de poco tiempo será posible obtener libros, revistas y periódicos por medio del modem de las computadoras) esta herencia, con el tiempo servirá tanto para su confirmación como para su descrédito, pero así es como funciona el avance de la ciencia.

Tampoco es posible adquirir conocimientos sobre materiales y sobre construcción, únicamente a través de leer libros sobre el tema, se deberán hacer muchas observaciones, modelos y sobre todo llegar a adquirir experiencia (la fórmula mágica para poder "dominar" algo), pero también no hay que negarlo, para interpretar esas observaciones es indispensable la ayuda de los libros y la mayoría de las veces, de muchos libros.

No hay que olvidar que para la mayorías de las personas, una de las más fuertes inversiones en toda la vida, es la que se hace para la morada, ya que es para toda la vida, es el centro de nuestro interés y bienestar, nuestro refugio y lugar de reposo, pero una casa mal diseñada puede dañar nuestra salud, ¿Y acaso no se construyó precisamente para protegerla?, eso implica que los arquitectos que tengan el encargo del proyecto, deberán proporcionar el mejor "diseño" con el mejor y menor costo posible para su cliente, entendiendo por diseño, no solo el aspecto formal, sino también el funcional que implica muchas variables, como el menor mantenimiento y con el mejor confort y seguridad.

Puesto que el usuario confió en nuestra capacidad, integridad y honradez al encargarnos su proyecto, espera por supuesto que nosotros respondamos a sus necesidades de la mejor manera posible. Además, creo

que esto es válido no solo respecto a la vivienda, sino también para cualquier otro tipo de proyecto.

Esto es un hecho y quisiera que quedara muy bien establecido como mensaje para los futuros arquitectos.

El objetivo que este trabajo pretende, es abarcar una amplia gama de temas que puedan estimular a diferentes personas para que continúen por ellos mismos en cualquiera de las áreas de su preferencia, pero esta amplitud de alguna manera puede hacer que el contenido adolezca de superficialidad, no se trata tampoco de defender la originalidad de su contenido, ya que en su mayor parte está apoyado en muchas otras fuentes donde cada punto ha sido tratado por diferentes autores con mucha mayor especialización, profundidad y sapiencia, su intención es que sea un libro que produzca ideas, ya que las ideas son los escalones de la ciencia y la cultura, y que de alguna manera estimule al estudiante en la actitud de pensar.....y dudar.

Si es que existe alguna contribución en especial tal vez es, en haber reunido, ordenado y digerido sobre toda una gran masa de información, que trata sobre algunos de los diferentes tópicos que pueden intervenir en el diseño y la construcción, esperando que este tipo de documentos estimulen las investigaciones que puedan de alguna manera ayudar a la proposición de nuevos sistemas constructivos y soluciones útiles para algún problema específico.

Se presentan también algunas explicaciones surgidas de la propia experiencia, sugiero que se analicen y se proyecten en la correcta dirección

y con sentido común en el trabajo que desarrollen, los animo que experimenten para saber que es lo que les sirve.

Creemos además que trabajos de este tipo, dedicados a la mayor comprensión del papel que juega la ciencia (ciencia que nació no de manera espontánea, sino como un producto del mito y de la magia negra) en nuestra civilización y cultura, pueden servir de foro para que las fuerzas e ideas de la nueva juventud, den forma a la sociedad y a nuestras vidas promoviendo invenciones y descubrimientos de sistemas que nos ayuden entre otras cosas, a la mejor conservación, uso y aprovechamiento de la energía, de los recursos para nuestra subsistencia, la de nuestros hijos y la de los hijos de nuestros hijos.

Arq. René R. Herrera Hdez.

1994.

Materiales de Construcción.

OBJETIVOS GENERALES.

Al terminar de estudiar este documento el alumno deberá ser capaz de:

- 1.- Entender porqué unos materiales de construcción se comportan de manera semejante y otros no.
- 2.- Describir y localizar en que lugar de la construcción se pueden utilizar los materiales que se mencionan.
- 3.- Establecer las cantidades correctas de material para hacer una mezcla de concreto o de mortero, que se va a utilizar en un lugar determinado de la construcción.
- 4.- Conocer las características más importantes de la madera y de algunos otros materiales.
- 5.- Conocer los pesos de diferentes materiales, de los más utilizados en las construcciones.

La época más estimulante y excitante de la vida, es aquella en la que pasamos de la ignorancia al conocimiento de las cuestiones fundamentales, la época en que, comenzamos maravillándonos y terminamos por comprender.

C. Sagan

1. -PRÓLOGO.

En alguna ocasión leí en algún libro, la discusión de cual fue la razón de que nuestros ancestros los australopitecos de hace cinco millones de años, por la cual empezaron a desarrollar la habilidad de caminar erectos.

Una de las opiniones era que al obtener esa postura, los brazos quedaban libres para la defensa y la caza. La otra teoría discutía que el tamaño de ellos era muy pequeño en comparación a los grandes herbívoros de África como para cazarlos, y que nuestros antepasados tenían que esperar por las sobras que dejaban los leones y leopardos, entonces la razón de caminar erectos era que necesitaban los brazos para cargar a sus infantes, se discutía también que los cargaban del lado izquierdo porque se estaban más quietos al oír el palpitir del corazón, con lo que dejaban libre el brazo derecho para la manipulación, lo que probablemente dio por resultado que más o menos el 90% de la humanidad use la mano derecha como instrumento principal.

Discusión que sería difícil de dilucidar, así como también sería para nosotros saber con certeza, como y que materiales empezaron a usar para sus

Lo que es razonable pensar es que el hombre primitivo al tratar de protegerse de las inclemencias del tiempo y de la amenaza de los animales, aprovechara las cuevas y quizá hondonadas del terreno como abrigo, de lo cual tenemos algunas muestras de ésta permanencia en las cavernas por medio de las pinturas rupestres como las de Altamira o Lascaux y otros lugares que datan doce o catorce mil años, cuyo significado pudo ser religioso.

Probablemente al moverse por valles y bosques utilizaron los materiales de su entorno, construyendo al principio, simples refugios, albergues temporales de materiales frágiles y posteriormente con algunas herramientas rudimentarias combinaron piedras y vegetales para construir viviendas más resistentes y permanentes.

Esto nos hace pensar curiosamente que la mampostería quizás tuvo su principio cuando por primera vez nuestros antepasados amontonaron piedras a la entrada de la cueva que le servía de refugio, para formar una barricada y proteger así la entrada de los animales del alrededor.

Posiblemente empezaron por observar como las aves y otros animales por instinto construían sus albergues y el hombre con mayor capacidad creadora haya venido resolviendo este importante problema y quizá sin saberlo, legando de generación en generación sus logros y fracasos.

Parece evidente que las necesidades, el medio ambiente, los materiales locales y cierta lógica en la construcción pueden producir obras semejantes y a veces iguales más no idénticas, en lugares distantes entre sí. Las viviendas

y los sistemas constructivos semejantes en diferentes partes del planeta se le ha llamado la evolución paralela o convergente y esta teoría parece afirmarse cada vez más.

2.- NATURALEZA DE LOS MATERIALES.

Creo que todos nosotros alguna vez en la vida, nos hemos hecho esta pregunta; ¿Porqué se rompen las cosas?

Y quizá también sobre todo cuando éramos niños preguntábamos porqué unas cosas se rompían más fácilmente que otras, o en otras palabras; ¿porqué el fierro es más fuerte que el vidrio? o ¿porqué unos sólidos son más fuertes que otros?

Ahora probablemente lo que nos preguntamos es: ¿que tan lejos se puede llegar en el mejoramiento de los diferentes tipos de materiales?, porque lo que nosotros podemos alcanzar o lograr técnicamente en algunos de los diseños arquitectónicos, - sobre todo en donde se necesitan grandes claros - ha estado siempre limitado por las debilidades o las resistencias de los materiales de construcción que utilizamos, y que en vez de aceptar los materiales como nos los da la naturaleza, debemos de entender como se comportan y ver más claramente como se pueden modificar - aun cuando esto corresponda a otras ramas de la ciencia - para que ellos mejoren este comportamiento y nosotros lo podamos aprovechar.

La gran división acerca de los materiales, siempre ha sido entre metales y no metales, esta división surge porque las propiedades de los metales y los no metales son "obviamente" diferentes lo que hace, que el uso que se haga de ellos puede ser también muy diferente.

Y tan pronto como empezamos a pensar acerca de las propiedades mecánicas de los sólidos, se nos presenta claro, que mientras tenemos alguna idea de "como" los materiales se comportan, en realidad tenemos muy poca idea de "porqué". Y entonces vemos que naturalmente la pregunta, "porqué", es la más sofisticada y más difícil de contestar.

Sin todas las fórmulas matemáticas los principios importantes de la elasticidad son bastantes simples, pero curiosamente también difíciles de entender, probablemente es porque todos nosotros hemos crecido con un conocimiento instintivo, acerca de la resistencia de los sólidos, ya que a todos se nos han roto cosas o nos hemos pegado con algo, y además pensamos que, porque entendemos algo intuitivamente ya no tenemos la necesidad de explicarlo.

De hecho la principal dificultad reside, no en aprender acerca de la elasticidad elemental, sino más bien podernos deshacer de nuestros prejuicios acerca de ella.

Cualquiera que crea que entiende lo que es la elasticidad, debería de tratar de describir objetivamente, las diferencias mecánicas entre un pedazo de madera y un queso. Todos sabemos las diferencias intuitivas y no

intuitivas, por ejemplo: un pedazo de madera no lo ponemos entre dos rebanadas de pan y nos lo comemos, o tiramos un pedazo de queso a la fogata para avivarla, pero para encontrar otras razones más específicas de lo que estamos hablando, acerca de las diferencias entre la madera y el queso debemos tomar en cuenta otras partes de la ciencia.

Y es aquí en donde empezaremos, no para contestar todas las preguntas sino más bien para sembrar la semilla de la incertidumbre y ojalá, el deseo de querer profundizar un poco más sobre el tema.

3.- UNIDADES DE PEQUEÑEZ

Lord Kelvin decía que uno no podía decir nada de un fenómeno mientras no se pudiera medir.

Tomando en cuenta esto, nos adentraremos un poco en el campo de las medidas para recordar. Y si analizamos algunas medidas del microcosmos encontraremos cosas muy interesantes, pero antes tendremos que recordar algunos datos:

Un Ångström (Å) = 10^{-8} cm.

Un nanómetro (nm) = 10^{-7} cm.

Una micra (μ) = 10^{-4} cm.

Una milimicra = Un nanómetro = 10^{-7} cm.

3.1.- QUE PODEMOS VER.

Bien, el objeto más pequeño que podemos ver a simple vista, es aproximadamente de una décima de milímetro que serían cerca de 100 micras de largo, una bacteria mide entre dos décimas de micra de ancho por 2 a 10 micras de largo. Los virus miden entre 17 y 450 milimicras.

El límite de resolución de un microscopio óptico es de cerca de 1 micra o sea 100 veces más capacidad de la que podemos tener a simple vista. Con los nuevos microscopios de electrones se pueden ver partículas de hasta cerca de 5 Ångströms de largo que es más o menos 1000 veces más pequeñas de lo que se puede ver con el mejor microscopio óptico.

Toda la materia está formada por átomos que tienen aproximadamente 2 Ångströms de diámetro y éstos consisten de un pequeño núcleo muy pesado rodeado de unas partículas cargadas de electricidad negativa llamadas electrones formando cuando giran como una nube alrededor del núcleo variando en peso y tamaño de acuerdo del átomo de que se trate.

Esto se nos hace inconcebiblemente pequeño para las medidas que nosotros acostumbramos en la vida diaria, ya que si tratamos de ver un átomo específicamente, obviamente nos damos cuenta que solo los podemos ver en masa y es cuando estamos observando cualquier sólido.

Vale enfatizar que el objeto más pequeño que podemos ver a simple vista es de cerca de 500,000 átomos de largo y lo que podemos ver con el

microscopio óptico es hasta cerca de 2,000 átomos de longitud, mientras que con el microscopio de electrones se pueden ver átomos individualmente, pero solo como una bola de algodón entre la niebla, lo que se dice de como son los átomos en realidad, son hechos que se han tenido que fundar en otras ciencias y teorías.

4.- ÁTOMOS Y MOLÉCULAS.

Si ahora la fabricación de los materiales puede poner a prueba los conocimientos de los científicos, no podemos pensar que nuestros antepasados se acercaran a la manufactura de los materiales de una manera muy lógica. Y el área técnica, no se salvó de ser uno de los temas que hayan sido infestados con la superstición.

Se dice que las espadas de los antiguos japoneses para darles el temple al forjarlas, se enterraban al rojo vivo en los cuerpos de los prisioneros; la fabricación de vidrio en la antigua Babilonia requería el uso de embriones humanos y se menciona que en muchas cimentaciones de edificios y puentes de la antigüedad era común enterrar víctimas, y ya en los tiempos romanos esto fue sustituido por muñecas, pero seguían subsistiendo las supersticiones en muchas otras cosas, aún ahora todavía hay ciertos elementos de irracionalidad acerca de los materiales en todos nosotros, claro que son más notables en las aplicaciones no estructurales pero también se podían encontrar en el campo de las estructuras o de los materiales. Todavía en algunas pláticas, es muy común escuchar "nada como la lana" o "nada se siente como la piel" (en los sillones por ejemplo) y probablemente así sea.

Hay aproximadamente 105 tipos de átomos diferentes, que son los llamados elementos éstos átomos forman moléculas que son la porción más pequeña de materia que posee todas las propiedades de ese elemento, estas moléculas pueden ser de unos 10 Ångströms hasta varios cientos de Ångströms de longitud, y esto, sin contar los isótopos (que son los átomos con la mismas propiedades químicas pero con el núcleo un poco diferente). Cerca de diez de estos elementos son efímeros y son hechos por los científicos atómicos, transmutando artificialmente otros átomos. El resto ha existido naturalmente casi desde el principio del tiempo y prácticamente en un estado inmutable.

De estos átomos solamente unos veinte y cinco son suficientemente comunes para nosotros. Cada clase de átomo es llamado un elemento. Todos los átomos de cualquier elemento son virtualmente idénticos entre sí, pero los átomos de diferentes elementos comunes, difieren mucho en sus propiedades. Esto es por lo que la materia, básicamente muestra las enormes variedades que vemos.

Los átomos de un elemento pueden existir en un estado puro y homogéneo como el hierro y el carbón; y pueden también existir como cualquier clase de mezcla o solución, en este caso los átomos normalmente se combinan en proporciones fijas y definidas para dar paso a un compuesto químico que es completamente una nueva substancia con sus propias características. Por ejemplo, el cloro (Cl) es normalmente un gas verde venenoso; y el sodio (Na) es un metal suave y brillante. Igual número de átomos de cada uno se combinan para formar el cloruro de sodio, la cual ya

viene siendo un polvo que se puede ingerir y que no es venenoso.

Los veinte y tantos elementos comunes pueden y se combinan para formar una gran variedad de sustancias, sólidas líquidas y gaseosas. Los cuatro elementos básicos más comunes que son el carbón, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, y se pueden combinar virtualmente en una infinita variedad para formar casi todas las sustancias que se encuentran en la materia viviente, aparte de un gran número de compuestos artificiales inertes como los plásticos, petróleos, aceites, gasolinas, medicinas, pinturas. Compuestos de este tipo se llaman orgánicos, otros compuestos se agrupan en la denominación de inorgánicos, la cual incluye la mayoría de los compuestos metálicos, de los metales, minerales, cerámicas, etcétera.

En el juego atómico que es llamado química, la unidad básica es la molécula y es la partícula más pequeña de un compuesto que posee todas las propiedades de este compuesto. Muchos elementos existen en la forma de moléculas combinadas en tal manera que pueden ser ellas mismas como el yodo existe como I_2 .

Las moléculas varían en tamaño unas son pequeñas, formadas por un par de átomos hasta estructuras muy elaboradas formadas a veces hasta de cientos y a veces miles de átomos, la molécula orgánica más grande puede ser relativamente larga probablemente varios cientos de Ångströms de longitud. Las moléculas inorgánicas son generalmente más pequeñas una molécula típica, tiene un tamaño de unos 10 Ångströms de longitud. Pero también existen moléculas largas inorgánicas como las de los asbestos, que

son tan grandes como las de cualquier molécula orgánica.

5.- UNIONES QUÍMICAS

Como ya dijimos la materia esta formada de átomos y moléculas y los sólidos se mantienen sólidos por las uniones físicas y químicas entre sus átomos y moléculas ya que cualquier sólido puede ser cambiado o destruido de variadas y diferentes maneras, y podemos mencionar algunas como: la fusión, el ataque químico, el ataque por ciertas bacterias o por la fractura mecánica; como se puede empezar a vislumbrar, la resistencia está relacionada con las uniones químicas en los materiales.

A) Uniones que normalmente mantienen los átomos juntos dentro de la molécula:

5.1.- UNIONES COVALENTES.- Estas son cuando dos átomos comparten un par de electrones. Es usualmente la unión más dura o mas difícil de conseguir pero cuando se logra, es la más fuerte y rígida esta es la unión que existe entre las moléculas orgánicas y algunas veces en las cerámicas. Esta estabilidad en las uniones hacen que sean malos conductores de la electricidad. Los ejemplos más conocidos de los enlaces covalentes se observan en las interacciones de los elementos no metálicos y estos enlaces pueden ser simples, dobles o triples. (grafito, carborundo, diamante.)

5.2.- UNIONES IÓNICAS.- Los átomos individuales o elementos son como un todo eléctricamente neutro, ya que las partículas que lo constituyen

tienen un balance eléctrico. El enlace iónico resulta de la transferencia de electrones de un átomo a otro.

Cuando el sodio reacciona con el cloro, el metal cede un electrón externo al gas, de tal manera que ahora el sodio es de carga positiva (iones sodio Na^+) y el cloro tendrá su carga negativa (iones cloruro Cl^-). Como resultado de esto, los dos átomos se atraen uno al otro.

En los sólidos las uniones iónicas son muy comunes en los compuestos metálicos y es también común que en las uniones de algunos compuestos se tenga un compuesto iónico y un carácter covalente, sin embargo las uniones covalentes son fuertemente direccionales, las uniones iónicas operan más uniformemente en el espacio alrededor de los átomos cargados. Lo que hace que las soluciones permitan el flujo de electrones y poseen varias propiedades características, casi siempre son sustancias quebradizas, cristalinas y de superficies planas. (mármol, yeso, greda, estalactitas, rubí, esmeralda, alumbre).

5.3.- UNIONES METÁLICAS.- Estas son las uniones o lazos que en general sostienen juntos a los metales y a sus aleaciones, cuando estos elementos no están en la forma de un compuesto químico definido, en este caso algunos de los electrones externos no están en órbitas permanentes relacionados a un átomo en particular, sino que se mueven libremente a través del material de que se trate, como si fueran una propiedad comunal a todos los átomos de esa pieza de metal. Este tipo de uniones es la común en todos los metales que conocemos en la construcción.

Ellos forman lo que se ha llamado "mar de electrones". Las uniones metálicas son comparativamente fáciles de formar, de romper y de deformar. Es por lo que el libre movimiento de los electrones dentro del material, hace que los metales puedan ser buenos conductores de la electricidad, como sucede con el cobre, el hierro, el aluminio, el oro, etcétera.

B) Uniones o lazos que normalmente juntan moléculas con otra molécula:

5.4.- UNIONES DE HIDRÓGENO. La molécula de agua H_2O como un todo, es eléctricamente neutra, pero la distribución de las cargas en su interior es tal, que existe una carga local de desequilibrio que puede ser altamente atractiva para otros átomos. En particular muchos compuestos orgánicos tienen dentro de sus moléculas numerosos grupos -OH cada uno de ellos es capaz de atraer otro grupo de -OH, como el agua por ejemplo. Son estas fuerzas en general que permiten que las moléculas de las plantas y las de los animales permanezcan juntas unas con otras. A estos grupos de moléculas -OH, se llaman hidróxilos.

5.5.- Fuerzas de van der Waal. Estas fuerzas de cohesión son mucho más débiles y surgen de las pequeñas variaciones locales de cargas que tienden a ocurrir en todas las superficies de cualquier molécula y no son asociadas generalmente con ningún grupo químico en particular. La cohesión que surge por estas fuerzas, no son particularmente comunes en la naturaleza pero sí son bastante frecuentes en los plásticos y entre otras moléculas orgánicas artificiales. En razón de estas fuerzas de van der Waal, casi todo

material puede adherirse a cualquier otra superficie en el supuesto que estas superficies hacen buen contacto y están lo suficientemente limpias.

Y es aquí, en la Química, en donde se mejoran las características de resistencia de los diferentes materiales, pero eso corresponde a otro tipo de especialistas y no al alcance de este documento.

6.- PROPIEDADES EN LOS MATERIALES.

Todos hemos notado que cada material, tiene diferentes propiedades físicas, como las que se mencionan a continuación:

- Ductilidad, es la propiedad de un material que permite que sea deformado hasta conseguir una longitud considerable sin que se rompa. Cada material tiene su límite elástico, que cuando se lleva más allá de ese límite, el material se deformará permanentemente o se romperá. Los materiales que sufren una deformación plástica antes de que se rompan se les llama dúctiles.
- Elasticidad, es la habilidad que tiene un material que ha sido deformado de alguna manera, en regresar a su estado y tamaño original, al cesar el origen de la deformación.
- Dureza, es la propiedad de resistir el desgaste o el corte. Hay varias pruebas para medir la dureza, como la Vickers, la Brinell y la Rockwell.
- Maleabilidad, es la propiedad de un material que acepta ser aplastado por

medio del martillo, del rolado o prensado sin romperse, la maleabilidad aumenta cuando el metal está caliente.

- **Plasticidad**, es la habilidad de un material para adoptar nuevas formas bajo cierta presión y retenerla al cesar la presión.
- **Tenacidad**, es la propiedad de resistencia a la ruptura bajo un esfuerzo de tensión.
- **Resiliencia**, es la propiedad de resistencia a la ruptura por carga de golpes repetidos, tales como los del martillo.
- **Fragilidad** es lo opuesto a la dureza, y donde los materiales se fracturan por golpe, pero son capaces de resistir presiones constantes. Se le llama quebradizo a un material que es frágil a la temperatura normal. Por otro lado, los materiales quebradizos o frágiles, tienen bajos límites elásticos y se rompen bajo las cargas, con una deformación visible muy pequeña. Por la razón de que los materiales frágiles tienen menos reserva de fuerza para conservar su forma que los materiales dúctiles, y por lo tanto, no son la mejor opción para propósitos estructurales, sin embargo de cualquier manera los utilizamos en las construcciones, tomando en cuenta sus características, como el vidrio, por ejemplo.

Rigidez es una medida de la fuerza que se requiere para empujar o estirar un material hasta sus límites elásticos. La rigidez del material junto con la rigidez de su sección recta, son factores muy importantes cuando se considera la relación entre el claro y la deformación bajo las cargas.

Hay otras varias características importantes como la densidad, la resistencia al fuego, la conductividad térmica y eléctrica, etcétera.

Los materiales estructurales más efectivos para muchas de nuestras necesidades, son aquellos que combinan elasticidad y tenacidad.

Pero nosotros estamos tan acostumbrados a no caer a través del piso, que nunca nos detenemos a pensar el porqué, sin embargo el problema o la característica de como los sólidos inanimados son capaces de resistir las cargas, ya preocuparon a personas como Galileo (1564-1642) y a Hooke (1635-1702), el entender como las estructuras simples, pueden resistir cargas es un problema que, excepto en sus aspectos moleculares no requiere de un gran aparato matemático y puede teóricamente ser resuelto casi por puro razonamiento, esto no quiere decir que el tema es fácil, es intelectualmente muy complicado.

De hecho este problema estuvo bastante alejado del potencial científico del siglo XVII y no fue hasta bien entrado el siglo XIX que una idea razonable de lo que pasa en una estructura, tomó forma. Aún así, este conocimiento estaba confinado a muy pocos teóricos medio despistados. Ya que por mucho tiempo los que manejaban estos conceptos lo hicieron de una manera práctica, como siempre lo habían hecho, como si fuera una receta.

El *negocio* de todos los materiales que se utilizan en una estructura y la estructura en sí, es mantener el equilibrio y la estabilidad para la que fue creada, y para poder hacer esto, de alguna manera tienen que generar las

fuerzas adecuadas para oponerse a las cargas que tienen que soportar y que no se produzca el colapso.

Los seres vivos, los animales, tienen en realidad dos mecanismos para resistir cargas. Las partes inertes que los constituyen como los huesos, dientes, y aún el cabello, resisten de la misma manera que cualquier otro sólido, pero los animales vivientes como un todo, se comportan de una manera bastante diferente.

Las personas y el resto de los animales resistimos las fuerzas mecánicas empujando de una manera activa; hay que tensar los músculos y empujar o jalar según la situación lo requiera. Si extiendo mi mano y se le pone una piedra encima, entonces tengo que incrementar la tensión en ciertos músculos para detener la carga. Yo soy capaz de hacer esto, porque la tensión de nuestros músculos puede continuamente ajustarse por un mecanismo biológico muy elaborado.

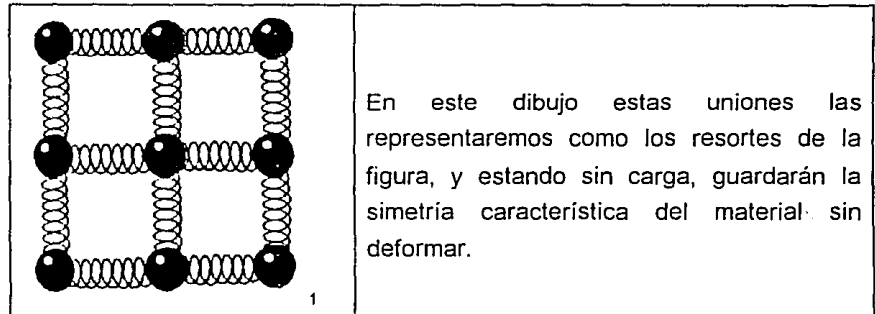
Sin embargo el mantener esta tensión requiere de un continuo gasto de energía, por esta razón los músculos de mi brazo después de cierto tiempo se cansarán y tendré que soltar la piedra para hacerlos *descansar* y que se repongan con reposo y alimento (combustible).

En un sólido inanimado estos procesos vivientes y activos no se llevan a efecto, los materiales son pasivos y no pueden empujar por ellos mismos en contra de un esfuerzo deliberadamente, como no lo hacen en un sentido de movimiento, es por lo que no se pueden cansar como nuestros músculos, aun

cuando a veces se habla de la "fatiga de los materiales", en estricto rigor, no se refieren a lo que estamos mencionando.

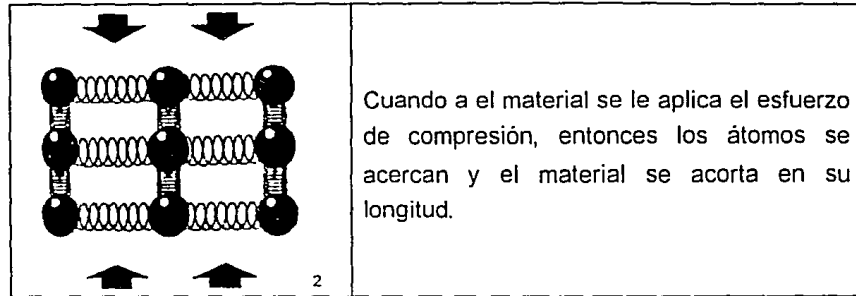
Teóricamente, cuando un sólido está libre de cualquier carga mecánica, las uniones químicas de las que hemos hablado, no se mueven ni cambian de posición.

Pero bajo el influjo de las cargas, entonces puede pasar lo siguiente, si las bolas negras representan los átomos, y los resortes representan sus uniones, tendremos:



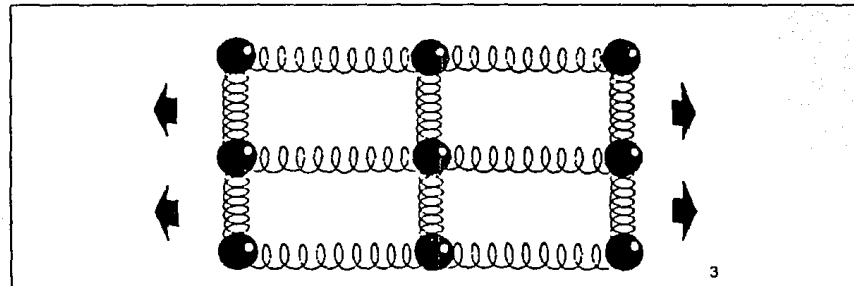
Si el elemento empieza a resistir alguna carga de compresión en el sentido, en este caso vertical, sufrirá una deformación proporcional al esfuerzo que soporta, lo cual quiere decir que su longitud cambiará, hasta que sobrepase su capacidad de carga, y entonces se rompa por el aplastamiento,

¹ Gordon, J.E. 1977. *The New Science of Strong Materials*. Penguin Books Ltd. Harmondsworth, England.



como puede suceder con una columna de algún edificio, en la cual las cargas excedan la capacidad de carga del soporte, esta deficiencia en su capacidad se puede deber a una mano de obra deficiente, a un mal cálculo estructural, o a que los esfuerzos a que se someten - como sucede durante un sismo - sean mayores a los considerados.

Y cuando al material se le aplica un esfuerzo de tensión, entonces las



2 Ibidem.
3 Ibidem.

uniones se estiran, los átomos se apartan y el material se alarga, también hasta que el material, es decir las uniones entre sus átomos, se rompen.

Se ha dicho que los materiales de construcción, son los bloques constructores de la vida, ya que dependemos de ellos para el abrigo y protección de nosotros y de nuestras familias. Nuestro bienestar y salud personal, es afectado por lo que nosotros comemos, bebemos y respiramos, pero también, y en alto grado, por nuestros hogares y en particular, los materiales empleados en ellos, ya que el uso racional de los diferentes materiales puede y debe de hacer de la casa, un lugar sano y agradable para pasar por lo menos un tercio de nuestra vida.

7.- LOS MATERIALES

Coloquialmente hablando, los materiales de construcción más comunes vienen en tres sabores: Mamposterías, Metales y Maderas, empezemos con la mampostería.

7.1.- TIERRA.- Creo que nadie duda que los primeros materiales de "construcción" que se usaron fueron las piedras, las ramas de los árboles, y la tierra, no necesariamente en ese orden. y por mucho tiempo ha dado resultado, ya los Sumerios en la Mesopotamia de hace 5,000 años construyeron grandes ciudades con materiales semejantes a los adobes y ladrillos cocidos, como los que se encontraron en las excavaciones del templo en Ur, los antiguos griegos y romanos vivían en casas de barro y de troncos de árboles, igualmente así lo hicieron los indios Pueblo como los Anasazis de

América, que dejaron sus ruinas en el Cañón del Chaco, Pueblo Bonito, Taos o en Casas Grandes, Chihuahua.

La construcción más antigua que aún sobrevive, hecha con tierra, es la mezquita en Djenne ubicada en Mali, al noroeste de África, construida en el siglo XIV, irónicamente cuando mucha gente del mundo en desarrollo está perdiendo la tradición y el conocimiento de sus construcciones antiguas, algunos autoconstructores, ecologistas y arquitectos, están tratando de revivir su utilización en diferentes naciones como Australia, Estados Unidos, Alemania, y en otros países, por las carencias económicas o por gusto, y por la comodidad que proporcionan se siguen construyendo y utilizando estos materiales sin ningún temor.

El diseño debe de ser una parte de la época en que es creado, aprovechando los avances de la ciencia y tratando de que avance más, por lo que espero que quede bien entendido; nosotros estamos en el umbral del siglo XXI, somos habitantes de grandes conjuntos urbanos, edificios bajos y altos, - quizá no sea lo mejor - pero nuestras necesidades, gustos, y posibilidades de selección de materiales y sistemas son diferentes, y no podemos obligar a otras personas a tratar de construir como nosotros quisiéramos aún haciendo ver las bondades de estos materiales.

Las ventajas de la tierra como material de construcción es su abundancia con prácticamente sin ningún costo, su excelente capacidad térmica, se puede moldear en diferentes formas, bien construida, puede durar mucho tiempo (cientos de años), resistente al fuego y a la polilla, buen aislante

del sonido, y ayuda a absorber y expulsar el aire contaminado.

El mejor material para tabiques, es el que contiene un 75% de arena y un mínimo de 10% de barro, para los adobes es necesario más barro, hasta cerca de un 40%, y menos arena.

Sin embargo el adobe tiene la desventaja que es débil, vulnerable al agua y tiene poca resistencia al impacto, por lo que no es muy recomendable en climas excesivamente húmedos, salvo que se tenga una cimentación bien drenada y unos grandes aleros que protejan los muros de la lluvia, o se fabriquen agregando a la mezcla de tierra, mortero de albañilería, alrededor de un 3% a este material o con otras proporciones se le llama adobe estabilizado, también se le puede agregar fibras sintéticas para darle mayor cohesión, por supuesto ya se empieza a encarecer el material original.

7.2.- TABIQUES.- Se refieren a los pequeños bloques que son formados y endurecidos en unidades modulares ¿ya habían escuchado la palabra?, este aspecto modular hace la diferencia con otros materiales de la mampostería. Los que están hechos a través del calor y con barro, son los que conocemos con este nombre, pero los fabricados con alguna mezcla de concreto y bajo una reacción química de fraguado, se les conoce como tabicón o bloques de concreto.

Las medidas y el color de los tabiques varían de lugar en lugar, pero para nuestra comprensión en sus medidas, los mencionaremos como de 7 x 14 x 28 centímetros como sus medidas nominales, (y cuyo tamaño variará

según el fabricante y el lugar de la república en donde se produzcan), estas son las dimensiones del llamado tabique recocido común el cual es hecho con barro y poca arena para que no se agriete, y luego de secado se meten en hornos de leña en donde caben aproximadamente en cada uno, unas 10,000 piezas en donde se cuecen un día completo y se dejan enfriar por otros dos o tres días más.

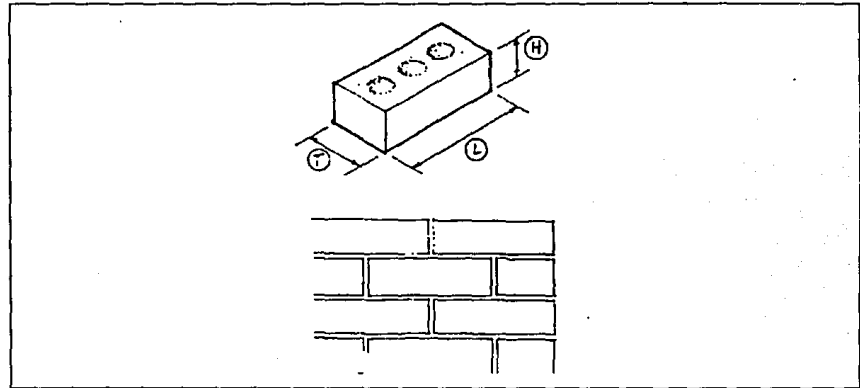
Los tabiques que son hechos en fábricas industriales en donde se dosifican los ingredientes por medios mecánicos con lo que controlan su calidad, son prensados a máquina lo que le da una mayor resistencia de trabajo a la compresión, de hasta 8 Kg/cm^2 , en comparación con la resistencia que se le considera al tabique recocido común que es de alrededor de unos 4 Kg/cm^2 , teniendo en general unos huecos para poder hacer dos cosas, la primera es para poder colocar refuerzos estructurales de varillas y que los muros queden aparentes y sin remiendos o sin que se vean los elementos como lo castillos, y la segunda, es para que se aligeren las estructuras que se construyan con ellos.

Se considera tabiques sólidos de barro, a los que las varias y pequeñas cavidades que los atraviesan no sobrepasan el 25% del volumen total; los que tienen tres perforaciones y que no excedan de $3,250 \text{ mm}^2$ y que se puedan considerar dentro del 25% mencionado, o los que el volumen de cada cavidad no exceda el 20% del volumen total.

Se les denomina tabiques perforados, los que tienen cavidades de diferentes tamaños que los atraviesen y que su suma llega a exceder el 25%

del total del volumen.

Los tabiques huecos, son en los que las perforaciones exceden el 25% del volumen y generalmente sus cavidades no son pequeñas.



Estos tabique prensados tienen varias medidas, según para lo que se utilicen pero las dimensiones comunes son como se indican a continuación y cuyas unidades son en centímetros.

Medidas más comunes de los tabiques prensados.

H	T	L
6	12	24
6	10	20

7.3.- BLOQUES DE CONCRETO.- Este material es básicamente modular y es bastante usado en México en las construcciones de carácter industrial, en donde se presupone que no tiene mucha importancia el acabado, ya que si se le da color con una buena pintura, quedarán listos para su uso final, si se quiere terminar con aplanado, se necesita colocar una malla de metal pegada al muro, para que no se caiga el mortero, o resanar las juntas y poner un acabado de pintura plástica.

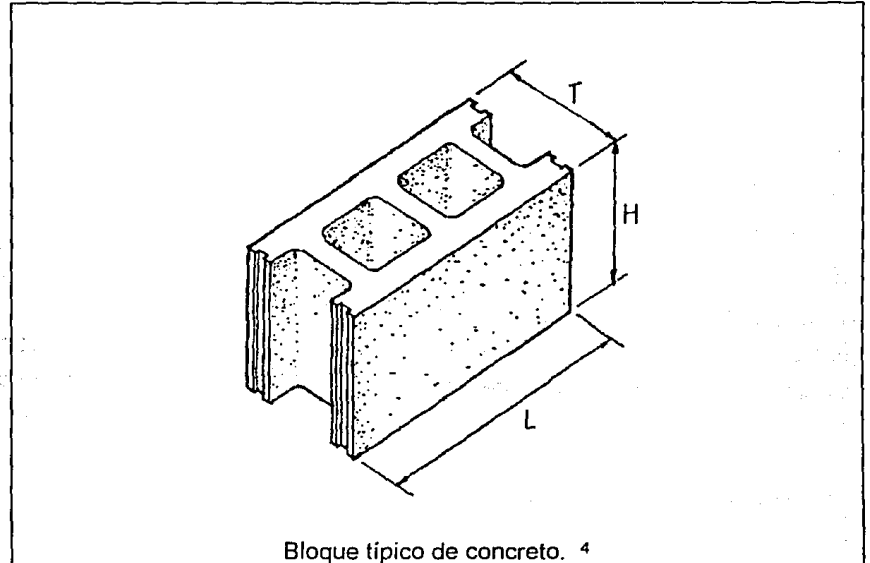
En cambio en una casa habitación no a mucha gente le gustaría tenerlo como material que quede aparente a la vista, y entonces se tendría que recubrir con otro material de terminado, lo cual no siempre sucede con el tabique, sin embargo hablando estrictamente del bloque como material, es bastante útil su uso, ya que tiene buena capacidad de absorción del sonido, resistencia a la temperatura por sus huecos, y sobre todo se avanza muy rápido en cuanto a la cantidad de metros cuadrados que se pueden erigir en un día de trabajo de los obreros.

Aún cuando para el medio de la Ciudad de México, o de cualquier otra zona sísmica, es necesario tener cuidado de que se le pongan los refuerzos horizontales que se especifiquen por los Reglamentos de Construcción de la zona, para no tener muros cuarteados en caso de un movimiento telúrico, y deberán estar bien pintados los muros de esta clase que queden al interior, pues su acabado es bastante rugoso.

Los bloques se fabrican en diferentes densidades según el uso que se les vaya a dar, siendo el bloque de concreto pesado el que se necesite para

muros de carga, y los de concreto medio y ligero, los que se utilicen como muros para poca carga o como muros de relleno, que no están capacitados para tomar esfuerzos de los que va soportar la estructura.

También se fabrican bloques de concreto especiales, para su utilización en las losas nervadas como se verá más adelante.



Bloque típico de concreto. ⁴

Medidas que pueden tener los diferentes lados de los bloques según los diferentes fabricantes.

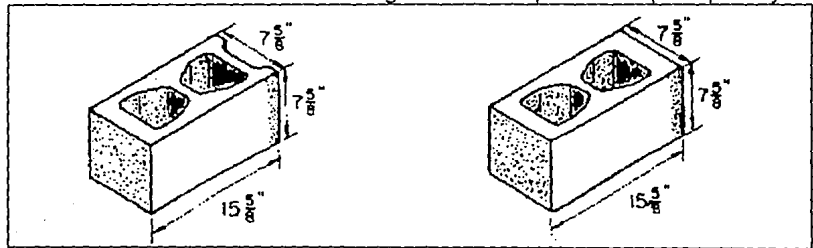
⁴ Panarese, W.C. Kosmatka, S.H. Randall, F.A. 1991. *Concrete Masonry Handbook*, Portland Cement Association. Illinois, U.S.A.

Las dimensiones sombreadas son las más comunes para las edificaciones de bodegas y para algunas industrias, en algunos lugares se utiliza el bloque de 20 x 15 x 30 cm. en la construcción de casas por su semejanza en el ancho T igual a 15 centímetros con el del tabique y también en los muros divisorios en las oficinas.

H	T	L
10	10	20
	15	30
20	20	40
	25	60
	30	

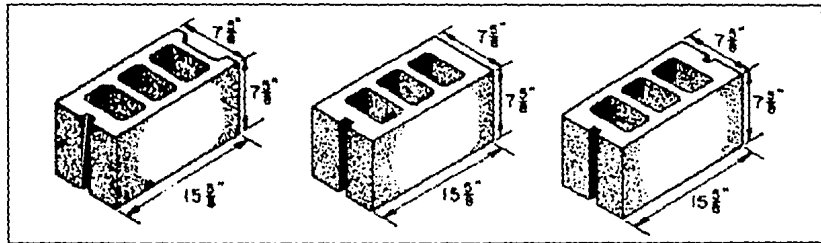
Sin embargo en algunos lugares no es muy bien aceptado como material para la construcción de casas, pues a la gente le da la impresión de que por ser hueco, no tiene la misma resistencia que un muro de tabique de barro recocido común.

A continuación se muestran algunos de los tipos de bloques que hay en

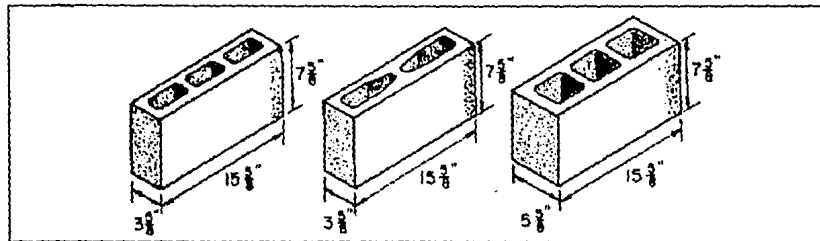


CAPÍTULO A

el mercado, pero es necesario verificar lo que se fabrique en el lugar y lo que haya en existencia antes de especificar alguno en una obra, así como también sus características de resistencia a las cargas y si se consiguen los refuerzos metálicos que se tienen que colocar en el sentido horizontal para que no aparezcan fisuras en el muro que se construya con él, estos datos los proporciona el fabricante.



Bloques para cabeceras de muros y de un espesor nominal de 10 centímetros ($3 \frac{5}{8}''$) y de 15 cm. ($5 \frac{5}{8}''$). El espesor nominal significa el ancho que tendrá el muro una vez terminado, ya con su recubrimiento y tomando en cuenta la junta de mortero.



ya que los muros quedarán como si fueran de estrías verticales del material, todo esto sin tener que hacer cimbras muy elaboradas para colar el concreto y tener este tipo de terminado.

7.4.- PIEDRAS.- De las piedras las más usadas en las cimentaciones pequeñas, son la cantera y la piedra braza, el resto son casi todas materiales de recubrimiento como la cantera misma, la chiluca, el recinto y los mármoles, cada una de ellas provienen de su propia "cantera" que están en las laderas de los cerros o formando mantos de origen volcánico, y de donde se extrae con cartuchos de dinamita, o como en el caso de los mármoles, se obtienen por medio de cortes que se van haciendo en la ladera según se vayan encontrando las vetas.

Es necesario hacer notar que un metro cúbico de piedra produce un metro y medio de piedra quebrada de la que se utiliza en las cimentaciones de las construcciones, pero un metro cúbico de piedra suelta de la que vemos que transportan los camiones materialistas, solo alcanza para hacer dos terceras partes de un metro cúbico de cimentación. Habrá que escoger la piedra más pesada y que al partirse presente el grano parejo ya que es la más resistente, sobre todo si se va a utilizar como material estructural (cimentaciones o muros de carga) la piedra porosa no debe de usarse en cimentaciones hechas en terrenos con nivel de agua alto, como los de algunas partes de la Ciudad de México, ya que absorbe agua y posteriormente transmitirá la humedad a los muros que descansen sobre ella, tampoco deberán utilizarse las piedras calizas que casi siempre son de color blancuzco, pues estas se pudren con la humedad del suelo.

7.5.- YESO.- El material de donde se obtiene, es el yeso pétreo, este mineral es el yeso dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Sulfato Cálculo) que al pasarse por los hornos giratorios que tienen una temperatura de 140° a 200° C producen el yeso hemihidrato, ya que tiene menos cantidad de agua, que es el que se usa en la construcción y será de mayor poder aglutinante en cuanto sea más rico en hemihidrato.

Se vende en el mercado según su calidad y los llaman: Escayola, que tiene al menos un 80% del peso de hemihidrato siendo el más fino, el Yeso Blanco, que tiene un 66% como mínimo de hemihidrato y el Yeso Negro, que debe contener al menos un 50% de hemihidrato siendo un producto de color grisáceo y de menos finura y calidad que los anteriores

7.6.- CAL.- La llamada caliza es la materia prima que es el carbonato cálcico (CaCO_3) la cual también se mete en hornos a unas temperaturas del orden de los 1.080° C obteniéndose el óxido de calcio o cal viva, (CaO) que para apagarla se le añade agua y entonces se obtiene el hidróxido cálcico $\text{Ca}(\text{OH})_2$, este material ya sirve para los propósitos de la construcción, y a veces se le llama cal aérea ya que para fraguar necesita el bióxido de carbono (CO_2) del aire proceso que se llama carbonatación, por lo que esta cal no fragua bajo el agua, pero también existen en el mercado las llamadas cales hidráulicas que en su composición hay cierta cantidad como impurezas de otros compuestos como son los SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 que al reaccionar con el monóxido de carbono (CaO) del horno, dan aluminato y silicato cálcico, que tienen la propiedad de fraguar bajo el agua, estos compuestos son análogos a los que se encuentran en el cemento Portland.

El calor que se necesita en los hornos para producir esta cal, se eleva hasta una temperatura de unos 1,200°C.

7.7.- CEMENTO.- Hay diferente tipos de cementos y el cemento tipo Portland es el de uso más difundido en la construcción, este cemento lo patentó en 1824, Joseph Aspdin y fue llamado así, por su parecido a las piedras extraídas de una cantera cercana a Portland en Inglaterra.

Se obtiene de la fusión de dos materias primas principalmente, una es material calcáreo (CO_3Ca) o caliza llamada carbonato cálcico y la otra es un material arcilloso que tiene sílice y en menor cantidad aluminio y fierro (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3), los cuales deberán estar muy bien dosificados.

Estos materiales se calientan a una temperatura de alrededor de los 1,500°C en unos hornos especiales para producir el clinker, el cual ya enfriado y molido muy fino con un pequeño agregado de yeso de alrededor del 3%, para su control de fraguado, es lo que constituye el cemento tipo Portland, el cual se vende en sacos de 50 kilogramos y que tiene un volumen de 16.1 litros absoluto y de 32 litros de volumen relativo.

El cemento natural, es obtenido de la misma manera pero de materiales encontrados en depósitos naturales, el cual es más rápido en el fraguado, pero de menor resistencia y calidad, y además menos uniforme que el cemento Portland. Los cuatro componentes principales del cemento son: silicato tricálcico (SC_3), silicato dicálcico (SC_2), aluminato tricálcico (AlC_3) y ferro aluminato tetracálcico (AlFeC_4), siendo sus diferentes mezclas lo que le

da al cemento diferentes características utilizables en las construcciones.

7.7.1.- Tipos de cemento

Hay tipos de cementos que no son muy conocidos como son el cemento de puzolana, siendo la puzolana un material amorfo silicoso o silicoso aluminoso, que se le agrega al cemento o substituyéndolo en una parte, normalmente del 15 al 50% siendo de baja temperatura de buena impermeabilidad y resistencia a los sulfatos.

Tipo I	Es el producto normal para uso común y corriente de fraguado a los 28 días. tienen un equilibrio entre el silicato tricálcico y el silicato dicálcico. Se utiliza en la industria de la construcción.
Tipo II	Modificado, cemento de calor moderado usado en obras hidráulicas y con una moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo III	Cemento de resistencia rápida semejante al tipo I pero adquiere la misma resistencia en la cuarta parte del tiempo que el cemento normal (3 a 7 días), es de alto calor con mayor cantidad de silicato tricálcico. Se utiliza en la industria de la construcción.
Tipo IV	Cemento de bajo calor, usado en grandes volúmenes de concreto como en las cortinas de las presas, tiene reducido calor de hidratación y contiene mayor cantidad de silicato dicálcico.
Tipo V	Cemento de alta resistencia a los sulfatos, usado en las cimentaciones que están en contacto con agua sulfatadas y agresivas.

Los cementos que aquí se mencionan y se dan sus características principales, son los más utilizados en la industria de la construcción en toda la república.

También hay el cemento de escoria de alto horno, que es un cemento para obra hidráulica, el cemento compensador de contracción o expansivo, cemento de fraguado controlado, cemento refractario, cemento antibacterial, cemento para pozos petroleros y cemento de alta alúmina para obras de mar, se puede decir que son los más importantes.

7.8.- CONCRETO.- El concreto es un material estructural que se forma por medio de una mezcla de materiales químicamente inertes que son la arena y la grava o cualquier otro material triturado que sea también inerte, el otro componente de la mezcla es el cemento siendo este el elemento activo que reacciona al agregársele el agua que debe de ser potable y exenta de grasas, materias orgánicas y sales, formando así una gran piedra.

Esta piedra artificial aumenta de resistencia con el tiempo, es un material bastante económico y permite moldearse, siendo esta una de sus mayores ventajas, no es un material impermeable pero se puede proteger al paso del agua pero es bastante pesado en los concretos normales, una de sus características es su alta resistencia a la compresión y su baja resistencia a la tensión y esta razón es por lo que nace el concreto armado o concreto reforzado siendo este componente el que lleva unas varillas de acero colocadas estratégicamente para resistir los esfuerzos que el concreto como material de construcción no es capaz de absorber.

El concreto como tal, se descubrió hace muchas centurias ya que se ha encontrado una argamasa formada con el mismo principio del concreto que conocemos ahora, en la Muralla China, en Egipto, en la Roma imperial, en la Grecia antigua, etc.

En la época moderna en el año de 1756 aparecen los primeros concretos, pero su utilización en estos tiempos todavía se ve reducida a morteros para albañilería.

El colado de las primeras losas con refuerzo metálico embebido en el concreto aparece en 1867 haciéndose el primer puente en el año de 1873.

Esta innovación del concreto armado se empezó a introducir en la arquitectura hasta el año de 1903 y a partir de entonces ha alcanzado un gran desarrollo en las técnicas, en los métodos constructivos y de cálculo.

Como casi todo material tiene enormes ventajas y desventajas. Una de sus ventajas es que es más o menos económico y permite moldearse o vaciarse en encofrados, cimbras o moldes de diferentes formas, su principal característica constructiva es su alta resistencia a la compresión pero una débil resistencia a la tensión.

Es además permeable aún cuando se puede hacer casi impermeable por medio de aditivos, pero es muy pesado ya que se considera que tiene un peso de 2,200 a 2,400 kg./m³. y no se puede considerar como un buen aislante térmico.

CAPÍTULO A

Debido a su especial resistencia a la compresión y debilidad a la tensión, se crea el primer problema de su utilización, ya que se debería usar eminentemente a la compresión por no absorber las tensiones producidas cuando se somete un elemento de concreto a diferentes tipo de cargas, pero el análisis de esto, ya le corresponde al cálculo del concreto reforzado.

7.8.1.- Proporciones para concretos.

CONCRETOS: Revenimiento de 10 cm.

ELEMENTO	bolsas		bultos		bolsas	kg. cm ²	litros		
	GRAVA		ARENA		CEMENTO	AGUA	RESIST.	VOLUMEN DE CONCRETO	
	3.4"	1.12"							
MUROS PISOS	6	8	53.4	6	1	2	100	175	189
COLUMNAS TRABES	4	51.2	31.2	33.4	1	11.4	250	120	130
DALAS CADENAS CASTILLOS TRABES	51.4	71.2	43.4	51.4	1	13.4	150	131	167
CAPITAS LOSAS	41.2	6	4	41.4	1	11.2	200	133	145
ALTA RESISTENC.	31.2	43.4	23.4	3	1	1	300	103	112

Las anteriores proporciones son bastante utilizadas en las obras que están en proceso, el renglón de la izquierda (ELEMENTOS), indica las piezas constructivas que se pueden colar con las cantidades dadas en los renglones de la derecha, tomando en cuenta si la grava es del tamaño de 3/4" (19 mm.) o si es de 1 1/2" (38 mm.)

7.8.2.- Proporciones para morteros.

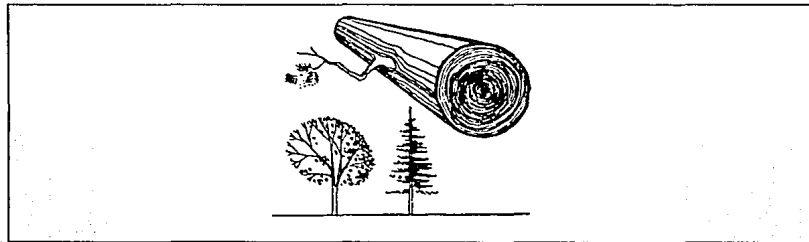
MORTEROS

ELEMENTO	BOTES DE ARENA	BULTOS DE MORTERO
CIMENT. DE PIEDRA Y APLANADOS	5	1
MUROS DE CARGA TABIQ.	4	1
FIRMES DE PISOS	3	1
APLANADOS ESPECIALES	2	1
PLANTILLAS DE REST. LIG.	6	1
ALTA RESISTENCIA	1	1

Con la tabla anterior se sabe que clase de mezcla de mortero se puede usar en la manufactura de un elemento constructivo dado.

7.9.- MADERA.- La madera es uno de los más "sanos" materiales de construcción, ya que es un buen regulador de la temperatura interior pues "respira" y por esa misma razón ayuda a la ventilación y a estabilizar la humedad, es tibia al tacto, agradable a la vista y absorbe sonido, aunque hay unas pocas personas son alérgicas a su aroma.

Sin embargo tiene el problema de que se destruye fácilmente con el fuego, en el pasado grandes construcciones fueron hechas con este material, como las primitivas edificaciones de Kalahari en África, habitaciones de los Mayas en Centro América, y de los Maoris de Nueva Zelanda y de muchas otras más civilizaciones, uno de los edificios de madera que probablemente sea el más antiguo del mundo, es la pagoda y el monasterio de Horyuji Buddhist ubicado cerca de Nara en el Japón que data del siglo VII de la era moderna. (D.C.)

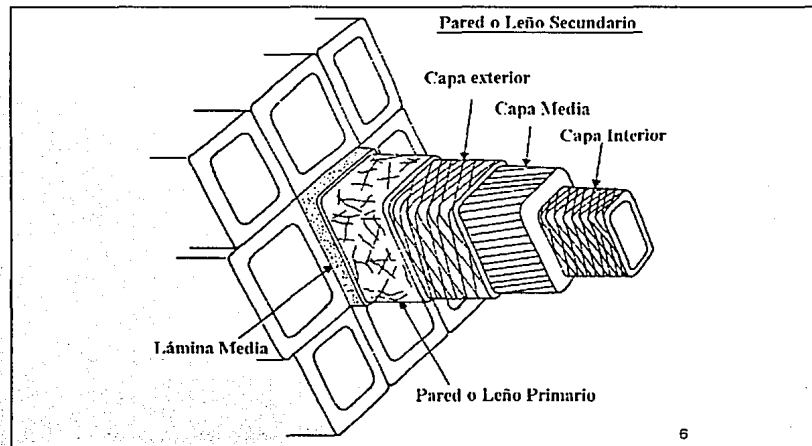


CAPÍTULO A

Como material de construcción, la madera es fuerte, durable y en relación a su peso es el material más fuerte de todos, excepto del bambú, aparte de ser bastante fácil de trabajar. La relación resistencia/peso de la madera estructural, es más grande que la del concreto reforzado común.

La madera se divide en dos categorías, la madera blanda y la madera dura, una división de la botánica que no siempre refleja realmente su dureza.

La madera blanda proviene principalmente de las coníferas y es usada para la construcción en general y la madera dura proviene de árboles de hojas anchas, de hojas que se caen con el cambio de estaciones, que son más

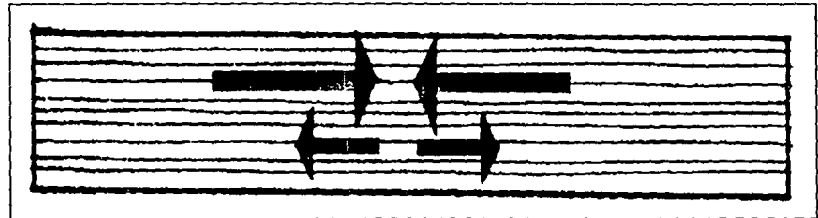


⁶ Gordon, J.E. 1977. *The New Science of Strong Materials*. Penguin Books Ltd. Harmondsworth, England.

CAPÍTULO A

lentos para crecer que los de madera blanda, son de más densidad y resisten mejor los hongos y el ataque de los insectos, resisten también mejor la distorsión, pero también son maderas más caras, el uso más apropiado para ellas es para fabricar pisos, escaleras, muebles y en la decoración de interiores.

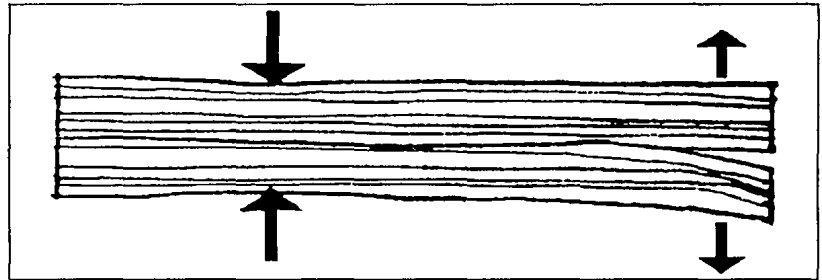
La estructura celular de la madera, es prácticamente rectangular en su sección recta, pero la morfología de las paredes de las células es bastante complicada la disposición de las moléculas de celulosa es preponderantemente en forma helicoidal, como se nota en la capa interior y en la capa exterior. Los árboles que se consideran que se pueden utilizar para madera comercial, se dejan crecer por bastantes años, y el tiempo varía de especie a especie, el roble, por ejemplo se corta a los 100 años más o menos, para que pueda producir madera de buen tamaño, el fresno a los 50 años, y para algunas especies de pinos, lo normal es que sean árboles que tengan de 60 a 120 años de edad, si es que se siguen las reglamentaciones respectivas. Uno de los factores más importantes en la utilización de la madera como material estructural, es aprovechar la dirección de su veta, y en el siguiente dibujo se vemos la mejor disposición de ella, para tomar mejor los



esfuerzos de tensión y de compresión, además se puede estimar que en el caso de que trabaje a la compresión, resiste $1/3$ más de esfuerzo que a la tensión.

Sin embargo los esfuerzos de compresión que la madera puede absorber de una manera perpendicular a su veta, son aproximadamente de un quinto a un medio ($1/5$ a $1/2$) menores que la capacidad que tendría si los esfuerzos fueran paralelos a su veta.

Y en este mismo sentido, el perpendicular a la veta, la madera, prácticamente casi no puede absorber los esfuerzos de tensión que se le

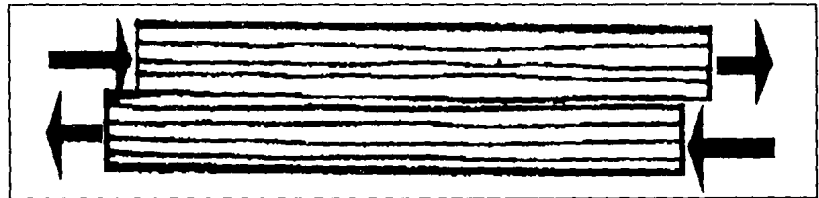


apliquen, ya que entonces se parte, con bastante facilidad, como se muestra en el lado derecho del dibujo.

Es por eso que la madera si se va a usar de una manera estructural se utilizará teniendo en cuenta estas características, en las armaduras el uso de

la madera, es siempre con los esfuerzos paralelos a su veta.

La capacidad de la madera al esfuerzo cortante es mayor si este esfuerzo es en el sentido perpendicular a la veta que si es paralela a ella, por

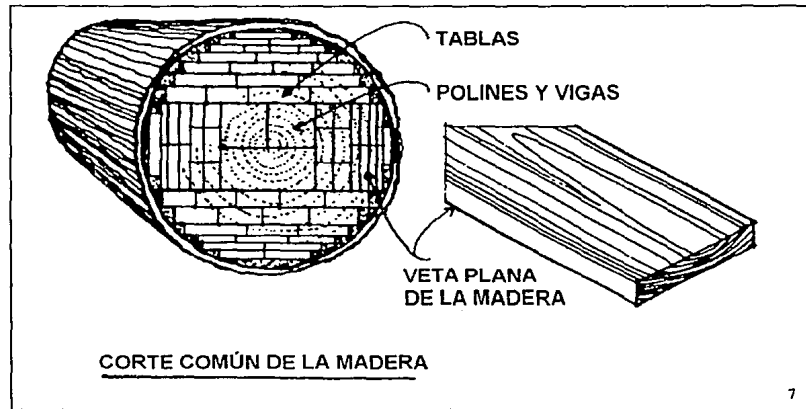


lo que es más susceptible al cortante horizontal que al cortante vertical, en el dibujo se aprecia como le puede afectar el cortante horizontal

El uso que probablemente sea el más tradicional de utilización de la madera, es en su forma natural de tronco; y es una manera muy económica de construir casas como las utilizadas por los primeros colonizadores de América del Norte en donde la abundancia de madera y el clima, la hicieron ideal como material de construcción para habitación como en los llamados "log cabin" que son las cabañas hechas con troncos de árboles, claro, será económico siempre y cuando haya abundancia de la materia prima.

La manera como las piezas son cortadas afecta su resistencia así como su apariencia, hay principalmente dos tipos de corte industrial de la madera, que son los que ilustran a continuación.

Este tipo de corte es el más común ya que por sus características tiene menos desperdicio y por lo tanto es el que produce más madera en el corte, tiene las siguientes características: su veta se ve mucho más, muchas veces la veta se nota como si estuviera levantada, tiende a torcerse con más facilidad,



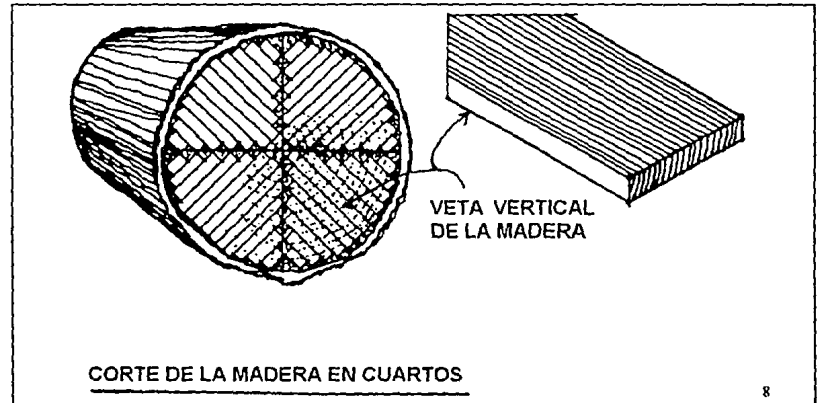
pero también tiende a encoger menos en su espesor que en su ancho, es el tipo de madera que se puede usar en la cimbra para el concreto.

Y esta madera es la que comúnmente vemos en el mercado y en todas las construcciones, se usa también para hacer muebles de buena calidad sobre todo si la madera está seca, esto quiere decir que tenga un contenido

⁷ Ching, Francis D.K. 1991. *Building Construction Illustrated*. Van Nostrand Reinhold. New York, N.Y.

de humedad del 20% o menos.

El otro tipo de corte comercial es el que se llama en cuartos, y se utiliza en maderas finas, se efectúa como lo muestra el dibujo que sigue, es un tipo de corte que es más caro ya que se desperdicia más material en el proceso, pero la madera que resulta tiene un grano de la veta más regular, se desgasta más parejo, y encoge menos, por lo que es ideal para la manufactura de muebles de calidad.



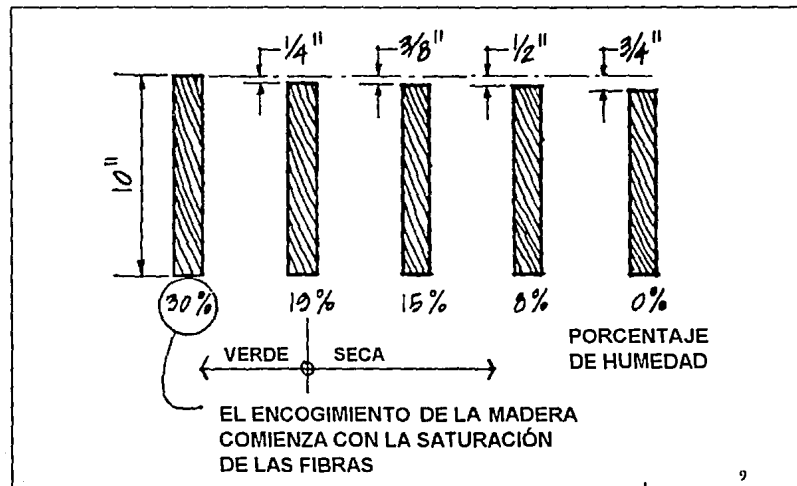
Ya cortado el tronco, se deja que pierda algún contenido de humedad se procura que la pérdida de agua no sea violenta, pues entonces la madera

⁸ Ibidem.

CAPÍTULO A

se raja, ya que después de perder cierto porcentaje de agua no deberá encogerse, torcer o partir para que se pueda considerar de buena calidad como madera estructural.

En el siguiente dibujo, se muestran los posibles porcentajes de la humedad en la madera, y la medida aproximada de encogimiento que se tiene en una tabla de 25 cm. con cada uno de estos porcentajes, encontrándose que las piezas que tienen alrededor del 20% de humedad o menos, son las



⁹ Ibidem.

que disminuyen muy poco sus dimensiones y además son las que no se pudren tanto, por eso en los muebles viejos de una hechura más o menos artesanal, y que han estado en climas secos, se nota que sus juntas están más separadas de lo que se pudiera haber deseado cuando se construyó la pieza en cuestión.

Hay ciertas clases de maderas que son más resistentes al deterioro por la edad y a los hongos, como el nogal, el cedro, el ciprés, y la secoya (árbol que llega a medir 150 m. de altura), y otras que también pueden ser resistentes a los insectos, algunas son como, el cedro rojo, la secoya y el ciprés pelón.

Aún cuando en el mercado existe una amplia variedad de conservadores para la madera para que ésta luzca agradable y de buen servicio por mucho tiempo, pero hay que tener cuidado que estos no sean nocivos para la salud de las personas que los utilizan, pues generalmente siguen desprendiendo olor mucho tiempo después.

8.- METALES.

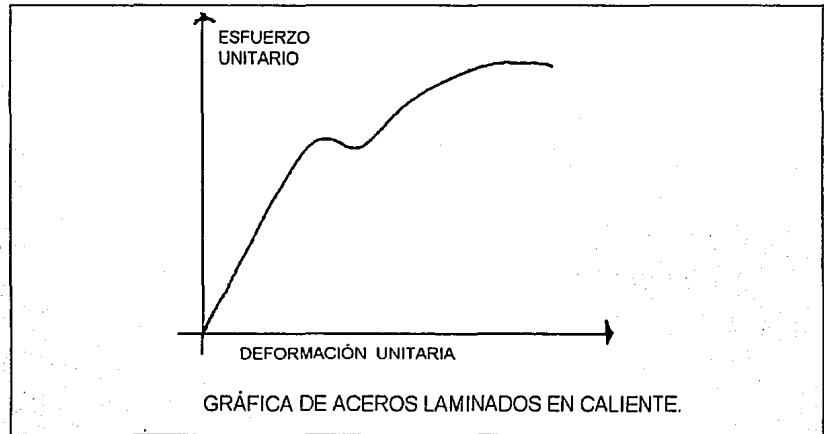
8.1.- ACERO. El metal que más se utiliza en la construcción y especialmente en edificios altos, o en los que se necesitan grandes claros, como en las naves industriales, hangares, talleres, estadios y hasta en los teatros, es el acero estructural que por su resistencia se puede utilizar en estructuras ligeras o pesadas, según las necesidades, es muy elástico y aunque se considera incombustible, bajo condiciones de alto calor, a más de

unos 540 °C, el acero se hace dúctil y pierde su resistencia.

Las características del acero se pueden alterar por medio de aleaciones cuando se fabrica y entonces se amplía el campo de utilización. Al acero común estructural se le llama acero de medio carbono.

El acero suave tiene un contenido de carbono menor del 0.1%, es blando y dúctil y se usa para tubos, barras para remachar y láminas para prensado.

El acero llamado de bajo carbono, tiene un contenido de más del 0.35% de carbono, siendo más duro y menos dúctil que el acero suave, se usa para



las secciones estructurales, placas y barras para maquinado, es fácil de soldar, es el llamado, laminado en caliente.

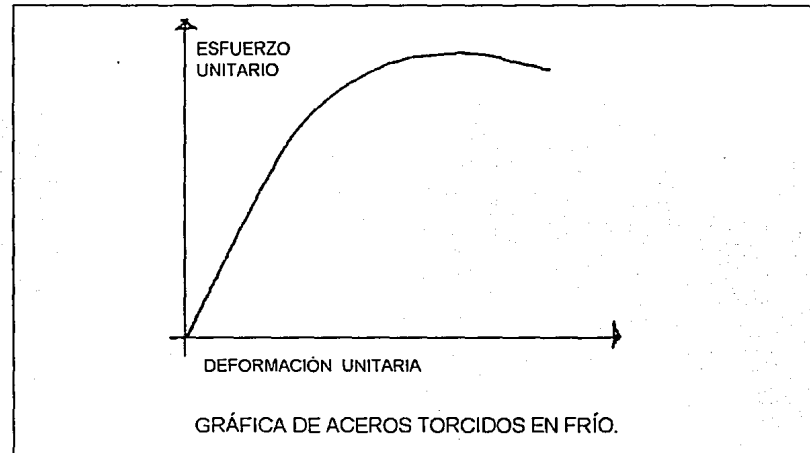
Este acero de refuerzo es muy común que se fabrique con el material de los rieles de ferrocarril, o con ángulos de acero, que se funden para darles la forma necesaria para ser utilizados como material de construcción.

Si se le agrega níquel, se mejora la dureza de su superficie, con el cromo, aumenta su resistencia a la corrosión y se endurece, con el cobre también aumenta su resistencia y soporta en mayor grado la corrosión, con el manganeso se aumenta la resistencia al desgaste y al trabajo pesado, con el molibdeno se aumenta su dureza y capacidad de resistencia a la corrosión, forma parte del grupo conocido como aceros de alta velocidad, y con el tungsteno, se hace resistente al fuego.

El acero inoxidable es acero al carbono al que se le ha agregado cromo y níquel, en una proporción de alrededor del 13 al 21% de cromo y entre el 7 al 10% de níquel. Es el material que se utiliza en algunos muebles de las cocinas industriales, así como cubiertas de laboratorios, también se pueden hacer perfiles laminados para las ventanas y cancelas especiales, dando un acabado de buena presencia y resistente a la corrosión, sobre todo en lugares cercanos a las costas.

El acero de medio carbono, tiene un contenido de carbono del 0.35 al 0.7%, siendo todavía más duro, resistente y menos dúctil que el acero de bajo

carbono, más difícil de soldar y maquinar. Se usa en piezas en las que se necesitan buenas cualidades de resistencia carga-rodamiento y a la abrasión y en el acero de refuerzo para el concreto.

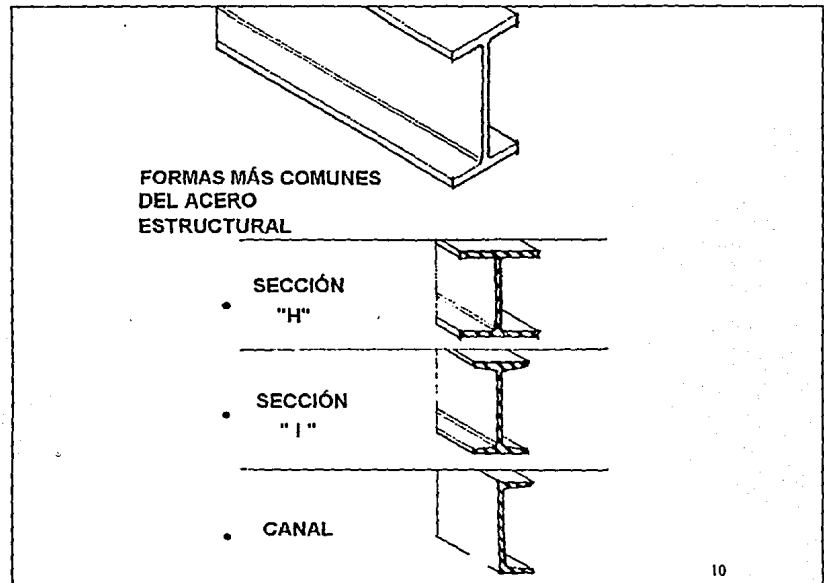


El acero de alto carbono, tiene un contenido del 0.7 al 1.5% de carbono siendo un material muy duro, normalmente templado por un tratamiento térmico, difícil de soldar y se emplea en la fabricación de herramientas manuales y partes de máquinas.

La laminación se hace en frío estirando y torciendo el acero con lo que se logran resistencias más altas, pero es más delicado para resistir los trabajos que se le tengan que hacer con la soldadura eléctrica.

8.1.1- Secciones de Acero

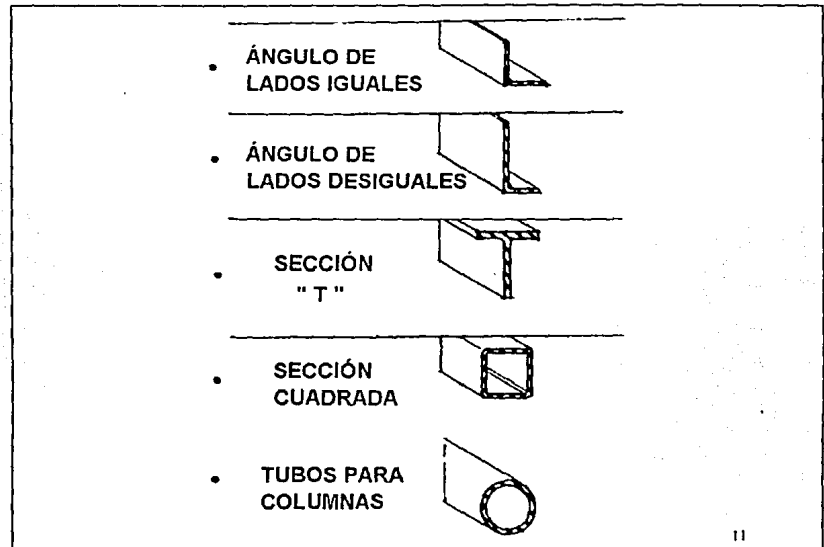
Se presenta una parte de las secciones más utilizadas en la industria de la construcción.



Estas secciones se usan mucho para estructuras de edificios altos y las

¹⁰ Ibidem.

que siguen, en estructuras espaciales en dos o tres dimensiones como la tridilosa o en armaduras para grandes claros.



Otro tipo de refuerzo para el concreto armado son las mallas soldadas también llamadas electromalla, consistentes en una serie de alambres paralelos soldados en sus uniones con alambres transversales y que se vende en rollos.

¹¹ Ibidem.

8.2.- ALUMINIO. El aluminio recocido es un material muy suave y dúctil, se produce por electrólisis de la alúmina (óxido de aluminio) en solución con criolita, el aluminio tiene muy alta resistencia a la corrosión, porque se forma una capa en su superficie, dura e impermeable de óxido que impide la oxidación del metal, en la construcción no se utiliza puro, sino en la forma de aleaciones de aluminio, con las cuales se obtienen unas mejoras considerables en sus propiedades mecánicas.

Hay aleaciones forjadas sin tratamiento térmico como las de magnesio y aluminio que tienen una alta resistencia a la corrosión, o las que a veces tienen una pequeña cantidad de manganeso, y las de aluminio y cobre, que se utilizan generalmente para los conductores eléctricos de las líneas de alta tensión, ya que estas pesan menos que las de cobre puro, aún cuando la conductividad eléctrica del aluminio es menor que la del cobre, alrededor del 61%, pero su peso es el 45% del peso de los conductores de cobre.

De las aleaciones forjadas con tratamiento térmico las principales son las de aluminio, silicio (0.4%), manganeso (0.6%), cobre (4%), magnesio (0.5%), que además llevan una pequeña cantidad de hierro (0.7%), dando como producto lo que se conoce como Duraluminio, que se puede utilizar en ciertos elementos estructurales como las estructuras espaciales.

En las construcciones no se deberá colocar el aluminio en contacto con el acero, ni instalar las ventanas y cancelas con tornillos comunes de hierro, ya que se propicia la corrosión bimetalica, se deberán utilizar los tornillos galvanizados o cadminizados.

8.3- Cobre. Es un metal no ferroso de mucha utilización en la construcción, no en los elementos estructurales sino sobre todo en los cableados de las instalaciones eléctricas pero solamente como un producto de no menos del 99.9% de cobre puro, también es empleado en las instalaciones hidráulicas y en algunas secciones de las instalaciones sanitarias.

En este sentido, hay que tener cuidado de no colocar en la dirección del flujo del agua, tuberías de cobre en las instalaciones hidráulicas, para luego continuar con tuberías de fierro galvanizado con la finalidad de evitar la corrosión de las tuberías de fierro por electrólisis, puesto que el óxido de cobre que se llegue a desprender de la tubería de cobre, se llegará a depositar en el interior de la superficie del tubo de fierro y formando pares galvánicos que irán produciendo óxido de fierro y reduciendo así, el diámetro de los tubos, poco a poco.

Es utilizado en los acabados de algunas techumbres ya que con el tiempo su color rojizo natural se cambia por un color verdoso muy agradable a la vista, pero esta práctica va cayendo en desuso.

Es resistente a la corrosión, pues tiene la característica de que en contacto con la atmósfera, forma una capa externa de óxido que impide que el metal se oxide en su interior, pero sí, le afecta el agua de mar, ácidos y álcalis, por lo que se le deberá proteger si está expuesto a éstos.

9.- PESO DE LOS MATERIALES.

Como parte importante de los materiales que se utilizan cotidianamente en las construcciones, se incluye una tabla con sus pesos en kilogramos por cada metro cúbico.

Estos pesos que nos ayudarán a poder calcular las cargas de un edificio y su determinación es importante para el cálculo de la cimentación y del resto de los elementos de la estructura.

CONCRETO	PESO Kg/m ³
Concreto simple	2,200
Concreto armado	2,400
Concreto aligerado	900-1,800
Cemento	2,000

MATERIALES PÉTREOS	PESO
Basalto, Laja	2,200-2350
Cantera	1,800
Chiluca	2,350
Granito	3,200-2,400
Grava y arena seca	1,650
Grava y arena húmeda	1,700
Mármol	2,200-2,550
Piedra braza	1,800-1,950

Pizarra	2,800-2,300
Recinto	1,900
Tezontle	750-1,250
Tepetate	650-1,100

TABIQUES Y RECUBRIMIENTOS	PESO
Adobe	1,500-1,600
Azulejo	1,800
Bloque de cemento ligero	900-1,300
Bloque de cemento medio	1,300-1,700
Bloque de cemento pesado	2,000-2,200
Ladrillo de barro recocido	1,500
Mosaico de pasta	2,000-2,400
Mortero de cal y arena	1,500
Mortero de cemento y arena	1,900-2,100
Tabique común de barro recocido	1,500
Tabique hueco de barro prensado a máquina	900
Tabique sólido de barro prensado a máquina	1,800
Tab. ligero de cemento, (tabicón)	900

CAPÍTULO A

Terrazo de granito	2,550
Yeso	1,500-1,100
Prismático para tragaluces	1,900-1,500
Vidrio	2,200

MADERAS	PESO
Álamo	500
Caoba	650
Cedro	400-550
Encino	850-950
Fresno	600
Nogal	600
Oyamel	550
Pino	450-650
Roble	700-850

METALES	PESO
Acero laminado	7,600
Acero inoxidable	8,100
Aluminio	2,750-2,550
Bronce	8,100
Cobre	8,900
Fierro laminado	7,850
Hierro vaciado	7,200

Cimentaciones.

OBJETIVOS GENERALES.
Al terminar de leer este capítulo el alumno deberá ser capaz de:
1.- Conocer a grandes rasgos las características de resistencia y tipos de suelos en general.
2.- Entender la relación que existe entre las dimensiones de un cimiento y la resistencia del terreno.
3.- Describir a grandes rasgos los tipos de excavaciones elementales en las construcciones.
3.- Identificar en sus características fundamentales los diferentes sistemas de cimentación que son más utilizados.
4.- Comprender el efecto de las cargas excéntricas en las cimentaciones.
5.- Establecer con la asesoría del maestro y en un análisis previo, que tipo de cimentación se puede proponer para un diseño dado, dependiendo de las variables que intervienen.

La inconformidad es el primer paso hacia el progreso.

Oscar Wilde.

1.- ANTECEDENTES.

La Ciudad de México tiene actualmente una extensión territorial de más de 9,600 Km² y en esta superficie existe una de las más grandes variedades de terrenos.

En el año de 1449 Netzahualcóyotl por orden del emperador Moctezuma, hizo un dique de 16 de Km de longitud para protección de las corrientes de agua provenientes del norte hacia el lago de Texcoco.

En 1604 y 1607 hubo grandes inundaciones a pesar de este dique, al que los españoles le llamaron de San Cristóbal, ya que la precipitación pluvial en el valle de México es en promedio de 6,500 m³ anuales de agua.

Enrico Martínez proyectó el túnel de Nochistongo, al noroeste de la cuenca para desviar las aguas del río Cuautitlán con ello el valle de México dejó de ser una cuenca cerrada.

La evaporación y el mal control de los niveles de agua hizo que la gran laguna se convirtiera en una serie de pequeñas lagunas separadas, siendo las principales las zonas de Texcoco, Xochimilco, Tláhuac y Chalco, mientras el subsuelo se fue sedimentando llegando a formar la "arcilla del Valle de México".

Y es éste tipo de suelo el que nos da la posibilidad de una amplia gama de problemas a resolver en nuestras construcciones.

2.- PRÓLOGO.

En una ocasión en que salí de campamento con mis hijos, uno de ellos al pisar en un lugar enlodado me hizo la siguiente pregunta:

Oye papá, porqué al pisar en éste suelo mojado se hundén mis pies y se levanta a los lados de mi zapato un borde de lodo?

Después de darle la explicación pertinente al caso y decirle que no deberíamos salir al campo cuando las lluvias estuvieran tan fuertes y que no se anduviera metiendo en los charcos de agua y con lodo, pues echaba a perder los zapatos, esto me hizo pensar en las cimentaciones, sobre todo en las de la Ciudad de México con sus características especiales de terreno.

Cuando se habla de cimentaciones una de las primeras consideraciones es saber el tipo y características del terreno así como las cargas que puede soportar.

Se puede generalizar diciendo que el terreno ideal es el terreno más uniforme, pues todas las cargas y sobre cargas (vientos y sismos) tendrán una respuesta pareja.

La segunda consideración importante es la carga de la construcción, es

decir la suma de las cargas muertas (peso de los materiales utilizados) y de las cargas vivas (peso de las personas y mobiliarios considerados según el tipo de edificio) estableciendo así la relación carga y resistencia del terreno, a partir de la cual se podrán proponer los diferentes tipos de estructuras y de cimentaciones.

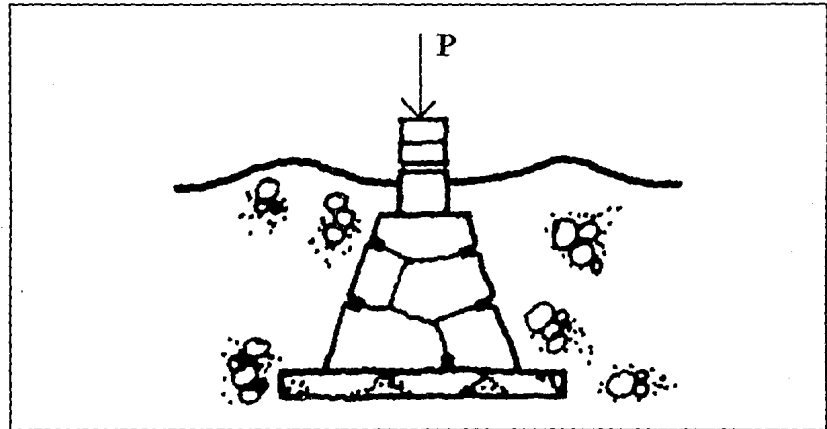
Con el rápido avance de los descubrimientos científicos y su aplicación a problemas específicos, se pueden proponer estructuras a base de polímeros y vinilos reforzados, de una gran resistencia mecánica y de un peso de alrededor de una tonelada métrica por cada 30 metros cuadrados de superficie cubierta lo que las hace prácticamente indestructibles al sismo.

Con los sistemas que normalmente utilizamos estamos ahora, con un peso estructural de alrededor de una tonelada de carga muerta por cada m^2 de construcción, lo que daría un peso de 20 a 30 toneladas por cada 30 metros cuadrados de superficie cubierta y esto se refleja naturalmente en las cimentaciones y en su costo. Por supuesto aún estamos un poco lejos de tener a la mano éste tipo de tecnología. Y sin tomar en cuenta nuestra idiosincrasia natural, de pensar de que entre más pesada y masiva sea una construcción nos proporciona mayor seguridad.

La cimentación de todo edificio, ya sea grande o pequeño, es la subestructura que soporta el peso de la construcción y es el enlace crítico en la transmisión al terreno en que está colocado, de las cargas de éste, para que el edificio no se hunda más de lo previsto ni tenga tendencia al volteo y pueda resistir el empuje de los sismos.

En todo caso, tenemos que preocuparnos de la estabilidad de las construcciones, también de como se resuelva en primer caso su cimentación y que el resto de la estructura vaya de acuerdo con la primera.

Dicho lo cual, tenemos que decir, que en las cimentaciones existen dos tipos de asentamiento uno inicial y el otro el subsecuente, el inicial se efectúa



durante el proceso de construcción hasta su terminación, y el subsecuente tiene lugar el resto de vida del edificio por los asentamientos de las capas de terreno en las que está apoyado y los dos tienen el efecto que se muestra en el dibujo anterior.

El factor más importante para determinar un sistema de cimentación es la capacidad de carga o resistencia del terreno y para ello se tiene que hacer una investigación geológica del suelo si la magnitud del proyecto así lo impone, este tipo de análisis llamados estudios de mecánica de suelos, los hacen profesionistas y empresas especializadas y su discusión está fuera de la intención de este libro. Sin embargo es un aspecto dentro de los estudios preliminares de un proyecto que por su importancia y posibles consecuencias no se puede dejar pasar por alto.

3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS.

En general los suelos los podemos catalogar en:

Blandos Medianos y Duros.

Terrenos blandos.

Para los terrenos blandos se considera una capacidad de carga capaz de soportar construcciones bajas y se reconocen por ser terrenos con alto índice de humedad, esponjosos y que si se clava una pala - método poco científico pero de cierta efectividad - esta penetra con facilidad, estos suelos están formados por arcillas blandas, terrenos de aluvión, limos etc.

Terrenos medianos

Los terrenos de mediana resistencia, se ven más secos y de mejor consistencia, para excavar en ellos se necesita golpear con el zapapico, también llamado solamente pico y contienen arcillas secas, gravas y arenas

mezcladas con arcilla seca, arena conglutinada y compacta por lo que pueden soportar estructuras más elevadas.

Terrenos duros.

Estos terrenos son más pedregosos y no absorben agua con tanta facilidad, para penetrarlos se necesita hacer una gran presión, que va desde golpear con el pico o utilizar un taladro neumático y están formados por esquistos o pizarras, piedra caliza, roca granítica, roca volcánica, piedra arenisca formando lechos compactos.

Clasificación de los suelos.	Tipo	Tamaño de las partículas en mm.	Resistencia a la compresión.
Blandos	Cohesivo	<0.002 a 0.06	de 2 a 5 Ton/m ²
Medianos	Semi-cohesivo	0.06 a 2.0	de 5 a 60 Ton./m ²
Duros	Granulares	2.0 a <60	de 60 a 300 Ton./m ²

La medida normal de la resistencia de un suelo es su capacidad, medida en kg/cm². El sistema de cimentación distribuye las cargas de un edificio, de tal manera que la resultante del peso de la construcción, también medida en kg/cm², no resulta mayor que la del terreno y es uniforme en todas las porciones de la estructura.

La alta resistencia de un terreno presenta pocos problemas, lo cual es el caso contrario si la resistencia del terreno es baja, ya que puede dictar rigurosamente el tipo de cimentación, la distribución de cargas, que podrán en algún momento determinar la forma del edificio, y el costo más elevado de su cimentación..

Clasificación de los suelos.¹

Rocas eruptivas o ígneas, procedentes del magma fundido bajo la corteza terrestre:

Rocas intrusivas, que se han enfriado lentamente a grandes profundidades y a elevadas presiones y luego emergido a la superficie:

Granito, roca formada por cristales de cuarzo, mica y feldespato potásico.

Siemita, roca compuesta principalmente por hornblenda y feldespato potásico.

Diorita, roca de color verdoso, contiene feldespatos de los tipos plagioclasas y hornblenda.

Rocas filonianas y efusivas, donde el enfriamiento se ha producido rápidamente al salir al exterior como en una erupción volcánica:

Díabasa, parecida a la diorita pero un poco más clara, compuesta de augita y feldespatos.

¹ W. E. Schulze, Simmer. 1970. CIMENTACIONES. Edit. Blume. Madrid, España.

Rocas sedimentarias, los sedimentos que están sueltos, en transcurso del tiempo se consolidan en rocas compactas a través del proceso llamado diagénesis, y generalmente en forma de estratos, por los sedimentos superpuestos.

Basalto, roca de un peso específico elevado, formada principalmente por feldespato, augita, minerales de hierro y olivino, de un color negro grisáceo con tono azulado.

Pórfidos, rocas incrustadas por algunos cristales gruesos en una pasta de textura vítrea.

Rocas detríticas, formadas de productos de desintegración de rocas más antiguas el elemento cementante es de tipo silicio, calizo o arcilloso.

Las llamadas brechas, clastos, conglomerados.

Areniscas, formadas por arena y cementadas por diferentes materiales, areniscas silíceas o cuarzos, arcillosas, calcáreas, ferruginosas.

Esquistos sedimentarios (ortopizarras) de color gris azulado, a veces rojizo, verde o violeta que al absorber el agua se hinchan y se disgregan al secarse en forma de hojas.

Pizarras arcillosas (argilitas) estas están fuertemente consolidadas, al ser humedecidas no se hinchan

Rocas de sedimentación química.

De precipitación química, como la caliza, compuesta de carbonato de cálcico e impurezas de arcilla, cuarzo, etc.

La dolomía, cuando el carbonato es cálcico-magnésico
Por concentración de sales disueltas, como el yeso, sal
gema, anhidrita, sales potásicas y magnésicas.

Rocas de origen orgánico.

El carbón de hulla y los esquistos bituminosos

Rocas metamórficas, son las que por los movimientos de las placas tectónicas han podido pasar a unas mayores profundidades, presiones y temperaturas.

Mármol, es una roca cristalina de diferente tipo de grano,
de origen calizo.

Pizarra metamórfica, es una roca esquistos de color gris oscuro, formada por cuarzo y mica con inclusiones grafitosas. Es bastante delgada.

Cuarcita, formada principalmente por cuarzo, de colores bastante claros y de aspecto granulado en donde a veces se nota la estratificación.

Gneis, la roca original puede ser eruptiva o sedimentaria,
formada de feldespato, cuarzo con algunas inclusiones oscuras de biotita.

De hecho todos los suelos están formados por rocas grandes o pequeñas, de diferentes tipos pero al fin rocas. Y son tres los procesos principales que pueden dar origen a un suelo, la meteorización que es la transformación de las rocas por un proceso mecánico y químico, la erosión y la sedimentación.

Por los agentes físicos las rocas se rompen y desmenuzan, dando origen a gravas, arenas y limos mientras que por los agentes y procesos químicos o biológicos estas rocas desmenuzadas y los minerales que contienen se alteran dando origen a las arcillas.

Por la erosión que también se llama proceso de transporte, los materiales se mueven con las aguas y se van desmenuzando por la abrasión dando origen al fango y las arcillas.

La sedimentación tiene lugar cuando las partículas en suspensión de las corrientes dejan de moverse y empiezan a asentarse lentamente, dando origen a las tierras detríticas o de aluvión, margas, y limos. Los suelos orgánicos pueden estar formados totalmente con materia orgánica o tener sustancias orgánicas entre los demás componentes.

La parte de terreno a considerar desde el punto de vista de la construcción, comprende la parte más externa de la corteza terrestre y como se podrá comprender por la exposición anterior, esta parte no está conformada de un material homogéneo sino que se compone de diferente tipo de partículas sólidas y huecos.

Las observaciones edafológicas, también ayudan a catalogar un terreno, sobre todo si no está localizado en la ciudad, ya que por la presencia de determinadas plantas y arbustos se pueden determinar las condiciones hidrológicas, el tipo de suelo y las características químicas del terreno, ya que cada especie vegetal se desarrolla mejor en un tipo de suelo en particular, para esto es necesario conocer las necesidades vitales de las plantas que allí se encuentren o conseguir la asesoría necesaria, y al mencionar las plantas, es hablar de "la vegetación del lugar."

4.- RELACIÓN CIMIENTO-CARGA.

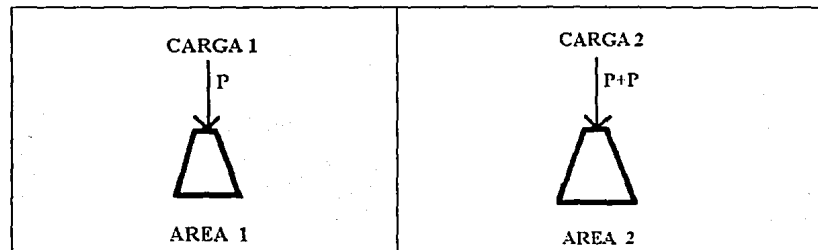
El propósito de las cimentaciones es transmitir los esfuerzos que produce una estructura ya sea de compresión, tensión o de giro, hasta alguna parte del terreno en donde se puedan distribuir más eficazmente y darle estabilidad a la construcción, los cimientos no solo sirven para soportar las cargas estáticas del peso de los materiales empleados y el de las personas y muebles apoyados en ellos, si no también deberán soportar los esfuerzos producidos por cargas dinámicas como el de los sismos y en algunos casos el de los vientos fuertes.

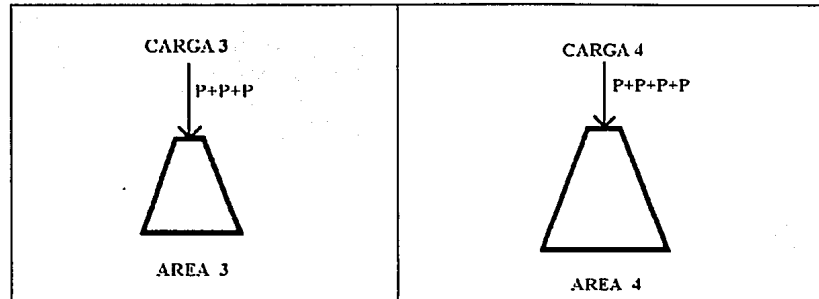
Antiguamente los cimientos se diseñaban atendiendo a la intuición y a las experiencias proporcionadas por obras anteriores y más por la primera que por la segunda, por lo que era como resolverlos al azar, éstos métodos eran hasta cierto punto rudimentarios pero no hay que olvidar que se estaban adquiriendo los conocimientos necesarios para obtener algún método de diseño más ortodoxo, de hecho el diseño fue por muchos siglos un sistema de

ensayo y error, ya los egipcios en sus pirámides dejaron testimonios de sus logros y de sus fracasos.

Por supuesto no había una clasificación de suelos como la de ahora ya que la ciencia de mecánica de suelos realmente es una disciplina nueva iniciada en el siglo XX. Además los métodos de construcción eran muy lentos lo que daba el suficiente margen de tiempo para que la obra se asentara casi por completo antes de que se terminara y les daba a los constructores la oportunidad de ir corrigiendo las fallas que pudieran tener en los niveles por el asentamiento sufrido, durante la construcción.

Hoy en día existen los métodos que permiten analizar el comportamiento del subsuelo bajo diferentes condiciones de carga y también el posible comportamiento de este subsuelo en los estratos más profundos. Por lo que respecta a la sustentación tenemos que para una misma resistencia de terreno, en cuanto más carga se le aplique, más área necesitará en la base para que no se hunda, como puede quedar aclarado con los siguientes esquemas.

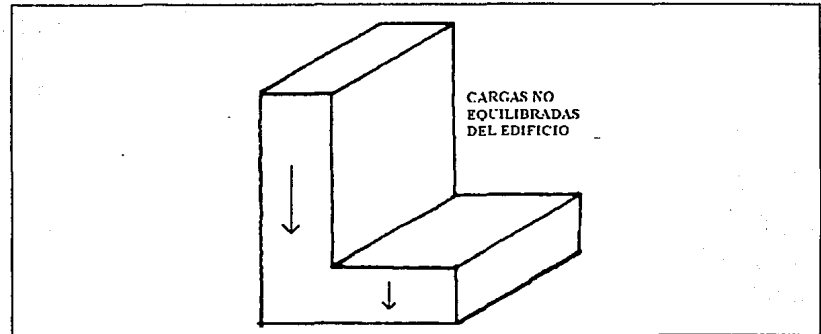




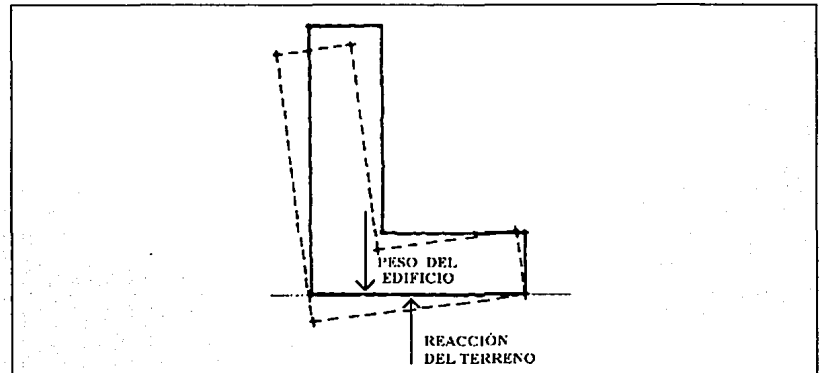
También se puede determinar las cargas que se generan según el destino de los edificios, la localización de los puntos de apoyo, la magnitud y dirección de los esfuerzos producidos y una cosa muy importante es determinar en donde se encuentra el centro de gravedad del edificio y en donde está localizado el centroide de la figura de la cimentación.

El olvidar verificar esto en el diseño arquitectónico y en el diseño de la cimentación ha hecho sobre todo aquí en la ciudad de México, que veamos tantos y tantos edificios que se han hundido e inclinado con el tiempo por error en la solución de esta parte de la cimentación.

Sobre todo que ésta es una característica que se puede determinar de antemano y que con algo de razonamiento se puede llegar a una solución, como colocar las cargas más grandes en la zona baja, construir la parte alta con materiales más ligeros, compensar la cimentación para que coincidan el centro de gravedad y el centroide de la cimentación.



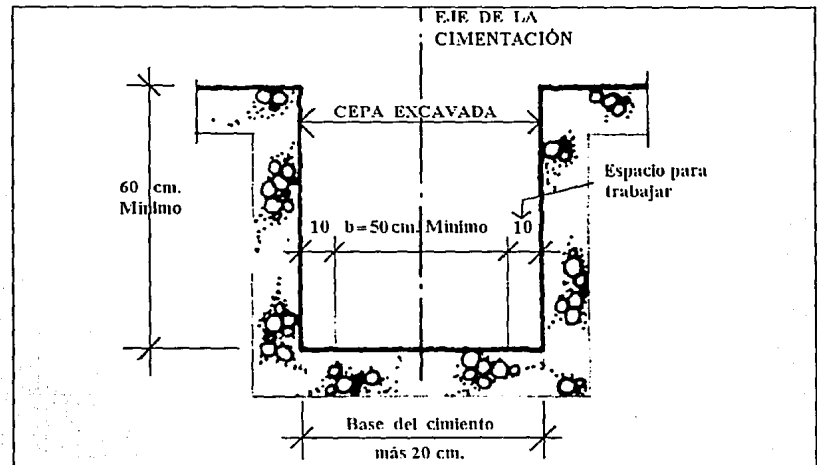
Si tenemos un edificio como el de la figura, con el tiempo de seguro que se inclinará hacia el lado que tiene más altura y más peso.



Sin embargo el poder determinar todos los esfuerzos de una estructura, no implica que se pueden reducir los coeficientes de seguridad que se tienen que tomar en el cálculo de las cimentaciones, pues siempre existirá la posibilidad de una falla en el terreno que no fue detectada con los estudios de mecánica de suelos o algún otro error en la mano de obra.

5.- EXCAVACIONES.

Para poder hacer una cimentación es fundamental trazarla, y tener el espacio suficiente en el terreno para poder construirla, para esto es necesario hacer una excavación en el terreno quitar la tierra necesaria, para que queden



unas cepas lo suficientemente amplias para poder trabajar y colocar los materiales, a continuación veremos una cepa con la configuración mínima requerida para que se pueda trabajar bien en ella.

Estas excavaciones podrán ser de dos tipos principalmente:

Las excavaciones superficiales y las excavaciones profundas.

Las excavaciones superficiales son las que se pueden hacer manualmente en terrenos no muy duros y cuando las cargas que van a soportar no son grandes, es decir la magnitud de la construcción es moderada como las casas habitación, pequeños edificios de oficinas o comercios, cuya altura es de alrededor de tres o cuatro pisos, este tipo de excavación no se hace con maquinaria se hace a mano es decir con pico y pala utilizando a veces la barreta, el cincel, el marro etc.

Para nuestros fines, los terrenos los dividimos en este Capítulo en la Sección 3, en tres categorías que son :

Terrenos blandos son los que se pueden excavar con facilidad con pico y pala, como los del área de Xochimilco, Narvarte, Colonia del Valle, etc.

Terrenos medios son los que se pueden excavar con el pico, pero ya no entra la pala fácilmente, como en las Lomas de Chapultepec, Mixcoac, Cd. Satélite, etc.

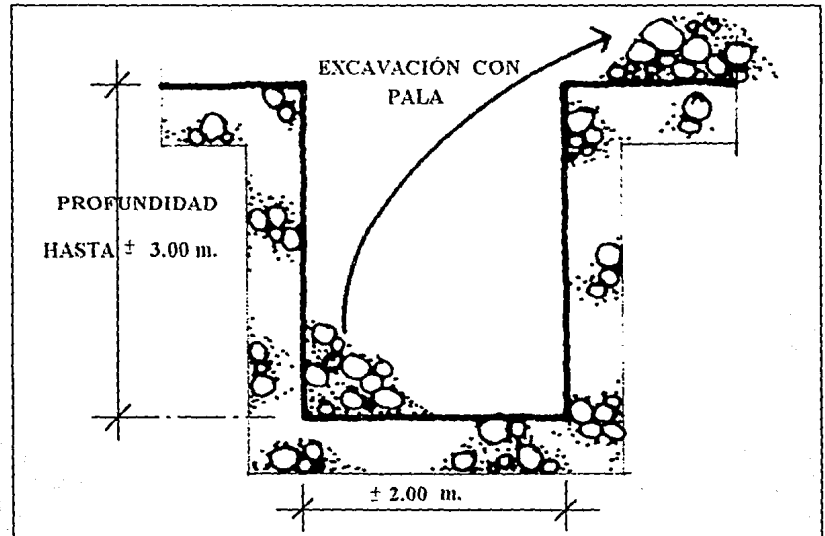
Terrenos duros son los que para excavar en ellos, se utiliza además del pico, la barreta, el cincel, el marro y el taladro neumático como en la zona del

pedregal de San Ángel, pedregal de Carrasco, etc.

5.1.- EXCAVACIONES SUPERFICIALES

Estas excavaciones las llamadas superficiales, son para edificios pequeños y se hacen manualmente en terrenos en que se pueden abrir con pico y pala, las características de las cepas para la cimentación son:

El ancho de la cepa tendrá 20 cm. más que el ancho del cemento en su

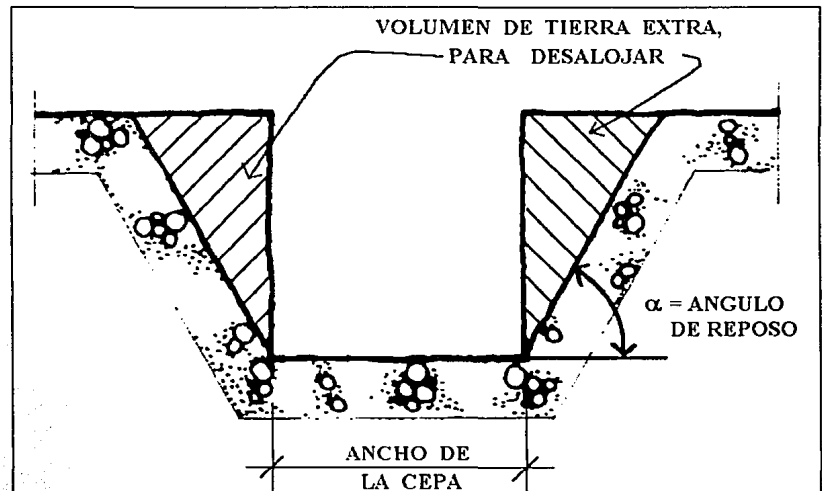


CAPÍTULO B

base es decir 10 cm. de cada lado para que el trabajador pueda mover los pies y maniobrar con los materiales y herramientas que van a utilizar.

El ancho mínimo de una cepa excavada para cimentación es de 0.60 m. y puede ser de hasta 1.50 m. de profundidad, pero no con ese ancho mínimo, después normalmente se aumenta en el ancho de la cepa del cimiento, cincuenta centímetros por cada metro que se incremente la excavación en profundidad.

En algunos terrenos el tipo de suelo no permite hacer las cepas como la que se están mostrando, sino que la tierra se resbala hacia el interior de la



CAPÍTULO B

excavación hasta que encuentre su ángulo natural de reposo por lo que los metros cúbicos de excavación serán más, de los previamente pensados.

Para hacer la excavación de la cepa, se trazarán en el terreno con cal, y posteriormente rectificadas con los hilos del trazo los cuales ya también estarán medidos y corregidos en sus ángulos para poder comenzar con la excavación.

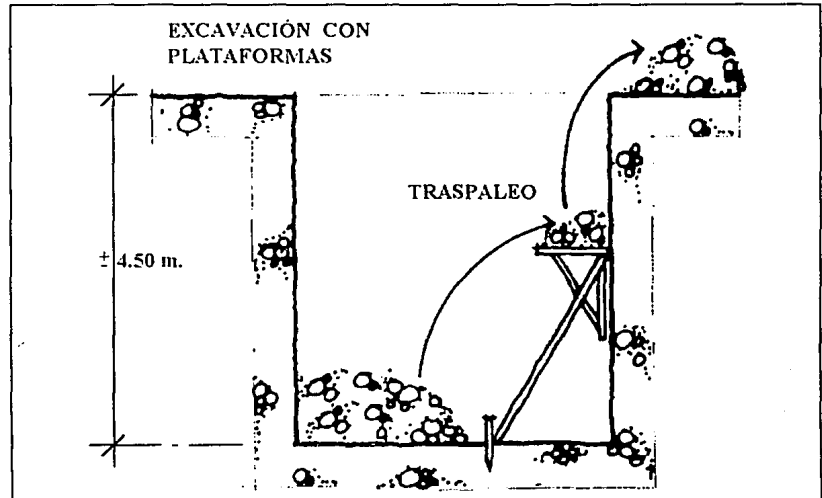
El ángulo natural de reposo de un material, es la inclinación con respecto de la horizontal que necesita este material para ya no resbalarse hacia abajo.

Cuando el ángulo a empieza a ser muy pequeño, va a significar que los costos de excavación, acarreo y luego el relleno de tierra se harán muy elevados por lo que se utilizan los estacados o ademes y las ataguías, para detener el deslizamiento de la tierra.

También se pensará en estos sistemas para contener la tierra, cuando las posibles superficies de deslizamiento están muy cerca de otras estructuras, bardas o de cualquier construcción, y evitar que en el mejor de los casos se inclinen, pues también se puede provocar algún derrumbamiento, con los consiguientes costos de demandas legales por daños y perjuicios, en este sentido se tendrá que ser muy cuidadoso y probablemente sea mejor pagar una consultoría autorizada a tiempo, que un juicio posterior.

5.2.- EXCAVACIONES PROFUNDAS.

Las excavaciones después de éste límite de 1.50 m. de profundidad, se les puede empezar a llamar excavaciones profundas, algunas se pueden hacer a mano como se muestra en el dibujo, si el terreno lo permite y si la



excavación no es muy extensa, pero normalmente éstas ya se hacen con maquinaria llegando a tener 3.00 m. o más de profundidad, dependiendo de las cargas de la construcción, el tipo de terreno y la finalidad de la edificación, pues si el edificio es una torre de oficinas podrá tener varios niveles para estacionamiento de automóviles, por debajo del nivel de la calle.

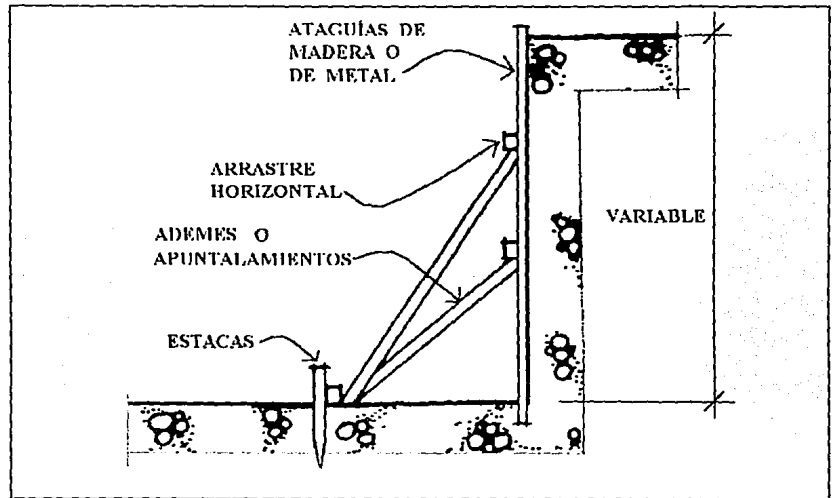
Indudablemente que para hacer una excavación de este tipo se necesitará un análisis exhaustivo del terreno y de las alternativas constructivas que se propongan, ya que puede ser una superficie que tenga el nivel freático muy alto por lo que exigirá un sistema muy bien definido de cimentación y las necesidades de impermeabilización y de aireación de esos niveles para la seguridad de sus usuarios.

El nivel freático, es el nivel que está bajo la superficie del terreno que tiene el agua del subsuelo, habiendo lugares en donde al enterrar la pala y hacer un hoyo o excavación, éste se comienza a llenar de agua lo cual no permite trabajar cómodamente, como en las zonas cercanas a Xochimilco, en cambio no se encontrará agua freática, en las excavaciones en las áreas cercanas a las lomas de Chapultepec.

Estamos hablando de terrenos que se pueden considerar planos, pero si tiene una pendiente entonces los factores a considerar son diferentes, como en el caso de que la construcción se sostenga sobre columnas para elevarse y poder encontrar el nivel de calle, o si se pretende hacer terrazada, es decir escalonada siguiendo la pendiente del terreno, o si de plano está prácticamente enterrada o medio incrustada dentro de la pendiente.

Además se tendrá que verificar si la inclinación del terreno es muy pronunciada, investigar como es en la estación de lluvias y para donde escurre el agua, o si el terreno en cuestión es el paso del escurrimiento de otros terrenos que estén en un nivel más alto, en este caso se tendrá que proveer de un sistema de desagüe especial.

También cuando el terreno es muy blando y se tiene que hacer alguna excavación bastante amplia, entonces se tendrán que hacer los ademes y ataguías que son los apuntalamientos necesarios para detener el resto del terreno y que no caiga tierra dentro de la excavación, como se muestra en el siguiente dibujo.

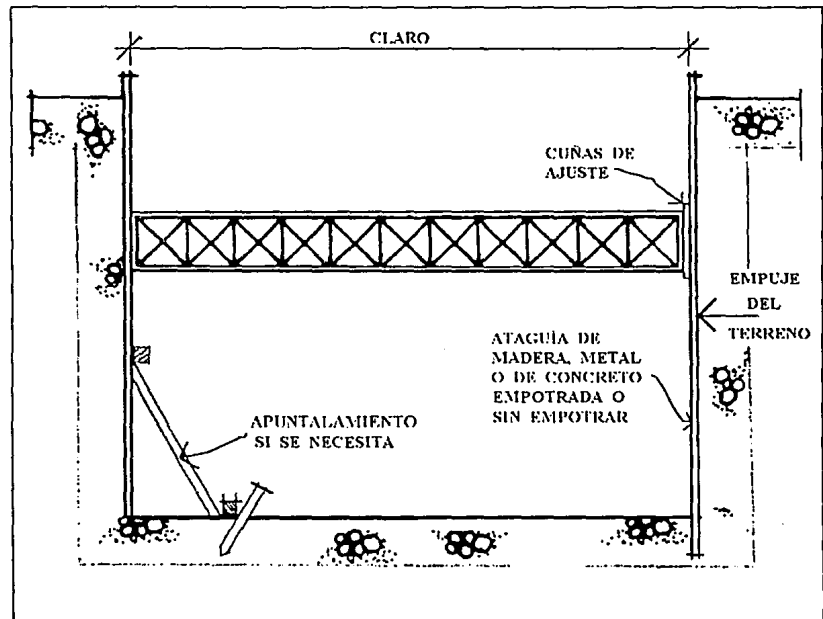


Se pueden hacer de muchas formas y de varios materiales, su objeto es sostener en su posición a las ataguías para sostener las paredes del terreno para construir las cimentaciones.

Habrá que tener especial cuidado en las excavaciones de las

CAPÍTULO B

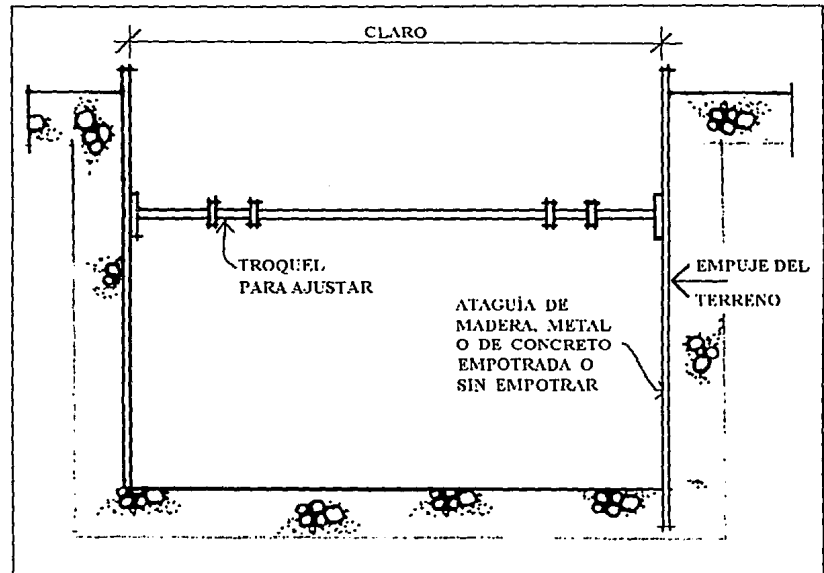
colindancias, ya que deberán de hacerse todos los estudios necesarios y tener también todo el asesoramiento legal y técnico para evitar modificar el comportamiento de las cimentaciones de las construcciones adyacentes, evitando así tener problemas posteriores en demandas por pagos de daños y perjuicios en propiedad ajena.



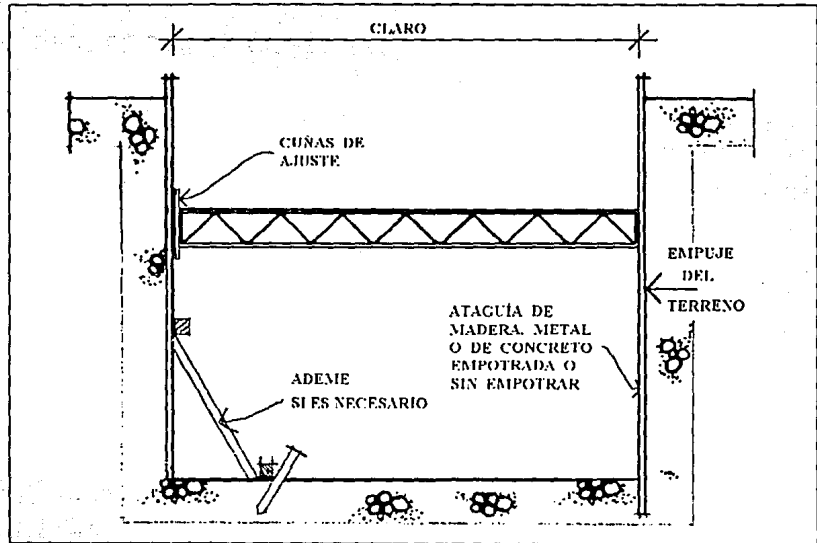
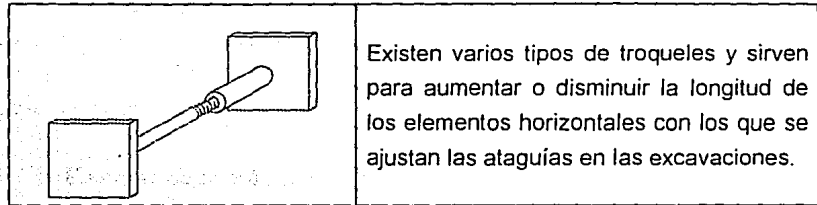
Si la excavación es grande y el terreno es blando, para sostener las

CAPÍTULO B

paredes de la excavación se pueden utilizar alguno de los sistemas de arriostramiento existentes para poder trabajar en las excavaciones para las cimentaciones, como los que se muestran a continuación.



Sistema con troqueles para el ajuste de la longitud de las barras, que se utilizan para separar las ataguías.



Para construcciones de cierta importancia se deberá de tomar en cuenta, el estudio completo del terreno, sus características físicas, mecánicas, (Estudio de Mecánica de Suelos) la topografía del terreno, el diseño, uso y peso del edificio.

Entonces se podrá saber que tipo de cimentación es la más apropiada y los procedimientos de excavación, así como los materiales que se pueden utilizar.

6.- TIPOS DE CIMENTACIONES.

Como una clasificación muy general de la subestructura, los diferentes tipos de cimentaciones, se pueden considerar superficiales o semiprofundas ya que son las más comunes de utilizar en el que hacer cotidiano, y de acuerdo a las siguientes analogías geométricas:

Cuando el apoyo se considera en un punto, en una línea, o en un plano.

- Cimientos aislados o apoyo en un punto.
- Cimientos corridos o apoyo en una línea.
- Cimientos mixtos o combinación de cimientos corridos y aislados o apoyos en punto y línea.
- Losas de cimentación, planas o curvas, apoyo en un plano.
- Especiales, como los pilotes de cimentación con sus diferentes modalidades.

Los materiales que se utilizan en las cimentaciones son de lo más variado, y cada uno de ellos tiene su utilización específica, pueden ser de madera, de piedra tipo braza, o de canteras, piedra bola de río, concreto simple, concreto reforzado, fierro o una mezcla de éstos diferentes materiales.

6.1.- CARGAS COMUNES EN LOS CIMIENTOS.

La finalidad de las cimentaciones es transmitir los esfuerzos que produce una estructura ya sea de compresión, tensión o de giro, hasta alguna parte del terreno, en donde se puedan distribuir más eficazmente y darle estabilidad a la construcción.

Los cimientos no solo sirven para soportar las cargas estáticas del peso de los materiales especificados y el de las personas y muebles utilizados, si no que también deberán soportar los esfuerzos producidos por cargas dinámicas, como las de los sismos y en algunos casos el de los vientos fuertes sobre todo si la estructura es alta, y en otros lugares se tiene que tomar en consideración el peso de la nieve.

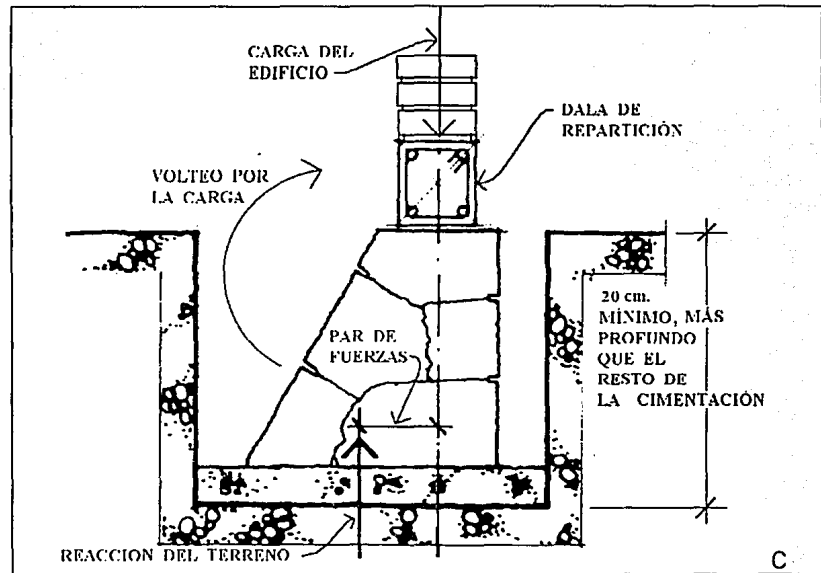
Las cargas más usuales que se pueden considerar en los cimientos son de tres tipos:

Cargas verticales; En los cimientos interiores, las más comunes y fáciles de determinar.

Cargas excéntricas; Como las producidas en los cimientos colindantes.

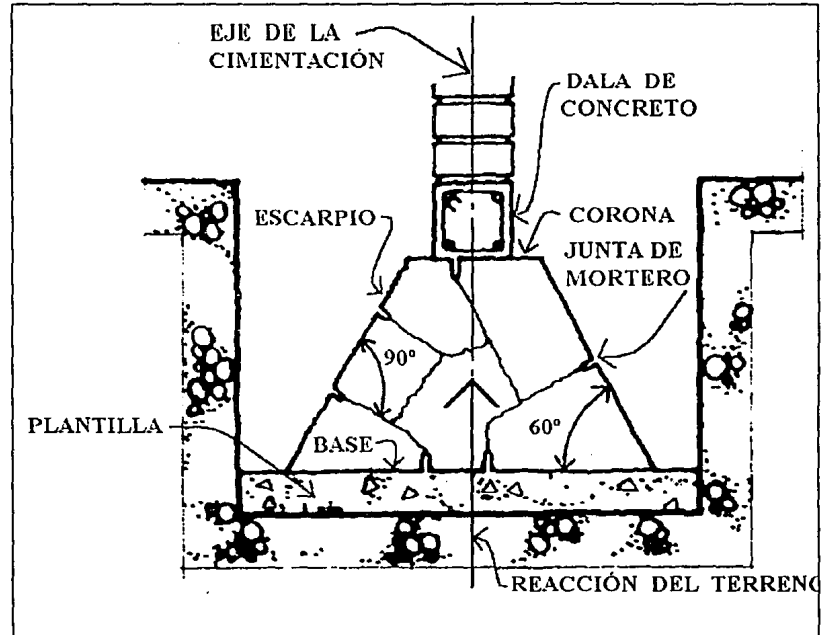
Esfuerzos de flexión; En los volados de las zapatas de concreto.

Cargas Excéntricas.



Es pues de vital importancia entender en donde se aplican los valores y la dirección de las resultantes de los esfuerzos que transmite el edificio en su línea de acción a los cimientos, ya que se pueden producir momentos en el propio cimiento lo cual hace que se sobrecargue uno de los extremos de la cimentación y ésta tenga un momento de giro que hará que se incline la construcción.

Cargas Verticales.

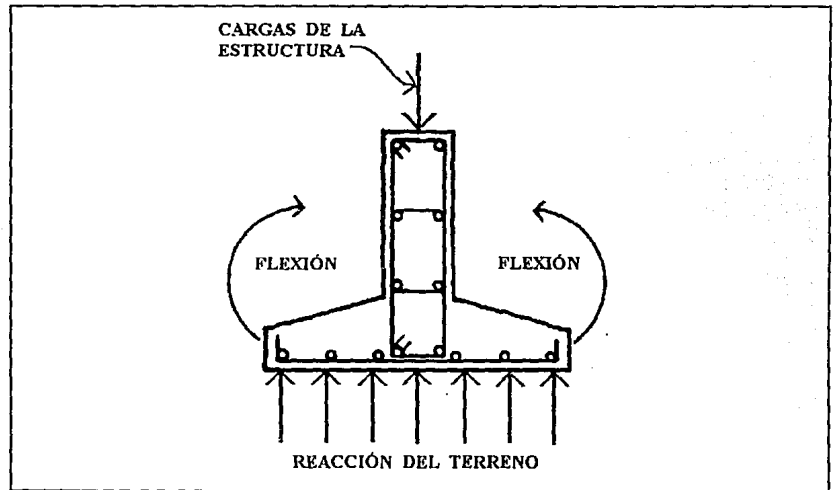


El cimiento deberá ser lo suficientemente fuerte para que no se rompa por la carga vertical que transmite y por cualquier esfuerzo lateral que se produzca por algún sismo.

Por lo que se tienen que seguir ciertas especificaciones y cuidados en la

construcción de los cimientos sobre todo los de piedra en los que no se calculan los esfuerzos internos de las piezas.

- Esfuerzos De Flexión.



El otro esfuerzo es el de flexión que se produce por la resistencia del cimiento para ser doblado por las cargas de la estructura y la reacción del terreno.

También en algunos casos se deberán de construir las cimentaciones con los materiales adecuados para que soporten la acción agresiva de

substancias que se encuentren en el terreno o en el agua que éste contiene, principalmente las sales.

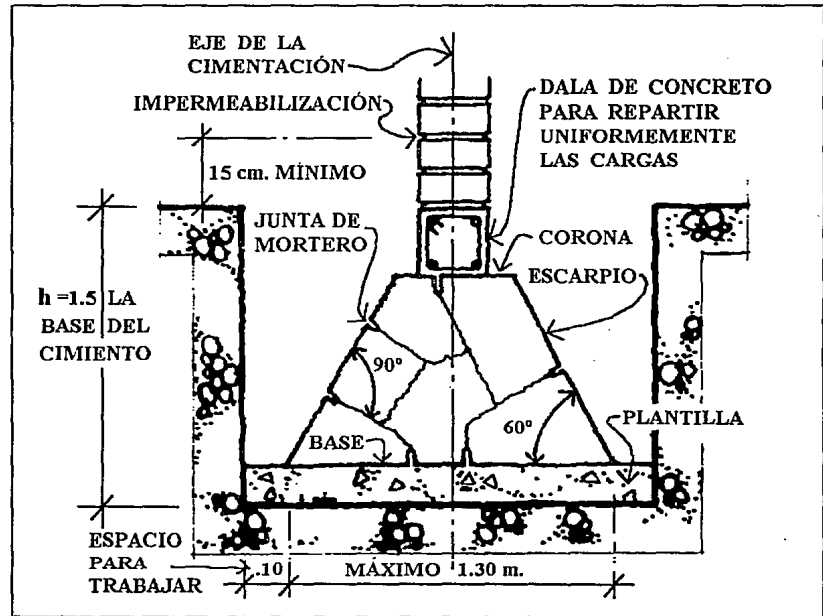
La reacción del terreno bajo la influencia de las cargas de la construcción hace que los extremos de las cimentaciones, se traten de doblar hacia arriba, éstos esfuerzos internos se pueden contrarrestar en las cimentaciones de piedra, con la geometría de la pieza y en las cimentaciones de concreto, con el acero de refuerzo y la calidad del concreto utilizado.

Este esfuerzo de flexión se trata de evitar en las cimentaciones de piedra, en las cimentaciones de concreto no se evitan, pero sí se analizan para proporcionar las especificaciones necesarias del acero de refuerzo.

6.2.- CIMENTACIONES DE PIEDRA.

Las cimentaciones de piedra son del tipo más adecuado para utilizarlas en las construcciones de mediana importancia y cargas ligeras, además se puede decir que son económicas, claro que teniendo en cuenta la resistencia del terreno y sus características físicas, considerando también que es importante tener aproximadamente una resistencia de terreno de: $\sigma = 500 \text{ gr/cm}^2$ como mínimo, de preferencia mayor resistencia, ya que si el terreno es muy débil, y las cargas de cierta consideración, entonces resultarán unas cimentaciones muy voluminosas y pesadas, por lo tanto el atractivo de su economía y relativa facilidad de construcción se pierde, y habrá que buscar otra alternativa más de acuerdo al costo.

Estas cimentaciones son generalmente para casas habitación pudiendo ser de hasta tres pisos si el terreno es blando, y de ocho o más pisos si el terreno es duro, pero estas cimentaciones tienen ciertas "reglas" que se deben seguir:



Las piedras se obtienen de las llamadas canteras, también se sacan de las zonas volcánicas de las cuales se extraen con cartuchos de dinamita, que

se introducen en las perforaciones hechas con taladros hasta una profundidad de dos a tres metros, al explotar estos cartuchos, producen las piedras que se utilizan para la construcción de los cimientos y la pedacera de piedra, que se utiliza para la grava.

De un metro cúbico de piedra compacta, se puede obtener un metro y medio de piedra para construcción, pero no hay que olvidar que un metro cúbico de piedra suelta de las que transportan los camiones, solamente alcanza para construir dos terceras partes de un metro cúbico de cimentación.

Normalmente los cimientos de piedra se utilizan en cimientos corridos y no son recomendados para los cimientos aislados, ya que sus necesidades geométricas los hacen difíciles de construir. También depende de la carga a que se sometan, se construyen cimientos aislados de piedra para sostener postes de madera que soportarán techumbres de lámina o teja, normalmente se consideran obras provisionales.

Las piedras deben de ser de unos 30 centímetros aproximadamente, mientras más pesada es la piedra, es más resistente, deberán pesar unos 25 kilos más o menos y que las piedras al partirse presenten el grano lo más parejo posible, pues los huecos disminuyen su resistencia, la piedra porosa no debe de usarse en los cimientos ya que absorbe el agua, que posteriormente será la causa de manchas de humedad en los muros, la piedra de río se puede usar siempre y cuando se quiebre para que forme ángulos y se pueda apoyar bajo el influjo de las cargas, no se debe de utilizar en la cimentación

las piedras calizas que normalmente son de color blanquizco, ya que éstas se pudren con la humedad del terreno.

Siguiendo éstas reglas y las que se mencionan más adelante, se tendrá más seguridad de que las cimentaciones propuestas funcionen en mejores condiciones de estabilidad.

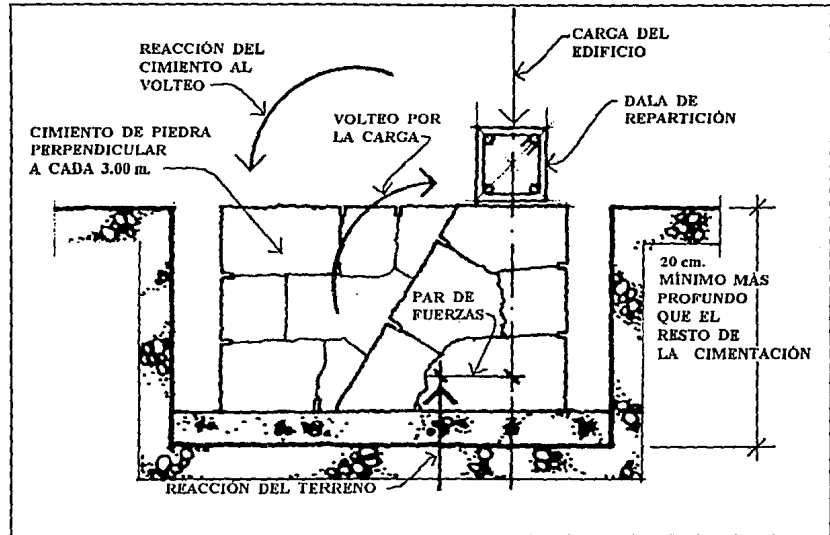
Las múltiples experiencias que en diferentes condiciones han dado a diversos constructores, también de diferentes lugares, nos han proporcionado las siguientes normas geométricas para los cimientos de piedra y éstas son:

- La base del cimiento será según el cálculo estructural, pero nunca menor de 50 centímetros ni mayor de 1.30 metros, para construcciones de casas y edificios. En las presas para el agua, suelen ser mucho mayores éstas dimensiones.
- La corona será no menor de 30 centímetros ni mayor que la base.
- La inclinación del escarpio, no menor a los 60° . (Ya los egipcios tenían este concepto cuando construyeron sus pirámides, aún cuando el ángulo que más usaron fue el de 52°)
- Las juntas de las piedras rellenas de mortero serán con respecto al escarpio a 90° .

Esto no implica que se podrán hacer cimentaciones infalibles al seguir todo lo mencionado aquí, pues hay toda una serie de consideraciones que se presentan, como fallas no detectadas en el terreno, cambio de cargas en el

uso del edificio, el no hacer coincidir el centro de gravedad y el centroide de la cimentación, etc.

Cuando se tienen cimientos colindantes por los problemas que pueden provocar, se sugiere un método como el que se indica a continuación y que consiste que en dicho cimiento se le construya otra porción de cimiento a cada



dos o tres metros de distancia, perpendiculares a la colindancia y en donde también se le proporcione un castillo, con las mismas características mencionadas con anterioridad para los cimientos de piedra en general.

Asimismo se sugiere que el cimientado de colindancia sea un poco más profundo que los demás (unos 40 cm.), para poder resistir en mejores condiciones los empujes que pueden causar las construcciones que estén a los lados del predio en donde se va a construir.

De igual forma se puede proporcionar cualquier otro sistema, ya que hay campo para implementar, el objetivo es que ayuden a contrarrestar el volteo que produce el no ser colineales la resultante de la reacción del terreno y la resultante de la carga del edificio en el eje de cimentación.

El mortero que normalmente se utiliza para hacer estas cimentaciones de piedra es en la Proporción 1:5 como se indica en la tabla de abajo.

MORTEROS

ELEMENTO	BOTES DE ARENA	BULTOS DE MORTERO
CIMENT. DE PIEDRA Y APLANADOS	5	1

En todos lados se menciona la plantilla de desplante de la cimentación, que es una capa de mortero pobre con pedacería de tabique ubicada sobre el terreno sano, de un espesor de 5 a 8 cm. este elemento en algunos lugares solo es de adorno, como en una cimentación en la zona del pedregal, por lo que no se colocará, en otros lugares como en las áreas cercanas a

Xochimilco, será de gran utilidad pues ayudará a colocar las piedras de la cimentación e impedirá que el mortero se mezcle con la tierra o barro del lugar, de cualquier modo se podrá recurrir a ella si el caso lo amerita.

6.3 .- CIMENTACIONES DE CONCRETO.

Cuando las cargas de un edificio son mayores que las consideradas para una cimentación de piedra, la resistencia del terreno es menor, o la altura del edificio es mayor, entonces se piensa en el diseño de una cimentación en concreto reforzado.

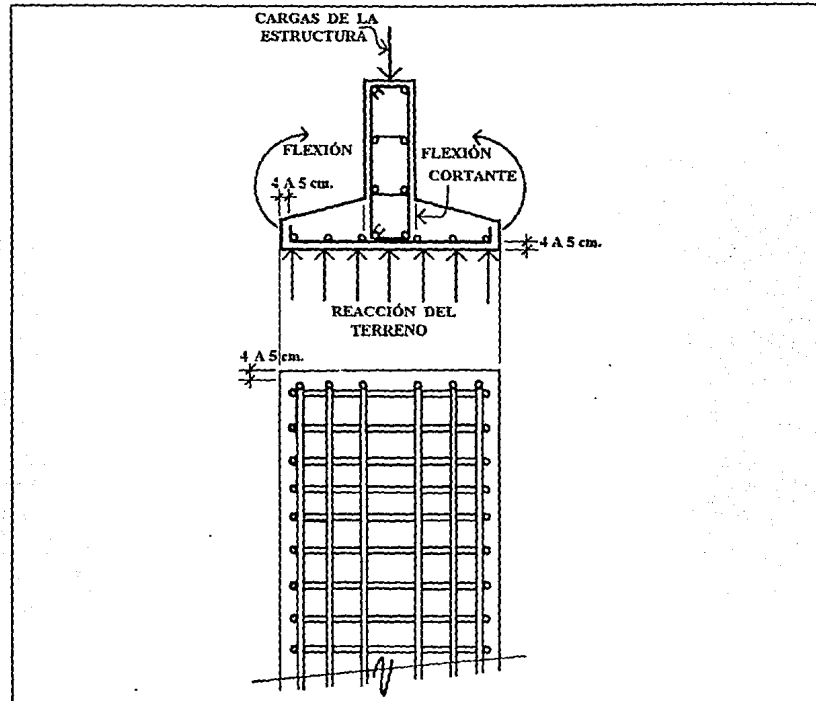
En este tipo de cimentaciones los esfuerzos internos están tomados en una parte por la geometría de la pieza y por otra con los materiales que se utilizan que son el concreto y el acero de refuerzo, considerando que los esfuerzos de flexión se toman con el acero, los esfuerzos de adherencia se toman con la superficie de las varillas en contacto con el concreto y los de esfuerzo cortante se pueden tomar con ambos.

Las cimentaciones de concreto se hacen de varios tipos y formas las más comunes son :

1. Zapata aislada.
2. Zapata corrida.
3. Losas de cimentación o plataforma y éstas pueden ser planas o curvas.
4. Cajones de cimentación.

CAPÍTULO B

Las zapatas corridas y las zapatas aisladas se tienen que calcular para soportar más carga que los cimientos de mampostería, pero se pueden considerar de mayor duración.



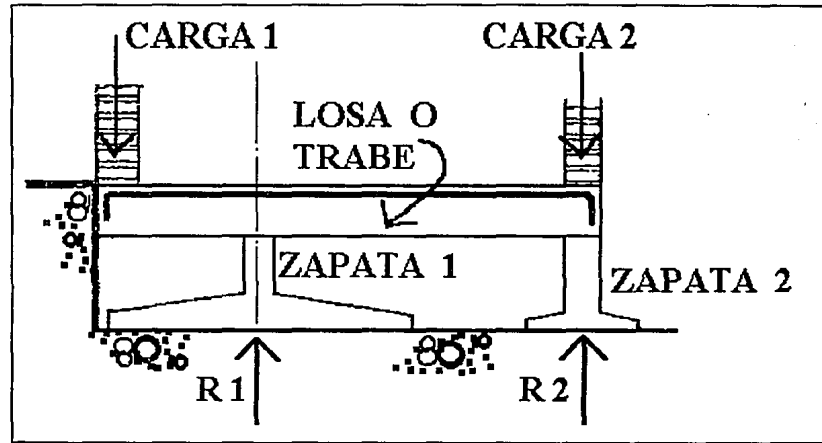
La reacción del terreno produce bajo las cargas del edificio, la flexión en los volados laterales, misma que produce los esfuerzos de adherencia en

las varillas del refuerzo y la carga de la estructura en su dirección vertical, el esfuerzo cortante.

En todo tipo de cimentaciones de concreto o de cualquier otro elemento estructural también de concreto que esté en contacto con el terreno sobre todo si éste es húmedo como el del valle de México, es necesario que se especifique un recubrimiento en concreto para el acero de refuerzo, de cinco centímetros o un mínimo de cuatro, con el objeto de que el acero no se oxide y vayan perdiendo resistencia los elementos estructurales que estén en estas condiciones.

Estas cimentaciones se pueden considerar que su máximo ancho de zapata corrida puede ser de unos 4.00 ó 5.00 metros siempre y cuando los claros de los entre ejes de las columnas o muros de carga, sean del orden de los diez o más metros, ya que de mayores dimensiones suelen ser muy costosas y probablemente habría que sugerir otra opción.

Los cimientos colindantes también tienen el mismo problema de volteo que las cimentaciones de piedra y para lo cual se pueden idear toda una serie de soluciones ya que la nobleza del material permite que se le trabaje en infinidad de formas. Se presentan algunas de las soluciones que se utilizan en los cimientos de colindancia, sobre todo en construcciones que tienen más de un nivel en su altura y que están ubicadas en terrenos considerados como blandos, dejando el espacio para que se piense en otros tipos de planteamientos.

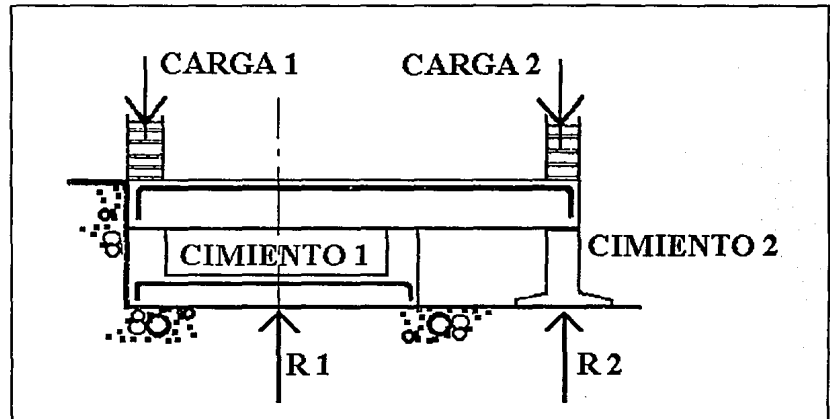


Sistema ideado para un cimiento de colindancia en la que la carga 1 no es colineal a la reacción 1, este sistema que como se puede apreciar es más caro que la solución tradicional, y que se hará si el factor económico no es un impedimento grave, o si el análisis estructural del edificio así lo recomienda.

En esta solución los esfuerzos provocados por la bajada de cargas de los pisos superiores denominadas en el dibujo como carga 1 se toma con un elemento en volado que puede ser una trabe o una losa y se transmite a la zapata 1.

El terreno en la zona de la reacción 2, no tiene ningún problema de trabajo, ya que la carga 2 es colineal a la reacción del terreno llamada R 2.

Otro tipo de solución es hacer en vez de la zapata 1, una cimentación de losa corrida que también tiene la función de contrarrestar el volteo y recibe la reacción 1.

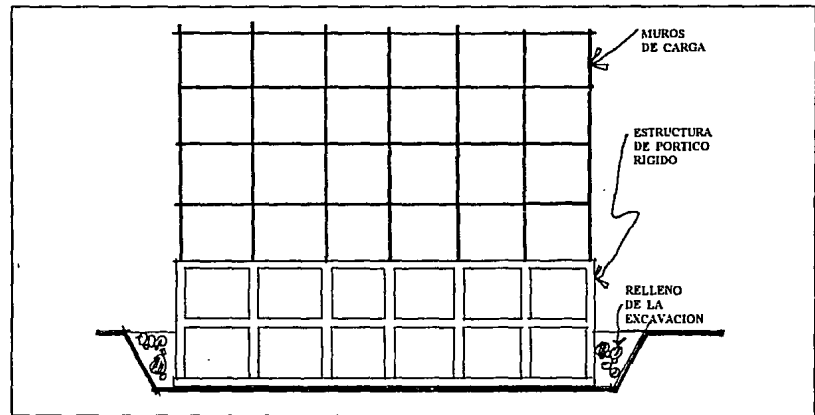


Para éstas cimentaciones de concreto reforzado aparte de las recomendaciones constructivas es necesario tener unas especificaciones completas de los cálculos estructurales y de los materiales de construcción en donde se indiquen las fatigas de trabajo, las tolerancias calidad y tamaño de los agregados ya sea grava, arena, agua, dureza del acero, etc.

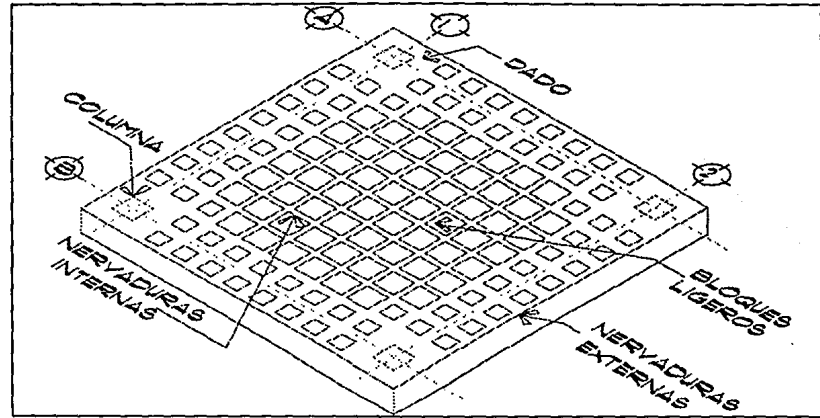
Como se puede apreciar no hay una solución exclusiva si no que dependerá del problema y sus variables específicas que se estén resolviendo en ese momento.

7.- LOSAS DE CIMENTACIÓN.

En la siguiente figura se muestra una losa corrida de cimentación, este es un sistema que es utilizado con bastante frecuencia, en este caso la precaución que se debe de tomar es que se asegure la horizontal del edificio, para que con el asentamiento subsecuente no se incline lo que haría que se perdieran muchos recursos en la inversión ya que se tendría que pagar una gran cantidad de dinero para enderezarlo.



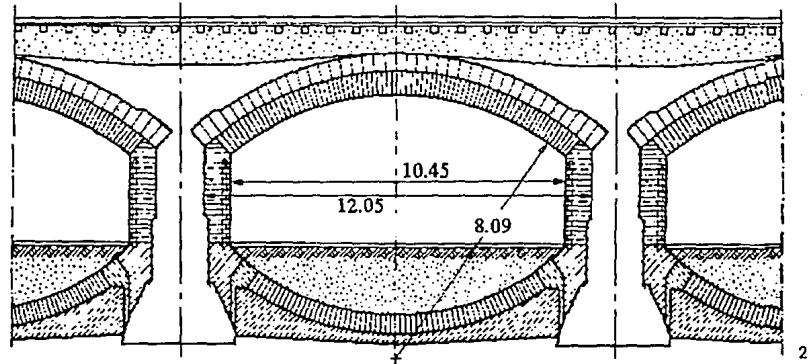
Esta losa puede ser económica si no se hace como losa maciza, sino que se construye como una losa nervada, en la cual los esfuerzos son en el sentido contrario, por lo tanto su armado de acero será al revés de lo que sería una losa de entrepiso.



Funciona muy bien con diseños de edificios simétricos en su forma, y también con simetría en sus cargas.

La losa de cimentación se calcula como si fuera una losa de entrepiso pero con la salvedad de que se consideran los esfuerzos a los que va a trabajar en el sentido inverso.

Las losas de cimentación no necesariamente tienen que ser planas, una de las soluciones más prácticas son las losas curvas como la que se presenta en el siguiente dibujo, en donde se aprovecha la geometría del diseño para obtener un mejor rendimiento, con una bóveda invertida en la cimentación y una bóveda normal en la parte superior para salvar los claros de este puente para el cruce del ferrocarril.



La suposición matemática, de que las reacciones del terreno actúan de una manera uniforme sobre la losa de cimentación, la cual no es completamente cierta, pues no se considera la deformación de las losas y contratraves del cimiento, por lo que las cimentaciones curvas probablemente sean un poco más reales en su comportamiento estructural, aún cuando un poco más laboriosas en su construcción.

8.- PILOTES EN CIMENTACIONES.

Las cimentaciones obedecen a utilizar este sistema con pilotes, cuando otra forma de cimentación excede la capacidad de carga del terreno, ya sea que las cargas son muy fuertes, que la construcción sea bastante alta, o que el tipo de construcción sea pesado.

² W. E. Schulze, Simmer. 1970. *CIMENTACIONES*. Edit. Blume, Madrid, España.

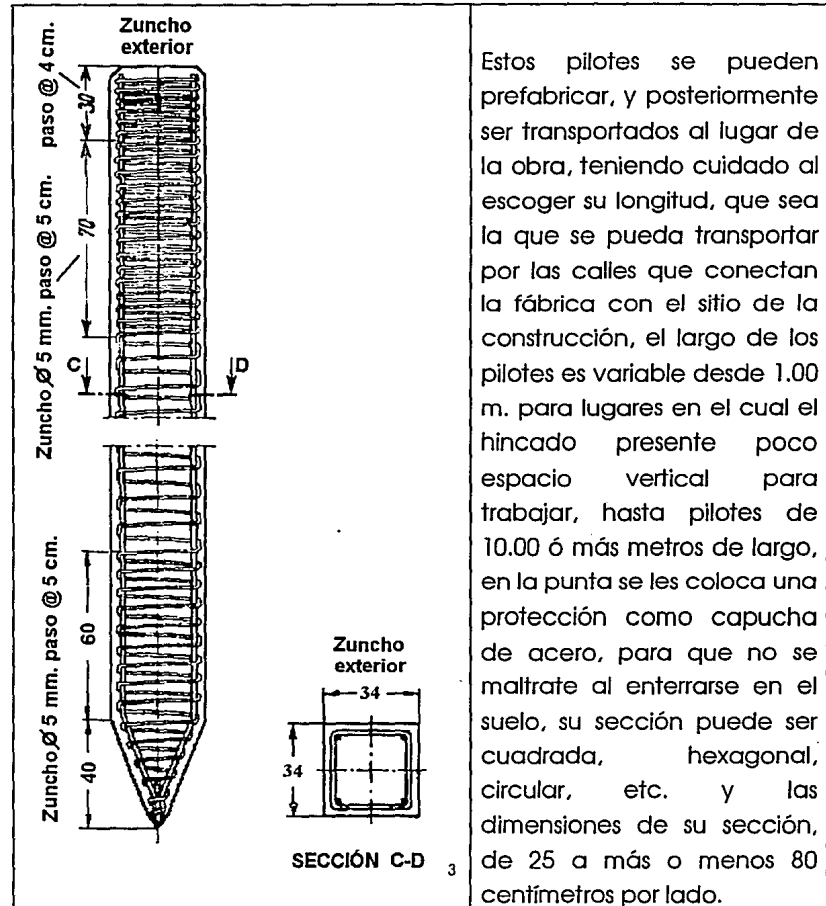
De cualquier forma se pueden catalogar los pilotes en dos categorías básicas:

a) Pilotes columna. Que son los elementos estructurales que se apoyan en las capas profundas y resistentes, a donde transmiten las cargas totales de la edificación.

b) Pilotes de fricción. Son los que no se apoyan en ninguna capa inferior, sino que se sostienen por acción del rozamiento con el medio en que están enterrados. Este caso es muy común, pero no necesariamente el más utilizado en las cimentaciones de la Ciudad de México, pues para encontrar una capa resistente puede significar tener que enterrar los pilotes varias decenas de metros en el subsuelo.

Los materiales que se utilizan son variados, pudiendo ser pilotes de madera, metálicos o de concreto reforzado, estos últimos son los más comunes y dentro de esta categoría se pueden mencionar los que son colados en la obra, o los pilotes prefabricados, el sistema a utilizar dependerá de las condiciones del terreno.

Los pilotes pueden ser hincados con golpes de martinete, o haciendo perforaciones en el terreno y luego colar con concreto y con una armazón de acero en su interior como si fuera columna, otro tipo son los pilotes metálicos roscados, pero este sistema es poco utilizado en la actualidad.

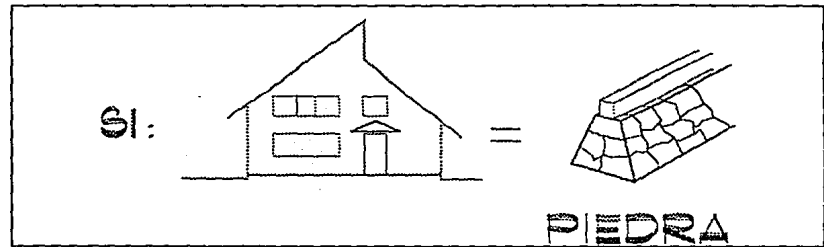


Estos pilotes se pueden prefabricar, y posteriormente ser transportados al lugar de la obra, teniendo cuidado al escoger su longitud, que sea la que se pueda transportar por las calles que conectan la fábrica con el sitio de la construcción, el largo de los pilotes es variable desde 1.00 m. para lugares en el cual el hincado presente poco espacio vertical para trabajar, hasta pilotes de 10.00 ó más metros de largo, en la punta se les coloca una protección como capucha de acero, para que no se maltrate al enterrarse en el suelo, su sección puede ser cuadrada, hexagonal, circular, etc. y las dimensiones de su sección, de 25 a más o menos 80 centímetros por lado.

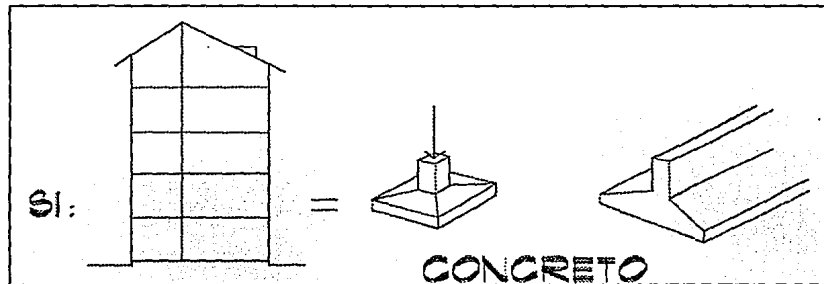
CAPÍTULO B

Como recapitulación podemos agregar las siguientes gráficas, pero solo como una guía muy general de lo que se puede planear para una cimentación, nos basamos en que se supone una misma capacidad de resistencia de terreno y variamos la magnitud de las cargas de la construcción.

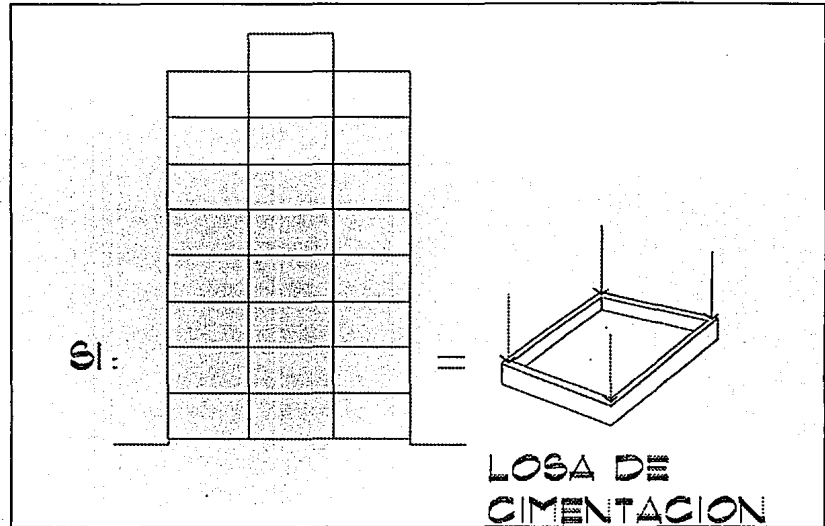
Poca carga, y poca altura, cimentación de piedra.



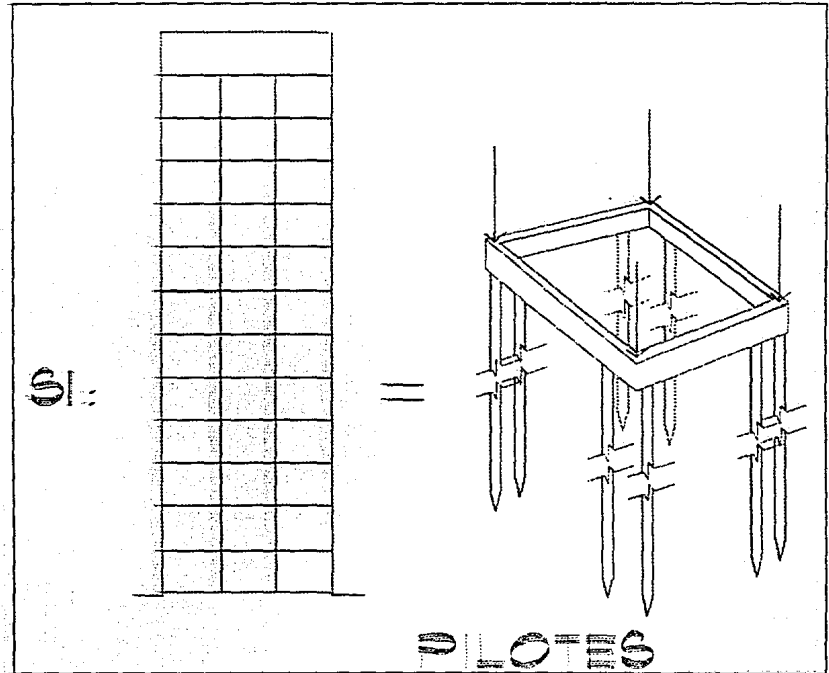
Mayor carga de la construcción y más altura, se podrá sugerir cimentación de zapatas de concreto armado.



Edificio de mediana altura y por supuesto más carga, podemos pensar en un sistema de losas de cimentación, las cuales como ya dijimos pueden ser planas, curvas, una forma bastante utilizada en ciertos tipos de construcciones son las de cañón corrido, que se ilustra abajo.



Para una obra de mayor altura probablemente la solución sea una cimentación a base de pilotes, de los cuales una muy buena opción pero con un mayor costo, serían unos pilotes de control, los cuales tienen la ventaja de que con este sistema se puede controlar los hundimientos diferenciales de la estructura y poder equilibrar el edificio.



APOYOS EN LAS ESTRUCTURAS.

OBJETIVOS GENERALES.
Al terminar de estudiar este capítulo el alumno deberá ser capaz de:
1.- Entender como hemos recibido de herencia las bases de algunos de los sistemas básicos de construcción.
2.- Empezar a comprender la importancia que deben tener las columnas extremas, sobre todo las de las esquinas.
3.- Interpretar en sus principios las columnas de concreto y las de acero.
4.- Conocer un poco la modificación de las estructuras de columnas en sistemas para lograr mayores alturas.
5.- Describir las características más importantes y los refuerzos en los muros de apoyo.
6.- Determinar los tipos de materiales usados en los muros de carga.

Mientras que la grandeza es medida a menudo por la belleza de forma, los requerimientos de la función son igualmente importantes.

Frank Lloyd Wright (1867-1959)

APOYOS EN LAS ESTRUCTURAS.

1.- PRÓLOGO.

Comparada con otras actividades humanas la arquitectura es un arte joven que tuvo sus principios hará unos 10,000 años cuando hombres y mujeres descubrieron o pudieron tener la agricultura que les permitió dejar de vagar por la superficie de la tierra en la búsqueda de resguardo y de alimento.

La finalidad de un edificio es el cumplimiento de una función. La función de la mayoría de los edificios es proteger a la gente de las inclemencias de los elementos naturales, creando espacios cerrados pero conectados o interconectados entre sí para desarrollar una actividad en ellos, estos espacios pueden ser muchos y pequeños como en los departamentos de habitación o de pocos espacios o uno grande, como en los teatros o en las iglesias. La función del edificio es satisfecha por la construcción de superficies tales como las paredes o techos las cuales separan los espacios internos de los externos.

Los componentes estructurales de una construcción aseguran que los elementos que se requieren satisfagan la función de que permanezcan erectos

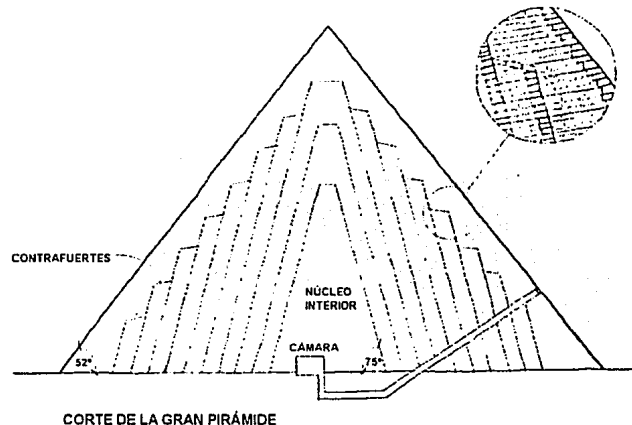
o en la posición en que fueron planeados. Columnas, travesaños, pisos y la estructura en general hacen posible la función arquitectónica. Aún en las carpas o cobijos de nuestros antepasados, lo funcional o sus componentes y la estructura estaban claramente separados, las pieles de animales creaban el espacio interior y protegían a sus moradores, eran la envoltura o los componentes funcionales. Los postes o varas que lo formaban y los elementos que los mantenían unidos eran los componentes estructurales. Y por analogía con el cuerpo humano poco a poco fueron llamados el esqueleto o la armazón de un edificio.

En este desarrollo de estructuras la arquitectura ha pasado por una evolución muy larga y lenta. En la actualidad existen construcciones de cerca de 450 m de altura, pero hace cerca de 4,600 años existieron de 146 metros, lo cual quiere decir que solo son tres veces más altos, y se hacen estadios con unos claros de 207 metros más o menos, que son unas 4.5 veces más que el claro salvado en el Panteón construido en Roma hace 1,800 años, y para ello, se requieren estructuras incomparablemente más complejas y fuertes que aquellas del pasado. Su desarrollo ha demandado un nuevo conocimiento teórico para el diseño y por supuesto también de nuevos materiales para su construcción.

En magnitud de construcción, probablemente ninguna obra es más sorprendente que la gran pirámide de Gizé erecta por, y para el rey Keops, esta pirámide fue construida alrededor de un núcleo como especie de montículo formado con piedras labradas de la localidad y una capa externa de piedra caliza de las canteras de Tura, por la zona de Assuán.

Contiene un estimado de 2,300,000 bloques de piedra de un peso promedio de 2.5 toneladas cada una, dando un total de unos 5.75 millones de toneladas de piedra labrada. Sin embargo algunos de estos bloques llegan a pesar de 15 a 20 ton.

Probablemente y lo más sorprendente que su tamaño es la exactitud con la que la pirámide fue construida en el año 2,686 A.C., fecha en que empezaron las obras que duraron unos veinte años, las longitudes de los lados de las bases tienen un error de cuando mucho 20 cm. entre ellos y son



de 230.50 m. de longitud cada uno, orientados a los cuatro puntos cardinales, con un error de 51/2 minutos de grado y los ángulos rectos de su base están

¹ Salvadori, Mario. 1990. *WHY BUILDINGS STAND UP*. W.W.Norton & Company, New York.

descuadrados no más de 31/2 minutos de grado, siendo la altura total de la pirámide de 146.70 m.

Los laterales de la gran pirámide tienen una inclinación de 52 grados con respecto de la horizontal y las uniones de las piedras entre sí, no son horizontales sino que están inclinadas hacia el centro de la figura como se puede apreciar en el detalle del dibujo.

Las placas de granito que se obtuvieron de las canteras para la cámara real fueron cortadas calentando líneas rectas con fuego y luego súbitamente echándoles agua, con lo que el cambio brusco de temperatura producía roturas en el plano de las líneas, las piedras fueron transportados en unos carruajes semejantes a trineos y jalados por los hombres encargados del acarreo, ya que la navegación por barco desde Assuán era peligrosa debido a los rápidos del río Nilo, sin embargo, el largo viaje por agua requería menor esfuerzo que el más corto viaje por tierra.

Mientras que el diseño de algunas de las primeras pirámides fue alterado durante su construcción y otras fueron agrandadas en fases sucesivas, las más grandes fueron construidas con un proceso bastante uniforme, míticamente atribuidas a Imhotep, el gran ingeniero de las pirámides, quién fue un físico, matemático e ingeniero y quizá el inventor de la construcción en piedra en obras monumentales.

Los varios contrafuertes de piedra interiores que se ven en el dibujo, están inclinados a un ángulo de 75º, e iban disminuyendo de altura hacia el

exterior de la pirámide para poder formar la capa externa que quedaba finalmente a los 52º de inclinación, los bloques externos no tenían la juntas horizontales como se pudiera pensar, sino ligeramente inclinadas hacia el interior para aumentar la estabilidad de esa capa externa, fue probablemente el principio de donde partieron los trazos geométricos actuales de nuestras cimentaciones de piedra.

¿Pero que clase de esfuerzo humano se requirió para construir estos monumentos?

Según el Dr. Kurt Mendelsshon, físico alemán y apasionado piramidologista, estima que el trabajo que se necesitó para la erección de las principales pirámides construidas durante unos cien años, en Meidum, Dashur y Gizéh se requirieron cerca de 25 millones de toneladas de materiales incluyendo piedra caliza, mortero, ladrillo y granito.

Considera que había un grupo de alrededor de 70,000 hombres que se contrataban durante la estación de inundaciones del Nilo, el otro grupo era posiblemente de unos 10,000 trabajadores permanentemente empleados, y conjetura además, que el número total de la gente que se ocupó pudo llegar a ser de unos 150,000 obreros, este es un número extraordinario de personas para ser alimentado y tener bajo el control de las leyes de disciplina dictadas por los faraones, aunque probablemente más que leyes, estaban bajo el régimen de esclavitud.

2.- CONCEPTOS BÁSICOS.

El 19 de septiembre de 1985 a las 7 hrs. con 19 min. hubo un sismo en la Ciudad de México, y comenzaron una serie de temblores que derribaron numerosos edificios y dañaron muchos más. Y allí se escribió una nueva historia para los elementos estructurales que son utilizados en la construcción, pues hicieron rectificar muchas consideraciones escritas en el Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.

Antes de ello las especificaciones y reglamentos tomados para los temblores no eran tan rígidas ni se le daba tanta importancia a los soportes de las estructuras, a partir de ello, todo tuvo que cambiar.

Las casas primitivas fueron normalmente pero no siempre, dictadas por las características del clima y la facilidad de conseguir los materiales estructurales. Lo más probable es que en algunos lugares de los primeros asentamientos, el uso de la madera fue muy utilizado ya que este material casi ideal abundaba, pero su natural deterioro debido a la humedad y el fuego han dejado pocos vestigios de su uso por las antiguas gentes. Aún así podemos inferir por el tipo de casas de las primitivas tribus que en estos tiempos aún viven en ciertas partes, fueron cabañas o chozas fabricadas con árboles o de ramas una contra otra en un patrón circular en su base y obtener así una estructura cónica que fue luego cubierta primero con lodo y posteriormente con pieles. Según fueron pasando los siglos y los milenios, los hombres se fueron acomodando cada vez más a ser sedentarios, la básica célula de la casa empezó a adquirir un plan rectangular, y las paredes de troncos

verticales y lodo empezaron aparecer en climas fríos junto con los techos de vigas de madera que corrían de pared a pared y hechas impermeables por medio de tierra paja y barro.

En los climas calurosos las paredes de soporte fueron formados con pequeñas ramas o con cañas y los techos fueron hechos de paja entretejida.

Y por supuesto que las dimensiones la unidad o célula siempre fueron limitados por la longitud del material que podían conseguir, hasta que de repente columnas interiores también de troncos de madera o de palmera fueron introducidos a sus sistemas constructivos para reducir los claros de las vigas o permitir el uso de elementos más largos, que de otra manera hubieran quedado muy flexionados sin el soporte intermedio.

Por otro lado el, problema de la habitación tomó una forma totalmente diferente en otras áreas del mundo como Grecia, Asia Menor, Creta, el Sur de Italia, Francia e Inglaterra, en donde la piedra era abundante y la madera escasa. En estas áreas las casas prehistóricas que pueden tener probablemente fechas de hasta 5,000 años todavía se pueden encontrar caracterizadas por una planta circular, muros de piedra y techos igualmente de piedra. Habitaciones amplias, algunas de dos y tres cuartos circulares interconectados y de dos pisos han sido encontrados en las zona de Cerdeña.

Los techos en domo de este tipo de casas, se lograron a través de sucesivas capas circulares formadas con placas de piedra, cada una con un pequeño voladizo hacia el interior de la capa anterior que la está soportando,

y sujetadas por el peso de las que van encima, y todo esto sostenido por los muros también de piedra.

Lo esencial y los fundamentos de los sistemas estructurales usados, y de esa manera los principios utilizados en las casas por miles de años quedaron establecidos.

3.- APOYOS POR COLUMNAS.

Existen construcciones que se apoyan de diferentes maneras, una de ellas, las apoyadas a los cimientos por columnas, normalmente son construcciones de cierta importancia en cuanto a su altura y al decir esto, nos estamos refiriendo exclusivamente a la construcción de columnas en concreto armado y a las de acero.

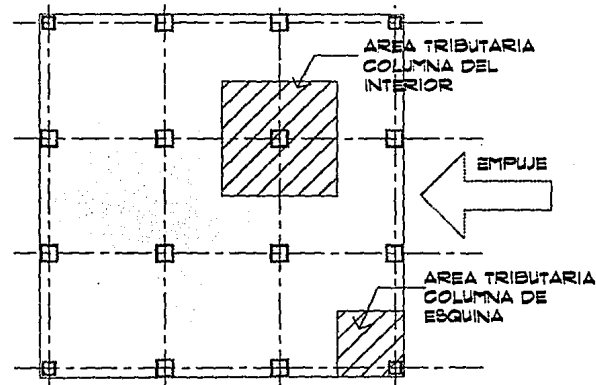
En otras, existe una mezcla de columnas y de muros apoyo para poder resolver el problema del diseño, ayudando estos muros de apoyo, a los esfuerzos de soporte estático, como las cargas vivas y el peso de los materiales, pero además en los esfuerzos producidos por sismos y en algunos casos por el viento.

En las casas habitación, prácticamente podemos decir que no se proyectan columnas para su sostén, lo más usual, son los muros de carga, o solamente que por alguna razón se necesite lograr algún efecto especial en el diseño, como fachada con cancel de piso a techo y de lado a lado de la construcción, para poder disfrutar de un jardín, o alberca.

3.1.- Columnas de Concreto.

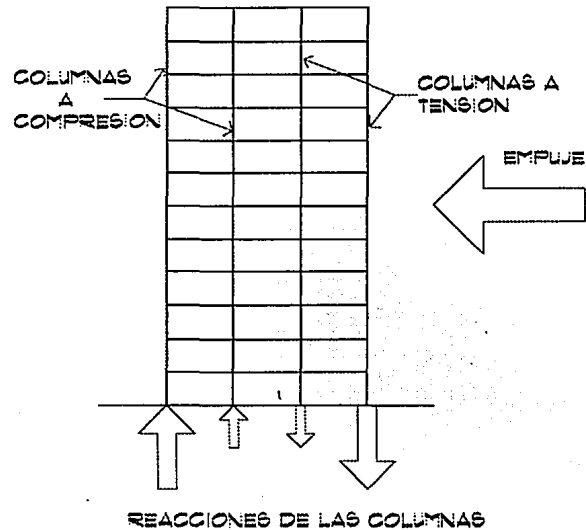
La forma de las columnas es múltiple y variada, pues puede tener una sección de un tipo y más arriba cambiar a otra forma sobre todo si son de concreto, además en su alzado presentar otra figura, solo la imaginación es el límite, pero lo importante es el análisis estructural de las columnas, y una buena supervisión de obra.

Ilustraremos lo importante de una observación de los esfuerzos en una estructura, que bien puede ser una construcción pequeña, y pondremos un ejemplo el cual es válido como concepto general.



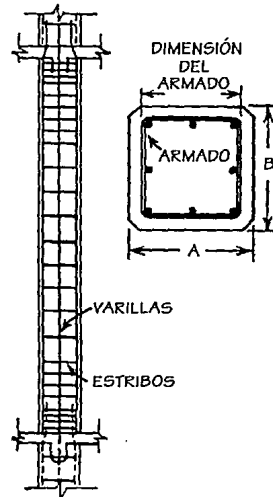
En la figura anterior, vemos una planta de un edificio con columnas, en donde marcamos el área tributaria de carga para una columna central y una columna de esquina, como se puede apreciar, notamos que la columna de

esquina recibe menor área tributaria de losa, lo cual nos dice que la columna está menos cargada, y por lo tanto su sección puede ser menor, la columna del centro recibe más área y su sección será mayor para resistir la carga estática de la construcción.



Y he aquí el problema, ya que el edificio hipotéticamente no tendrá dificultad en su estabilidad, pero cuando llega un empuje de viento o de sismo, entonces sucederá lo que se muestra en la gráfica de arriba, que unas columnas tendrán un aumento de compresión, estas columnas serán las que estén opuestas al empuje, y las otras columnas sufrirán un esfuerzo de

tensión, esfuerzo que a lo mejor no estuvo considerado en el cálculo, -esto sucede normalmente en el análisis de las casas habitación-, dando por resultado que el movimiento producido, ponga en peligro seguridad del edificio o por lo menos las esquinas del mismo, pero también las otras columnas, las laterales, tienen el mismo tipo de sobre esfuerzo, pero seguramente en menor escala que las de las esquinas.

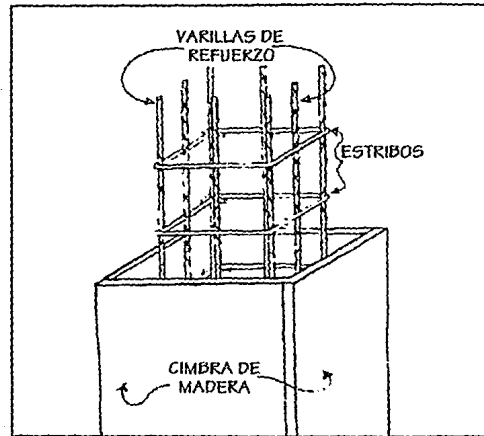


COLUMNAS CUADRADAS
O RECTANGULARES

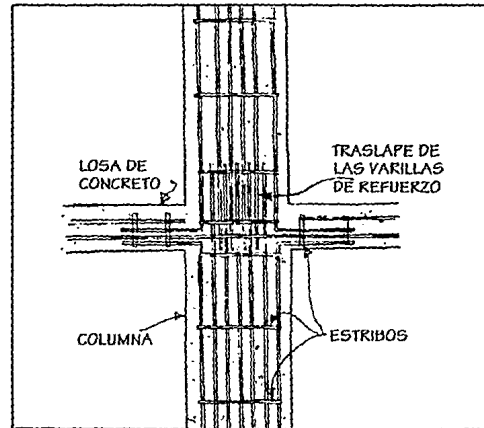
Las columnas de concreto armado siendo de sección cuadrada o rectangular. tienen básicamente el mismo tipo de armado, según su cálculo, una serie de varillas verticales que van en función de las cargas que soportan y unos estribos hechos con varillas de diámetro más pequeño, amarradas con alambre del N° 18 o N° 20, a las varillas longitudinales, con una separación entre ellos, menor en la base y en su parte superior que en la parte media, y que ayudan a darle rigidez a las columnas en los esfuerzos laterales de la estructura.

Las esquinas de las columnas de concreto, sobretodo si van a quedar aparentes, se les debe colocar un chaflán de madera en la cimbra para que no tengan roturas al descimbrarlas.

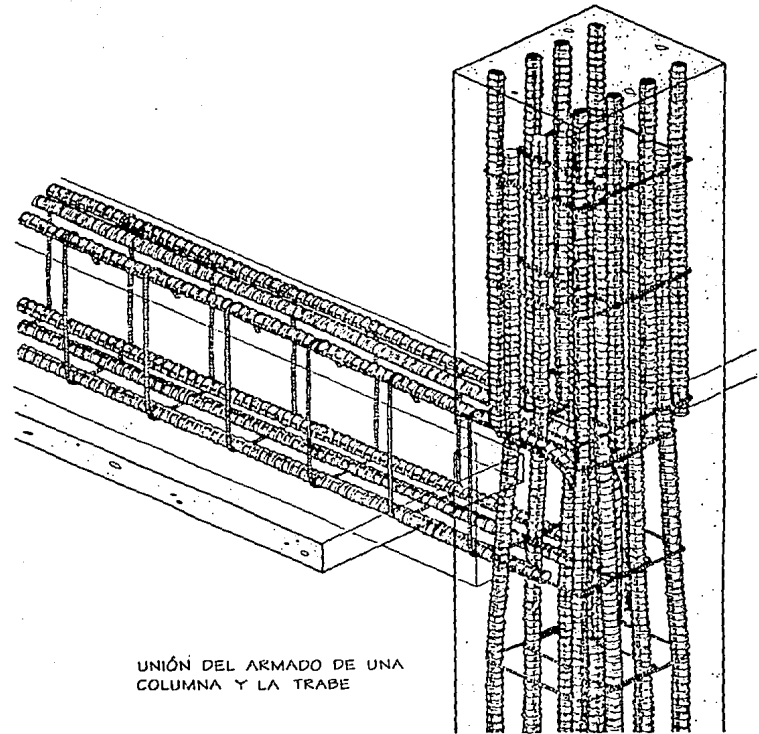
CAPÍTULO C



Estas varillas se colocan desde la cimentación con la separación y especificaciones que indiquen los planos estructurales, colocándose posteriormente la cimbra que puede ser de madera, ya sea formada con triplay o con tablas de diferentes medidas o también se puede usar cimbra metálica.



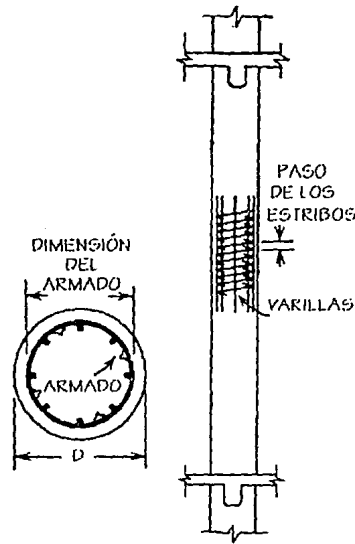
En este dibujo vemos los traslapes que se dejan en las uniones de columna con losa, con el objeto de que trabajen como un todo para que puedan resistir mejor los esfuerzos que según el cálculo, podrá estar sometida la estructura.



UNIÓN DEL ARMADO DE UNA
COLUMNA Y LA TRABE

En este detalle se puede apreciar como se colocan los traslapes de las varillas de refuerzo vertical que vienen de la planta inferior, se conectan con las varillas de la trabe y luego continúan hacia el piso de arriba.

² Allen, Edward. 1990. *FUNDAMENTALS OF BUILDINGS CONSTRUCTION*. John Wiley & Sons, New York.



COLUMNAS CIRCULARES

Las columnas circulares tienen la ventaja que resisten igual los esfuerzos en cualquiera de sus sentidos, y es muy común colocar los estribos de una manera continua formando una espiral cuya separación se le llama paso, siendo este paso más reducido según se vaya acercando a los extremos de la columna, de la misma manera que los estribos rectangulares de las columnas cuadrangulares

Habrá que recordar que la separación de los estribos, rectangulares o en espiral, no puede ser menor que una vez y media el tamaño máximo del agregado grueso, es decir si la grava es de 1 1/2" o sea de 38 mm. la separación mínima es de 5.7 cm. y si la grava es de 3/4" y en milímetros de 19, entonces la separación de los estribos en las zonas más cerradas (en los extremos de las columnas), será de 3.0 cm. con el objeto de que la revoltura del concreto penetre en toda la capacidad de la cimbra.

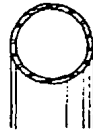
3.2.- Columnas de Acero.

Las columnas de acero son manufacturadas en la obra o en talleres especializados, sin embargo hay secciones metálicas que se pueden comprar directamente con los distribuidores de acero, el acero tiene la ventaja de que pueden lograr estructuras de mayor altura con menos kilos/metro de superficie construida, sin embargo es necesario proteger esta estructura metálica con algún recubrimiento especial que retarde el efecto del fuego en caso de incendio.

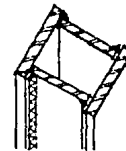
Algunas de las secciones de acero más utilizadas.



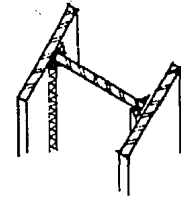
EN CRUZ



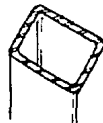
CIRCULAR



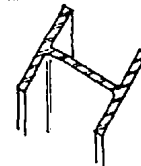
PLACAS SOLDADAS



PLACAS SOLDADAS



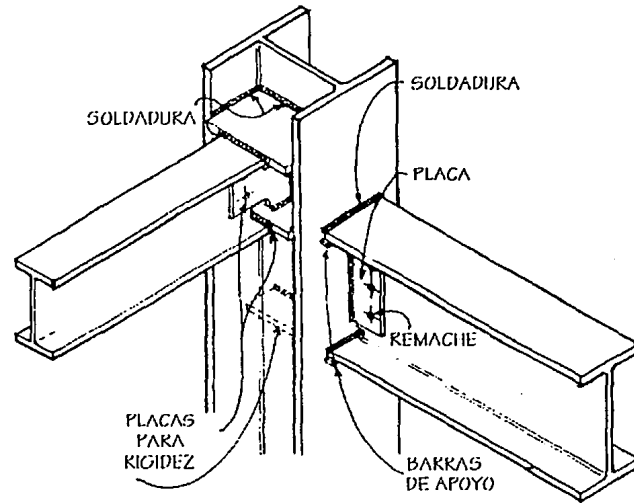
CUADRADA
O
RECTANGULAR



SECCIÓN "I"

Al utilizar el acero en las columnas es necesario diseñar algún tipo de entrepiso con entramado metálico para que la estructura sea lo más

homogénea posible y que exista una buena unión entre las columnas y las traveses que la forman ya que esto es lo que le dará el trabajo equilibrado y que trabaje para como fue diseñada.

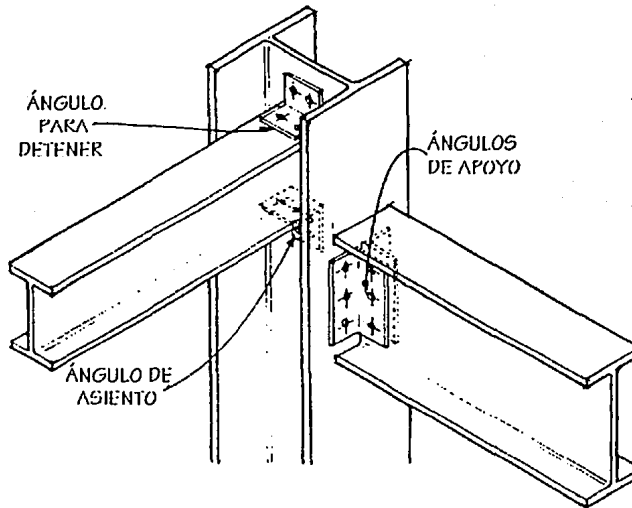


CONEXIÓN PARA MOMENTOS

3

Aquí vemos una columna en acero de sección "H" en su unión con dos vigas "I" de diferente sección con las placas de apoyo en uno de los patines, y las placas de rigidez soldadas en el alma de la columna. Esta es la unión de mayor costo, de las que presentamos.

³ Ching, Francis D. 1991. *BUILDING CONSTRUCTION ILLUSTRATED*. Van Nostrand Reinhold, New York.

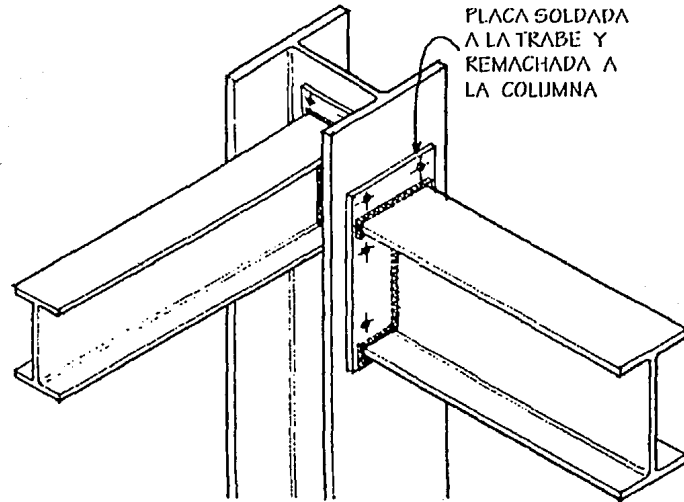


CONEXIÓN PARA EL CORTE

4

Otro tipo de unión, para la columna y las traveses, en las cuales las uniones se han logrado por medio de remaches o de pernos metálicos, las uniones se deciden en el bufete de cálculo, entre las pláticas de los arquitectos y los profesionales del cálculo, en donde se tendrá que tomar en cuenta el tipo de diseño que se quiere construir, pues se puede pretender un edificio que sea lo más rígido posible al empuje de sismo o de viento si el edificio es muy alto, o que sea flexible si las condiciones de ubicación, como terreno y la zona sísmica de la estructura así lo exigen.

4 Ibidem.

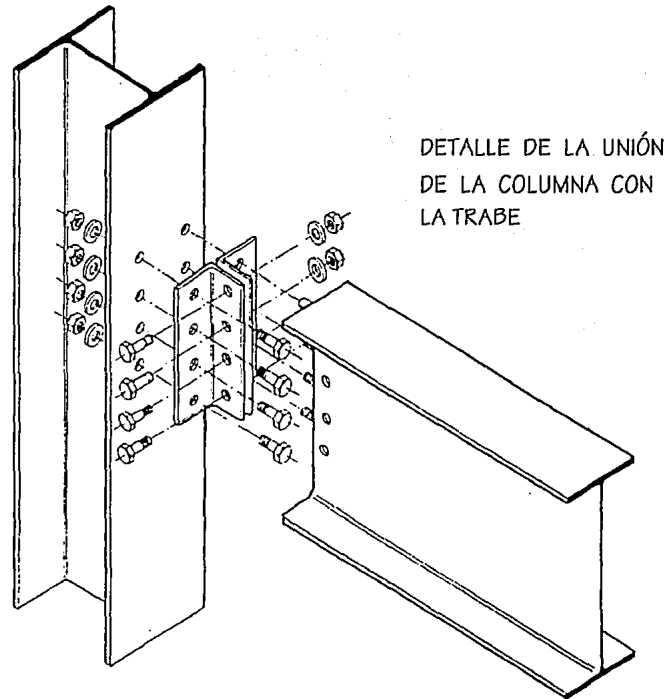


CONEXIÓN SEMI RÍGIDA

5

Esta conexión denominada semi rígida, nos presenta unas traveses de metal en sección " I " con una placa de acero soldada en las cabezales y las cuales serán aseguradas a las columnas principales por medio de pernos o de remaches, la decisión de que si son pernos o remaches va en función de la vibración del edificio, pues existe la posibilidad de que se puedan ir aflojando ligeramente al paso del tiempo, posibilidad muy remota pero que depende de la calidad de la mano de obra.

⁵ Ibidem.

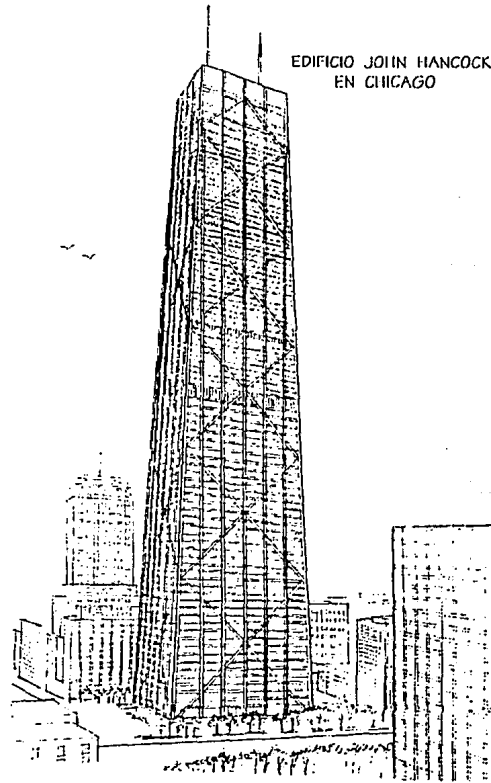


6

A efecto de poder contrarrestar los efectos de empuje lateral debido a la altura se han ideado unas estructuras llamadas de tubo, que consisten en estructuras que funcionan con sus elementos portantes al exterior, dando el

⁶ Allen, Edward. 1990. *FUNDAMENTALS OF BUILDINGS CONSTRUCTION*. John Wiley & Sons, New York.

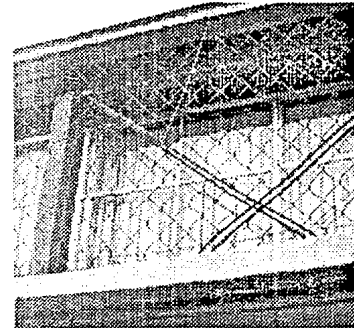
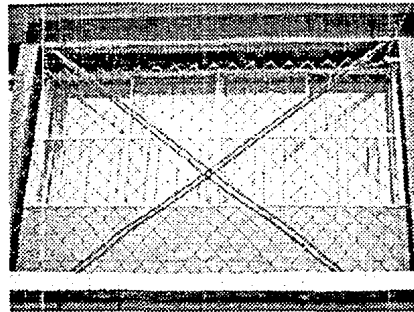
efecto de resistencia como de una construcción tubular, presentamos dos ejemplos ilustrativos.



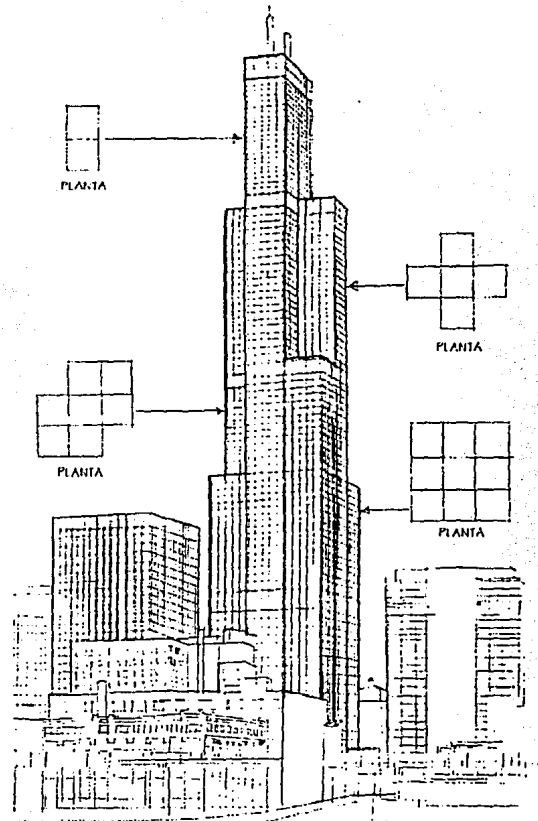
Salvadori, Mario. 1990. WHY BUILDINGS STAND UP. W. W. Norton & Company, New York.

El edificio John Hancock, tiene unas triangulaciones estructurales metálicas en su fachada, que le ha permitido una gran resistencia para su altura, ya que tiene 100 pisos. Y además permitió bajar los costos de la estructura en alrededor de un 40%, eso nos indica que es importante como arquitectos, analizar bien todos los datos que tengamos para hacer una buena decisión de diseño.

Aquí en México, se tiene que poner este tipo de triangulaciones por la alta frecuencia de sismo como lo podemos ver en estas dos fotografías de esta escuela de dos pisos y que se tuvo que reforzar su estructura metálica.



Estos tipos de refuerzos le dan rigidez a las construcciones ya que forman unos triángulos que por geometría se consideran indeformables, siempre y cuando los catetos que lo forman no se rompan bajo el influjo de las cargas, también se utilizan para rigidizar los muros de mampostería, como veremos más adelante.



LA TORRE DE GEARS EN CHICAGO.

La torre Sears es otro ejemplo de este tipo de estructuras, es uno de los edificios más altos del mundo, hecha por el Ing. paquistaní Fazlur Kahn en 1980, su altura es de 443 metros y consiste en nueve "tubos" uno junto al otro, y de diferente altura como se puede apreciar en el dibujo, como mencionamos antes la construcción en acero, y hasta ahora, es la que permite los edificios más altos, ya que el concreto va a la zaga en su desarrollo pues en altura no se han podido sobrepasar los 200 metros. Aunque las investigaciones con polímeros y textiles han desarrollado una nueva dimensión en resistencia, ya que con los nuevos tejidos de fibras de carbón, que aunque no son nuevos, si lo son el cambio en los ángulos de su tejido tridimensional que mejora sus propiedades como material estructural, ya que se pueden utilizar como refuerzo en el concreto aumentando grandemente su resistencia y reduciendo su peso.

4.- APOYOS POR MUROS.

Los muros de carga a los que estamos habituados a ver, son los que regularmente se erigen en las casas habitación, al interior y al exterior y estos pueden ser de diversos materiales, los más comunes son:

- Muros de tabiques de barro recocido,
- Muros de tabiques de barro prensado a máquina,
- Muros de bloques de cemento o de tabicón de cemento,
- Muros de concreto,
- Muros de piedra,
- Muros de sillares de tepetate, o adobe cementado.

La finalidad de estos muros en el sentido estructural, es soportar las cargas de los elementos que están arriba de ellos, entonces, su espesor dependerá directamente de las cargas que soporta y la resistencia a la compresión del material, además se requieren de unos refuerzos verticales llamados castillos y de unos elementos horizontales llamados dalas.

La ubicación y la separación máxima de estos elementos, la da el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y la separación necesaria se obtiene por el análisis estructural del proyecto.

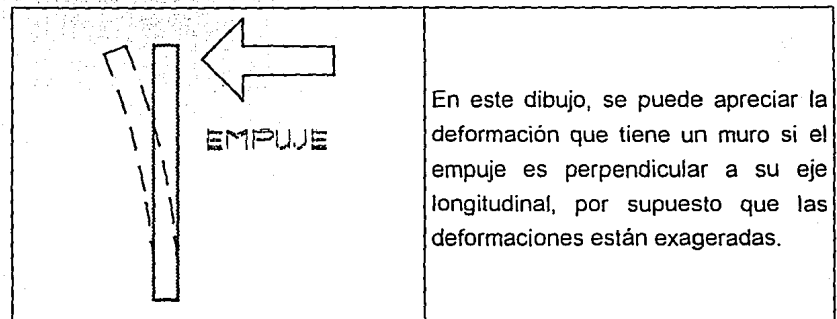
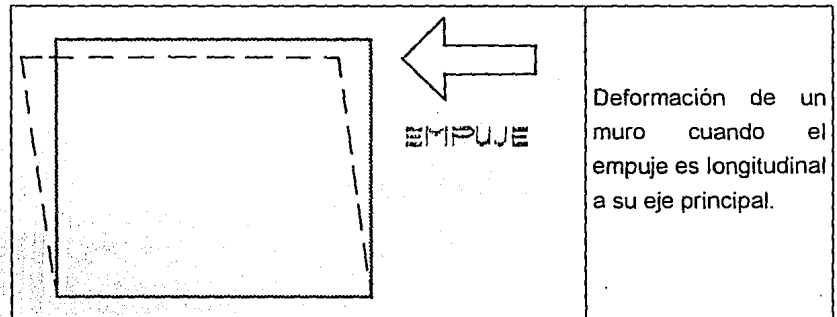
4.1.- Esfuerzos y Refuerzos.

Comenzaremos por mostrar una pequeña tabla para hacer notar algunas de las características de medidas y de resistencias de algunos de estos materiales.

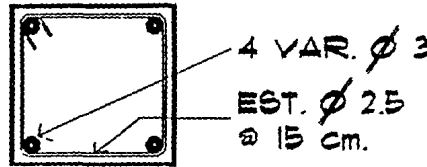
MATERIAL	Medidas nominales en centímetros	Resistencia a la Compresión en Kg/cm ²
Tabique de barro recocido y tabicón	7 x 14 x 28 cm. 6.5 x 13 x 27	5
Tabique de barro prensado	6 x 10 x 20	12
Bloques huecos de cemento	10 x 20 x 40 20 x 20 x 40	16
Sillares de tepetate o Adobe cementado	Variables	1.5

CAPÍTULO C

Todos los muros de carga están sometidos a diferentes esfuerzos en una construcción, pero para lo que se calculan en primer lugar, es que puedan resistir las cargas verticales, pero no hay que dejar de tomar en cuenta los otros esfuerzos, los empujes laterales, principalmente los de los sismos que tendrán que resistir a través de los años y que actúan como se muestra en los siguientes dibujos.



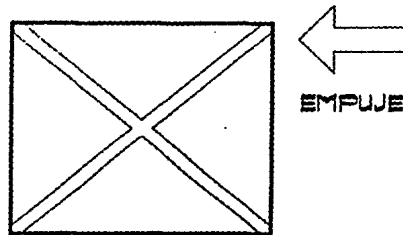
Para que estos muros no sufran este tipo de deformaciones, o para que las sufran y no se colapsen, es necesario proveerlos de elementos que les ayuden a resistir, estos elementos son los castillos, formados de una armazón de acero, y de concreto.



CASTILLO 15x15 CM.

Sus medidas nominales son de 15 centímetros por lado con cuatro varillas de 3/8" llamadas del N° 3 armadas con los estribos formados con varillas de 5/16" denominadas del N° 2.5 y con un espaciamiento entre ellos a cada 15 centímetros.

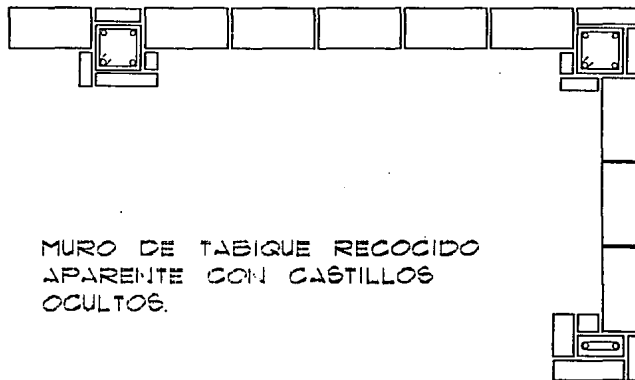
Estos castillos si el esfuerzo lo amerita, entonces se colocarán en los muros de la siguiente forma, formando lo que se llama cruz de San Andrés, utilizado con frecuencia en los muros de las primeras plantas de edificios de cierto número de niveles.



Esta cruz inclinada que se forma con los castillos hace del muro en cuestión un buen elemento, tenaz al empuje ya que por su geometría resiste a la deformación y por lo tanto proporciona un factor de rigidez para el edificio.

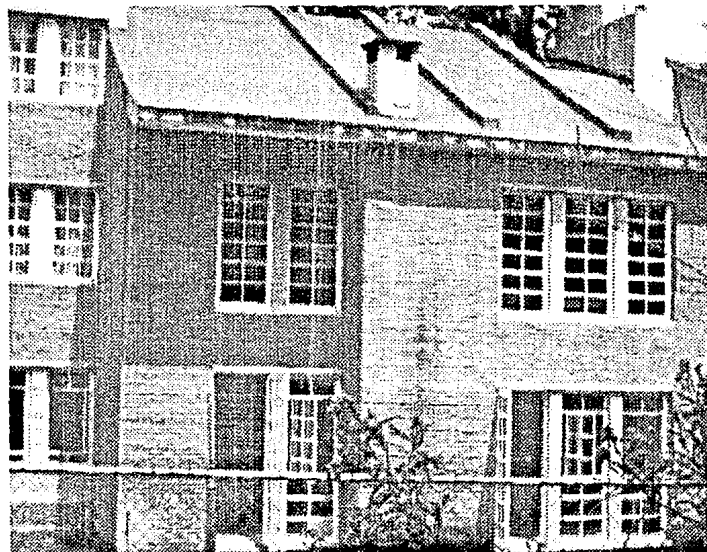
Las dalas son los elementos estructurales que ayudan a que las cargas verticales se repartan de una manera uniforme entre los muros de apoyo y la cimentación, por lo tanto estos elementos serán horizontales y colocados en la base del muro, pero cuando estos muros sobrepasan cierta altura, entonces se tendrán que colocar aproximadamente a cada 2.50 metros de altura, se tendrá que revisar la última edición del Reglamento para las Construcciones.

Todos los muros de carga llevarán estos dos tipos de refuerzo, independientemente del material con que se construyan, y aunque no sean los castillos de 15x15 cm. ya que pueden ser de diferente medida y sobre todo estar ocultos a la vista exterior, como los que se muestran en el siguiente dibujo.



Para lograr un muro de tabique recocado, con acabado aparente, se

pueden colocar los castillos como se ilustra en el anterior dibujo, en el cual en la parte interior, los castillos están chapeados con secciones cortadas del mismo material.

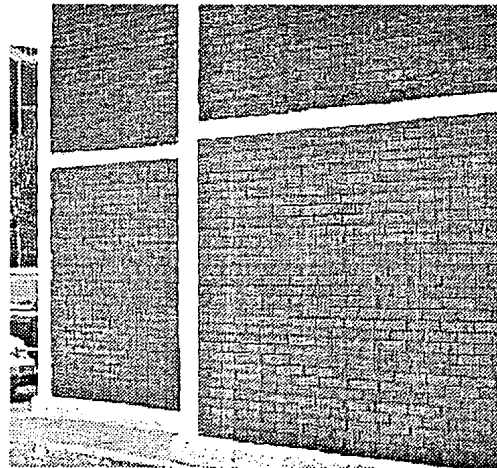
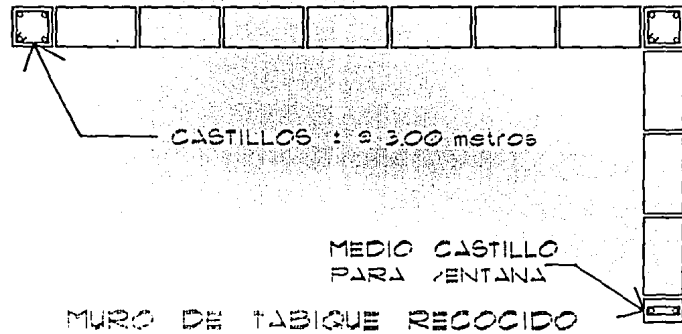


Vista exterior de una casa con muros de carga de tabique recocado aparente con sus castillos y dadas ocultos.

Si no se necesita que los castillos queden ocultos, ya que es costoso pues se lleva más mano de obra y material, o se les va a colocar otro tipo de

CAPÍTULO C

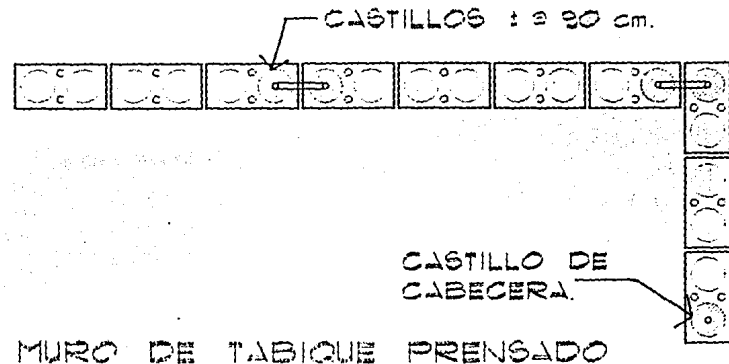
acabado, entonces los muros serán como el que sigue.



Muros con castillos y dadas aparentes, en donde los elementos horizontales, no son dadas, sino los extremos de las losas de los entrepisos, pero en la planta baja, sí se ve la dada de desplante del muro.

Los muros construidos con tabique de barro comprimido y los bloques de concreto, tienen el mismo sistema de ocultar los castillos y así obtener la resistencia deseada.

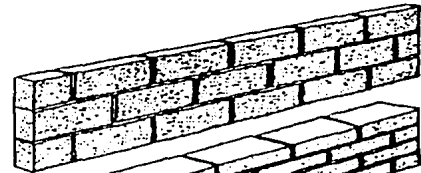
El sistema que se ve en el dibujo de abajo, permite poner todos los castillos de refuerzo que se necesiten, y como la hilera de tabiques o bloques que continúa hacia arriba se coloca traslapada, entonces el muro adquiere la debida rigidez.



Los muros de tabique y también los muros de tabicón pueden ser de diferentes formas, según para lo que se necesiten, las maneras y los nombres

más comunes de construir con el tabique de barro recocido son como los que se muestran en la gráfica que sigue.

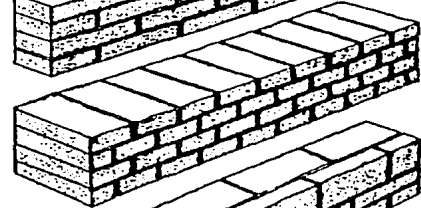
CAPUCHINO



AL HILO



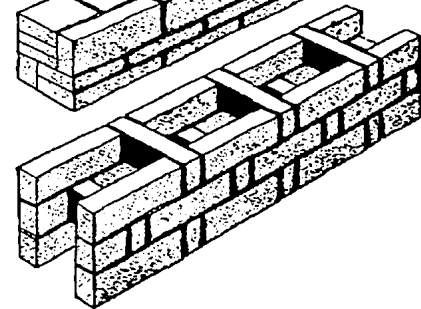
A TIZÓN



COMBINADO



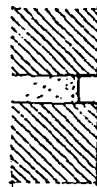
HUECO



4.2.- Detalles de Diferentes Muros de Carga.

Todos los muros deberán tener juntas de mortero, excepto los materiales que vayan a hueso, y las juntas que se utilizan se muestran a continuación.

DIFERENTES TIPOS DE LA JUNTA DEL MORTERO



CUADRADA



A PAÑO



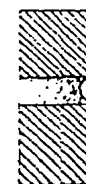
INCLINADA



INCLINADA



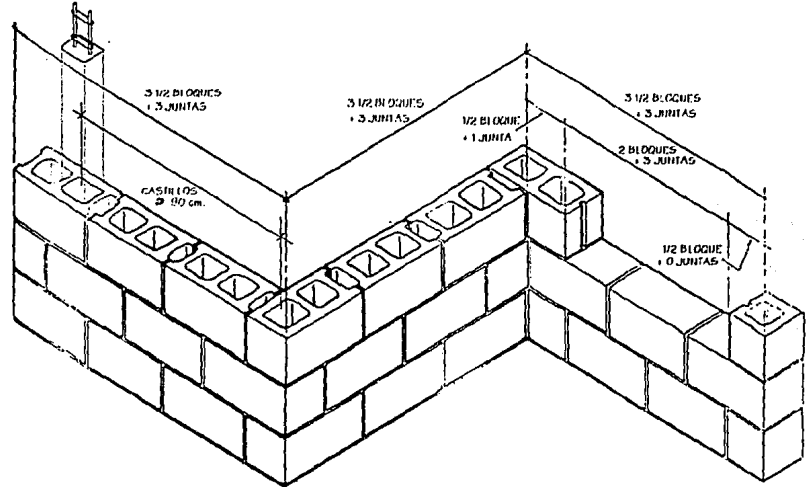
EN "V"



CONCAVA

LAS JUNTAS NO SERÁN
MENORES A 6 mm. NI
MAYORES A 16 mm.

Así se traza un muro de bloques de cemento, en los cuales se trata de que los lados de la construcción estén de acuerdo a las dimensiones de los bloques pues aparte del mal aspecto que se logra al romper las piezas, se tendrá que dar acabado a los resanes.



10

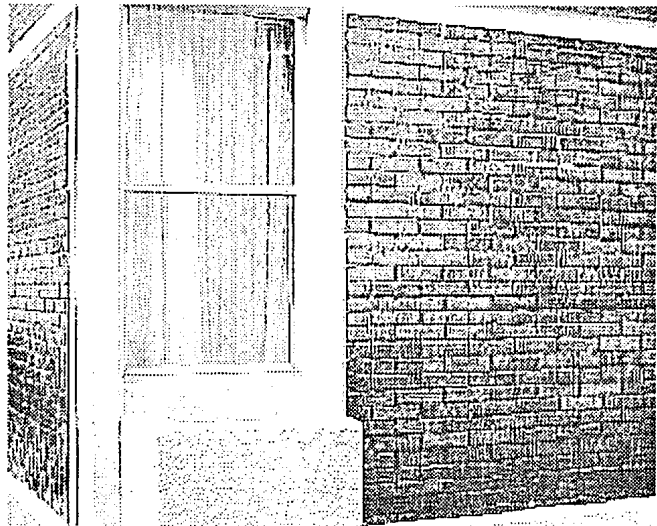
Estos muros tienen la ventaja de que se pueden dejar aparentes, solamente se recomienda una pintura para evitar que se humedezcan y también les sirve para que no se les pegue tanto el polvo, ya existen en el mercado bloques con diferentes acabados con los que se pueden variar las

¹⁰ Allen, Edward, 1990. *FUNDAMENTALS OF BUILDINGS CONSTRUCTION*. John Wiley & Sons. New York.

texturas.

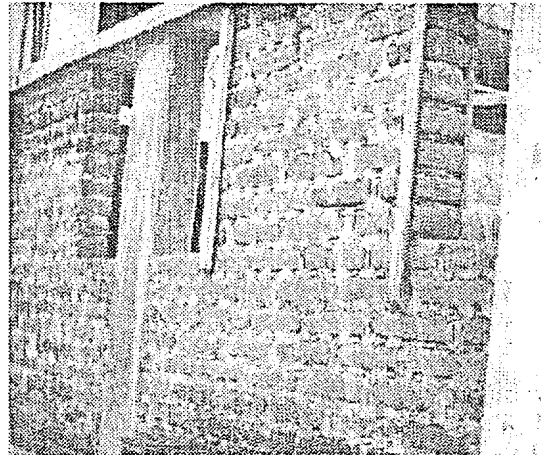
Aparte estos muros de bloques, llevarán unos refuerzos metálicos horizontales a cada tres o cuatro hiladas según las cargas.

Muro de tabique de barro prensado aparente, en los cuales por condiciones de carga, ya que es de un edificio de condominio de 7 pisos de altura, los castillos de refuerzo son aparentes, y los elementos horizontales que se ven son de las losas de los entrepisos, aparte tiene los pequeños castillos embebidos en los muros para rigidizar.



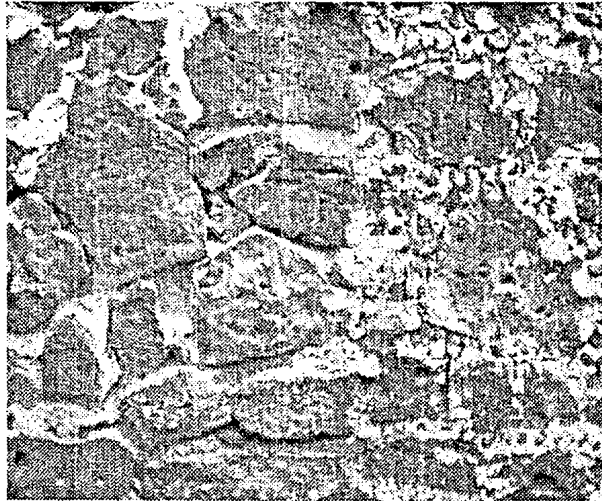
De todas maneras a pesar de ser un muro de acabado aparente, se le tiene que proteger de las lluvias aplicándosele algún tipo de impermeabilizante transparente en todos los paños exteriores.

Vista de un muro de adobe, el cual es hecho con una mezcla de arcilla y de arena y luego dejándose secar al sol, por algún tiempo, el problema de construir con al adobe tradicional, es que al fabricarlo, le revuelven un poco de paja o de estiércol, lo que hace que este material si no se recubre, es poco sano, ya que se crean muchos pequeños bichos, actualmente se fabrica el adobe cementado, al cual en vez de la pajas, se le agrega una pequeña cantidad de mortero lo cual lo hace más resistente a la intemperie y a los bichos.



Además se pueden notar las juntas con pequeños pedazos de tabique o de piedra, juntas que se llaman rajueleadas (hechas con pedazos de piedras) y sirven para que con las lluvias no se desbasten las aristas de los adobes.

Con los adobes cementados el problema es mucho menor, pero siempre será prudente, que los muros que estén hacia los vientos con las lluvias dominantes, sean protegidos con algún volado.



Se puede notar en este muro de piedra, la diferencia de duración entre un muro con las juntas normales con mortero y otro con las juntas de mortero y pedacería de piedra, se ven los huecos que se van haciendo con las lluvias.

CUBIERTAS Y ENTREPISOS.

OBJETIVOS GENERALES.

Al terminar este capítulo el alumno deberá ser capaz de:

- 1.- Entender la función de los entrepisos y las cubiertas en las construcciones en general.
- 2.- Comprenderá la manera de diseñar diferentes tipos de cubiertas semi-permanentes, ya sean de láminas o tejas de barro.
- 3.- Podrá determinar las características físicas de las cubiertas y de los entrepisos.
- 4.- Proponer el dimensionamiento de algunas techumbres con vigas de madera.
- 5.- Determinar las características generales de las losas macizas de concreto armado.
- 6.- Poder analizar algunos tipos de losas prefabricadas y sus características principales.
- 7.- Conocer otros tipos de cubiertas para diferentes edificios.

Llegará un tiempo en el que nuestros descendientes
se asombrarán de que nosotros ignoráramos
cosas que para ellos son tan claras.

Séneca. Cuestiones Naturales
Libro 7 Siglo I.

1.- PRÓLOGO.

En realidad de lo que queremos comentar en este capítulo es acerca de las ideas básicas del diseño de las cubiertas de nuestros antepasados, si nosotros observamos detenidamente la arquitectura de diferentes partes del mundo veremos que las construcciones son diferentes por las características de los materiales y las costumbres de cada pueblo, pero las adaptaciones de los lugares de climas semejantes nos muestran unos diseños muy parecidos, lo cual a mi manera de ver significa que son diseños hechos con sentido común, y como se dice, el menos común de los sentidos.

Los humanos según creemos, estamos en la tierra desde hace mucho tiempo, pero cuanto es ese mucho tiempo, hasta antes de lo que llamamos tiempos modernos aún los científicos de esa época tenían la creencia que la tierra y los humanos teníamos solo seis mil años de habitar el planeta, muchas cosas se dijeron durante muchos años, pero en 1896 se descubrió la radioactividad, y se encontró que ciertos átomos eran inestables y que se rompían o se degeneraban a una velocidad fija, lo cual se podía medir y daba campo a poder determinar la edad de las cosas.

En 1907 Bertram B. Boltwood, sostenía que las piedras o rocas que contenían uranio también contenían plomo. Y que de estas proporciones de uranio y plomo, se podía calcular que cantidad de uranio se había degenerado y transformado en plomo, por lo tanto se podía determinar la edad de la muestra de roca en cuestión. Esto dio por resultado que se pudo calcular la edad de la tierra en unos 4,600 millones de años.

Claro es, que con el tiempo se fueron mejorando las técnicas de calcular la edad de las cosas, se descubrió que los Homínidos, nuestros ancestros, y las ramas colaterales del hombre moderno, los Homo Sapiens por los restos de sus huesos y primitivas herramientas encontradas, dijeron que estos tenían una edad de alrededor de 500,000 años, por supuesto que antes de que ellos existieran, existió el Homo habilis lo cual hace que las fechas de ancianidad de la humanidad encontradas por medio de la técnica de termoluminiscencia los llevaron cercanamente a los 900,000 años de edad.

Posteriormente en 1974 Donald Johanson antropólogo norteamericano descubrió enterrado un esqueleto completo de un australopiteco afarensis femenino al cual le dieron el nombre de Lucy y cuya antigüedad de enterrado se determinó en unos cuatro millones de años, por las pruebas de edad de las rocas en donde lo encontraron, Lucy era del tamaño de un chimpancé y de complexión esbelta, sus contemporáneos debieron de tener unos 90 y quizá 120 centímetros de estatura y tenían un peso de alrededor de 30 kilogramos al tener estas características se cree que posiblemente su hábitat eran los árboles, como protección más que el suelo en donde de hecho ya podían caminar erectos.

Indudablemente creemos que hubo especímenes más antiguos y ahora en nuestros tiempos nos parece razonable pensar que las especies que dieron origen a la raza humana, poblaron la tierra desde hace unos cinco millones de años.

La habilidad de hablar y hacer una complicada mezcla de sonidos para comunicar información e ideas parece que surge solo desde hace unos 50,000 años. Ya que, aún nuestros parientes más cercanos los grandes monos, no están anatómicamente equipados para poder hablar.

En 1879 el arqueólogo español llamado Marcelino de Sautuola estaba excavando en una de las cuevas en Altamira al norte de España cuando su pequeña hija que tenía unos doce años descubrió unas pinturas en el techo de la cueva y gritó "toros, toros" las cuales resultaron ser un conjunto de figuras de bisontes, venados y otros animales pintados en rojo y negro probablemente dibujados hace unos 20,000 años antes de Cristo, no se sabe con que intención, tal vez con fines de una mejor cacería, o quizá, ¿como una expresión primaria de arte?

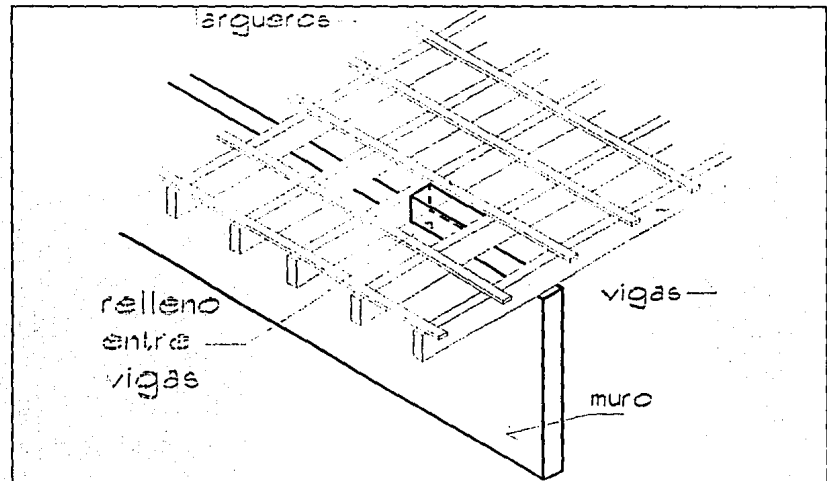
Es de suponer que cada uno de los grupos humanos que nos antecedieron buscaron para su refugio, lugares que a través del ensayo y error fueron cumpliendo con sus necesidades específicas de abrigo según el lugar y el clima que iban teniendo por las diferentes estaciones del año.

Este tipo de búsqueda de los mejores espacios para su alojamiento con el tiempo y con los avances tecnológicos para construir las moradas se fue

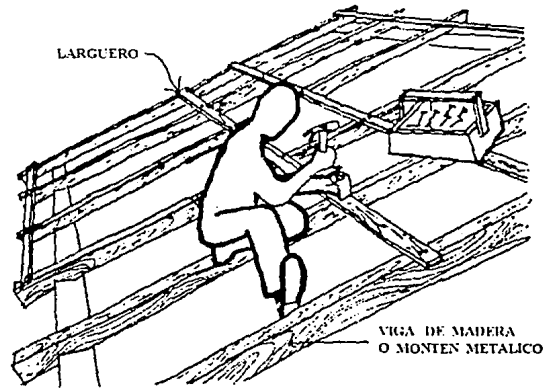
dando poco a poco en lograr cierta o mucha comodidad para alojarse. sin embargo parece indudable que los primeros refugios a cubierto fueron las cuevas.

2.- TECHOS DE LÁMINA.

Estos pueden ser contruidos con cartón asfáltico, que es con lo que se cubren generalmente las bodegas de materiales en las construcciones nuevas o de láminas de aluminio, de plástico, lámina galvanizada de acero o lámina de asbesto, ya que el principio es prácticamente el mismo solo hay que tener en cuenta las diferentes dimensiones de cada material.



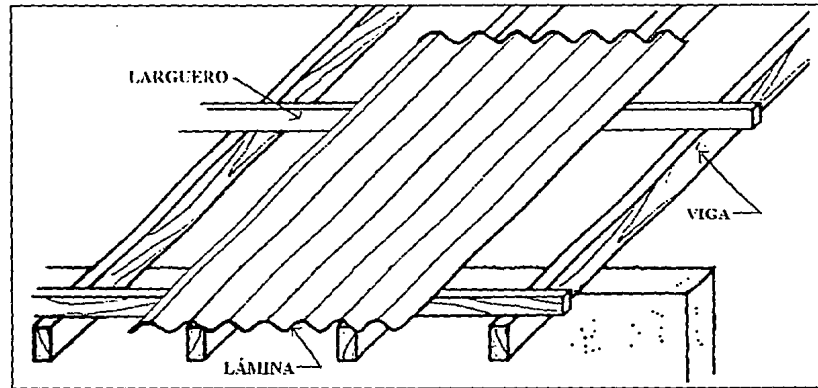
La construcción de éste tipo de techumbres es bastante simple, la estructura que las soporta se hace a base de vigas de madera o de perfiles laminados tipo montén, en un sentido y de largueros de sección más pequeña en el sentido transversal, que es donde se apoyan directamente las láminas.



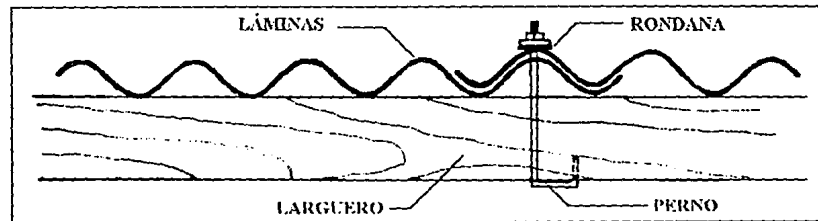
OPERARIO COLOCANDO
LOS LARGUEROS

Las vigas se apoyan en los muros de los extremos y si estos muros tienen puertas o ventanas, entonces las vigas principales que estén sobre la abertura se apoyarán en otras vigas más pequeñas ya sea de madera o de concreto que tengan la función de dintel, el peralte de estas vigas se determina en base de un cálculo sencillo; los largueros solamente cargarán las láminas las cuales se anclarán a las vigas por medio de clavos o de otro

tipo de soporte, las láminas se sostienen con unos pernos que en un extremo tienen forma de gancho y en el otro una punta roscada en donde se coloca la rondana de hule, la rondana metálica y la tuerca que será la que haga la presión final.

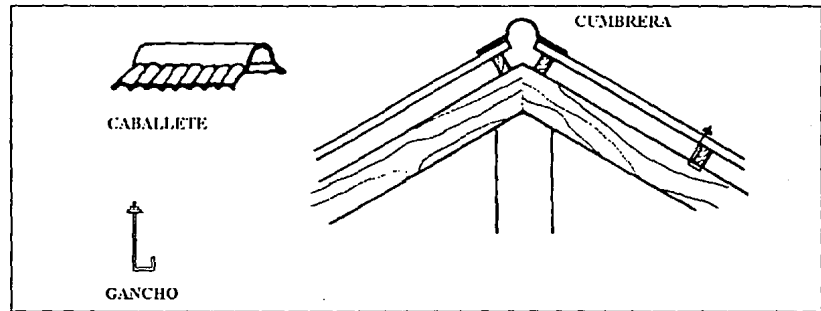


La distancia entre larguero y larguero, será según el largo de las láminas que se utilicen.



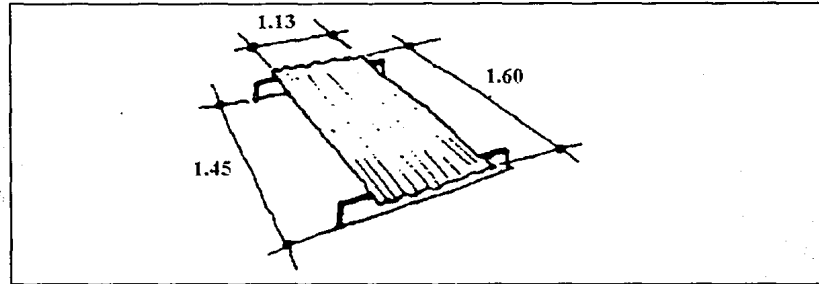
Además como se muestra en el dibujo anterior debe de existir un traslape mínimo entre lámina y lámina en los dos sentidos, en el sentido de la pendiente será de unos quince centímetros y en el sentido transversal será de dos a tres ondulaciones, esto con el objeto de que no penetre el agua de lluvia o el polvo según el caso.

El mismo sistema constructivo se utiliza con los demás tipos de lámina cualquiera que sea el material de que estén hechas. La pendiente de la techumbre para poder desalojar el agua debe ser de 18% como pendiente mínima hasta el 50% como un máximo apropiado para que no se tengan problemas en su soporte con respecto al efecto de un viento fuerte. La rondana que se utiliza es de un material blando como el neopreno o una rondana de plástico para que sirva de amortiguador entre el clavo y la lámina o entre el gancho metálico y la lámina.



El caballete para la cumbrera y el gancho, son los más utilizados para las techumbres de lámina de asbesto-cemento.

MEDIDAS MÁS COMUNES DE LAS LÁMINAS DE ASBESTO.



Las medidas nominales de la lámina son 1.20 m. por 1.60 m. y la separación máxima de los largueros es de 1.45 m. se indica el ancho de 1.13 m. porque es el área en $m.^2$ que se puede aprovechar.

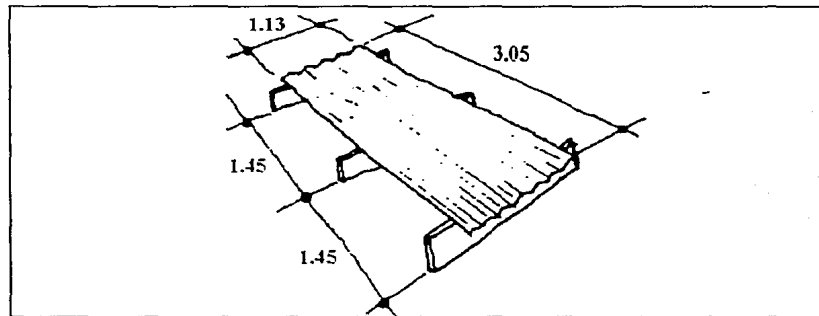


Lámina de 1.20 m. por 3.05 m. la separación de los largueros también es de 1.45 m. para los traslapes.

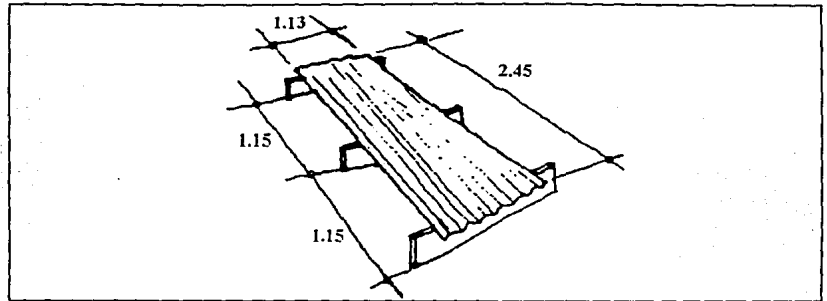


Lámina de asbesto-cemento que mide 1.20 m. por 2.45m. con una separación máxima entre los largueros de 1.15m.

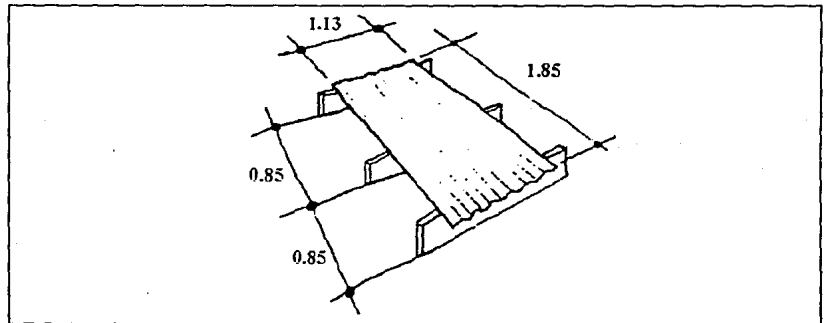


Lámina acanalada de asbesto-cemento de 1.20 m. por 1.85 m con una separación entre los largueros de 0.85 m. También hay láminas de asbesto de 1.20 m. por 1.30 m. para una separación de 1.15 m. entre los largueros, y

otras piezas laminadas de 1.20 m. por 2.15 m. que permiten una separación máxima entre los largueros de 1.00 m. de cualquier manera habrá que verificar lo existe en ese momento en el mercado.

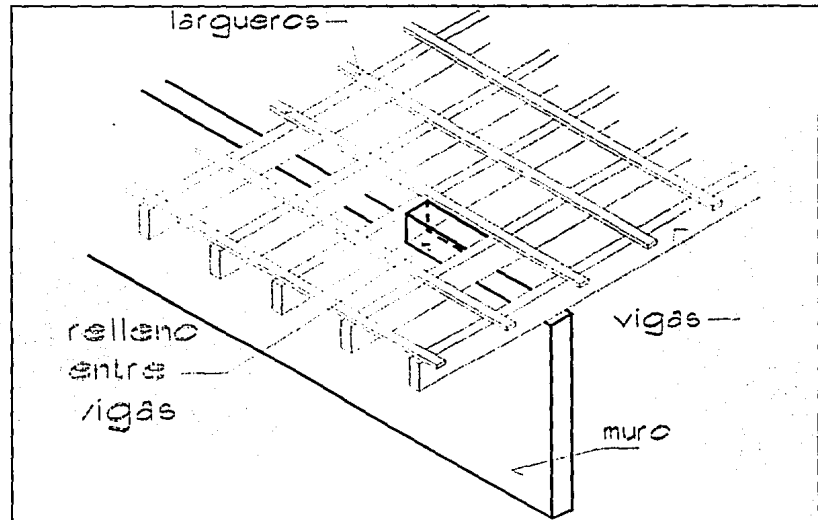
En general este tipo de cubiertas se puede considerar para construcciones temporales o de una duración no muy prolongada y por lo tanto no se deben pensar como elementos que se pueden utilizar en las casas habitación, pero si se les puede dar otro tipo de uso como bodegas, gallineros, y con las debidas precauciones, ya que son cubiertas que transmiten mucho el calor y el frío, lugares de habitación provisional en el campo.

3.- TECHOS DE TEJA.

Otro sistema de techar económicamente es con el uso de tejas de barro recocido, tienen la ventaja de que en cualquier lado se consiguen, es un material agradable a la vista, duradero si está bien colocado, pero también tiene el inconveniente de que no sella completamente por lo que existe la penetración del viento, el polvo y de los insectos, si se usa con cuidado se pueden obtener muy buenos resultados.

Su principio constructivo es como el de los techos de lámina, con unos muros de apoyo con una serie de vigas en un sentido -normalmente se escoge el sentido más corto para que las vigas de madera sean más económicas- y largueros en el otro sentido, para apoyo de las tejas, y con una separación de aproximadamente 10 centímetros menor que el largo de la teja que se fabrique en el lugar, los largueros normalmente son de madera de sección rectangular,

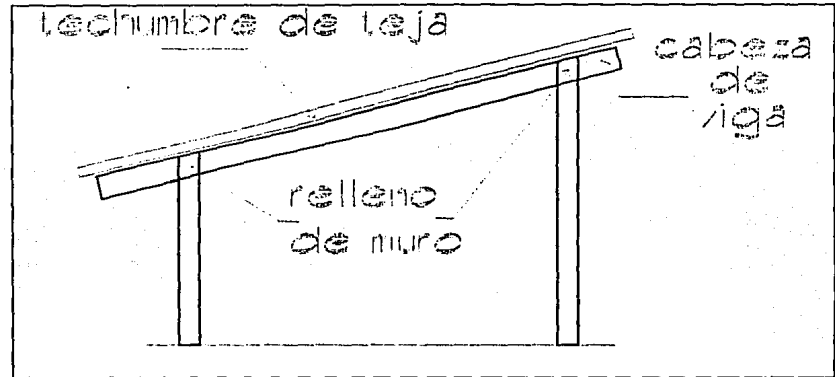
clavados a las vigas principales.



La colocación de las tejas se hace por medio de dos capas superpuestas, la de abajo, se coloca con la parte curva hacia arriba, y la segunda capa de tejas se acomoda con la parte curva hacia abajo cubriendo el espacio que dejaron las tejas de la capa inferior, con el objeto de evitar el paso del agua.

La segunda y subsiguientes hileras se van traslapando unos 10 centímetros más o menos, para que el agua siga escurriendo por la pendiente

que se le da a la techumbre con las vigas, y no penetre al interior de la construcción ni se quede estancada.

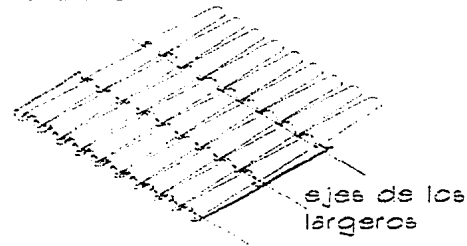


Se debe impermeabilizar la parte de la viga que está en contacto con el muro, ya que entre viga y viga normalmente se coloca un relleno hecho con el mismo material con que está construido el muro, ya sea tabique, adobe, block, piedra, etc.

Además en el otro extremo del volado, las vigas debe de estar afuera del paño del muro, para que "respiren" y no se pudran con la humedad que se acumula sobre todo en la estación de lluvia, esto es importante para evitar estar cambiando las vigas que se echan a perder.

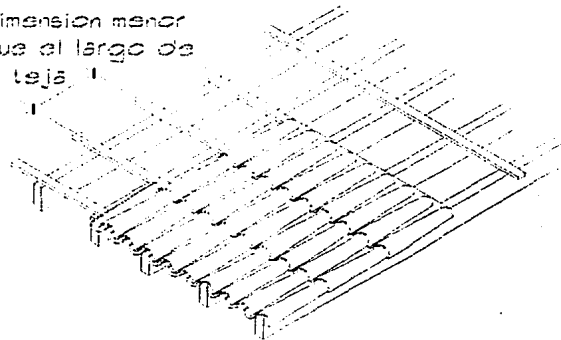
En donde exista un vano en el muro como para una puerta o ventana,

se colocará un dintel ya sea de madera o de concreto armado según la magnitud del claro a salvar, para poder apoyar las vigas principales que caigan sobre la abertura, este dintel o cerramiento deberá estar empotrado en el muro por lo menos unos 20 cm.



Las tejas están hechas de barro al cual se le da forma dejándolas secar, y posteriormente se colocan en hornos especiales donde materialmente se "cocinan" produciendo el material que conocemos.

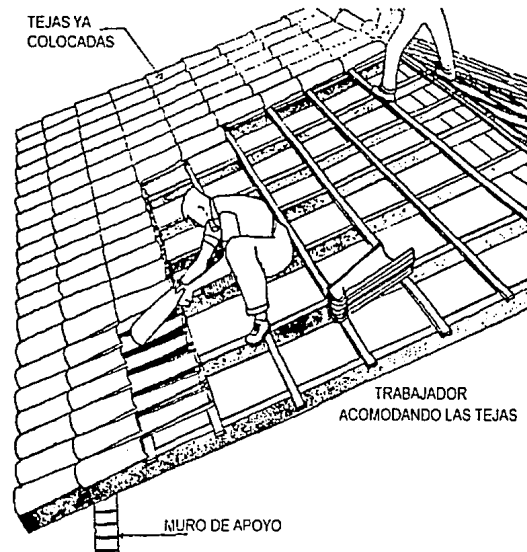
Dimension menor
que el largo de
la teja



La pendiente en este tipo de techumbres debe ser fuerte, del 25 al 50%,

dependiendo del régimen de lluvias del lugar, una pendiente muy utilizada para que escurra bien el agua es la del 35%.

La colocación de las tejas se hace de la parte de abajo hacia arriba, para poder traslapar y que no entre el agua de la lluvia.

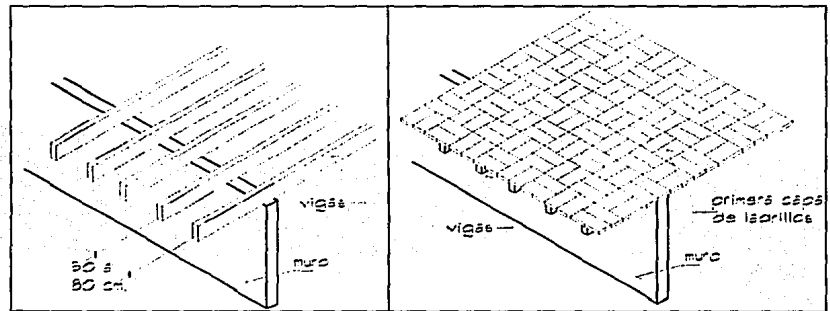


Cuando la pendiente es pronunciada, se tienen que amarrar las tejas una a una a los largueros para que no se resbalen con la acción del viento o de la lluvia.

Pero no hay que olvidar las tejas de otros materiales como las tejas de barro vidriadas, o las de asbesto cemento, habrá que investigar los productos que se pueden conseguir en la localidad y que se puedan utilizar.

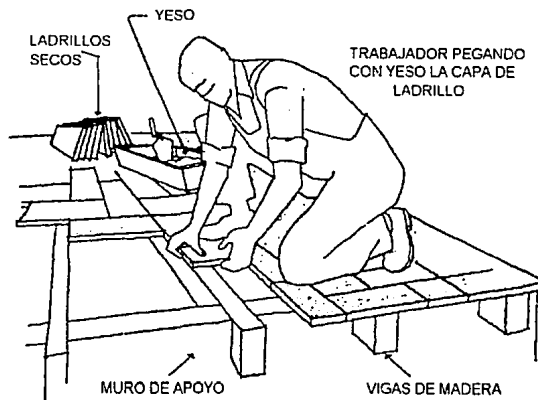
4.- TECHOS DE BÓVEDA PLANA DE LADRILLO.

Estos techos son bastante económicos y fáciles de hacer, una gran ventaja es que se pueden usar tanto en climas calurosos como en lugares templados o fríos, por supuesto en el entendido que en la región se encuentren los materiales como madera y ladrillo, que son los necesarios para su construcción.



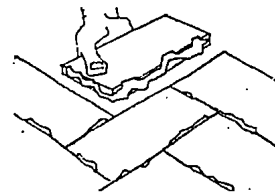
Las vigas de madera se colocan sobre los muros de tabique, adobe o cualquier otro material que se use, con una pendiente mínima de cuatro centímetros por cada metro es decir si el cuarto tienen cuatro metros de claro, el desnivel será de 16 centímetros, quedando así una pendiente del 4%, sin

embargo se recomiendan pendientes del orden del 20%, pero si va servir de entre piso, entonces no tendrá ninguna pendiente, y se hará de por lo menos unas tres capas de ladrillo y un entortado para el acabado del piso.



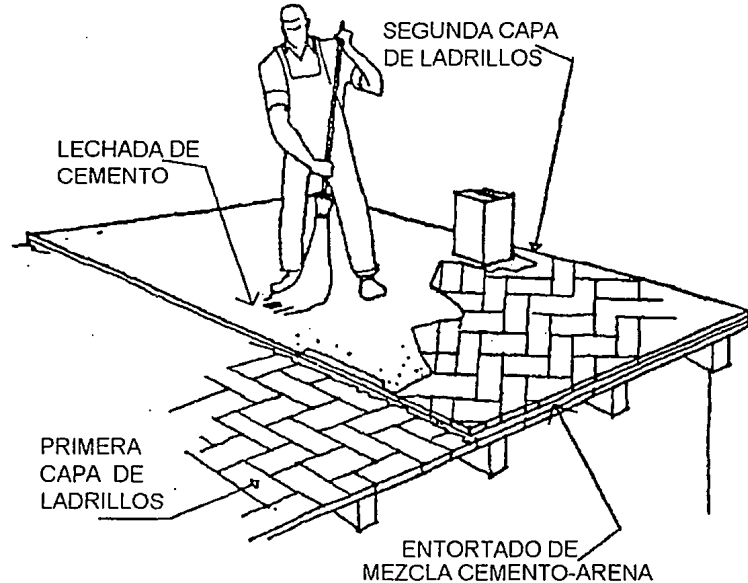
Se construyen colocando dos capas de ladrillo común sobre vigas o morrillos de madera con una separación de 50 a 80 cm. de centro a centro.

La primera capa de ladrillos es pegada con yeso y colocada sobre las vigas de madera.



Pegándose los ladrillos de la primera capa con una pasta de yeso ya que éste fragua muy rápido y la segunda capa se coloca sobre una cama de

mortero de cemento y arena de poco menos de dos centímetros de espesor esta capa se coloca de una manera cuatrapeada, es decir que no coincidan las juntas de la primera capa con las juntas de la segunda, con el objeto de darle mayor resistencia.



Es importante calcular la separación de las vigas, según las cargas que se consideren, ya que de esto depende la estabilidad de la construcción y la seguridad de sus ocupantes, pero como referencia se puede decir que para diferentes claros podemos considerar la siguiente tabla:

CAPÍTULO D

CLAROS EN METROS.	SECCIÓN DE LAS VIGAS.	SEPARACIÓN EN CENTÍMETROS.
2.50 a 3.00	7.5 x 15 cm.	@ 60 a 80 cm.
3.00 a 3.50	10 x 15 cm.	@ 50 a 70 cm.
3.50 a 4.00	7.5 a 20 cm.	@ 60 a 70 cm.
4.00 a 4.60	10 x 20 cm.	@ 50 a 70 cm.

Es importante impermeabilizar las vigas en el área de apoyo sobre el muro y también con el área de contacto con el relleno entre las vigas, para que no se pudran, cuando las vigas están colocadas, bien asentadas y fijas en su lugar, entonces se procede con la colocación de la primera capa de ladrillo pegada con la pasta de yeso que tendrá poca agua para que fragüe lo más rápido posible.

Como acabado final se puede extender una lechada de cemento para sellar las juntas o con una mezcla de jabón y alumbre que funcionará como impermeabilizante, pero probablemente uno de los factores más importantes para la protección de la lluvia sea una buena mano de obra y una buena pendiente.

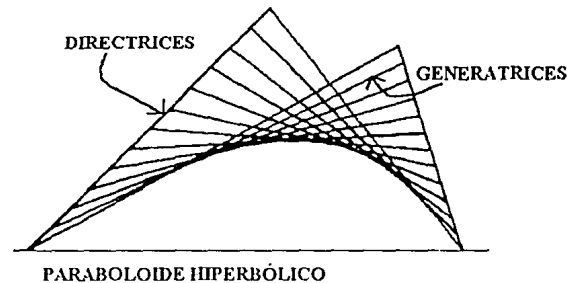
5. LOSAS MACIZAS DE CONCRETO.

Las losas de concreto armado son elementos de construcción relativamente recientes, pues las primeras losas de concreto se colocaron alrededor de 1867 pero el concreto armado como tal, es introducido en la arquitectura en 1903 de donde empieza a tomar auge por su facilidad para

moldearlo y su durabilidad.

Las losas de concreto armado sirven para los entrepisos y para las techumbres y deben de apoyarse en los muros o en su defecto en las trabes.

Al hablar de losa de concreto generalmente se piensa en losas planas, pero pueden ser curvas en uno o en dos sentidos como los paraboloides hiperbólicos, en los cuales el espesor de las losas se diseñan según los

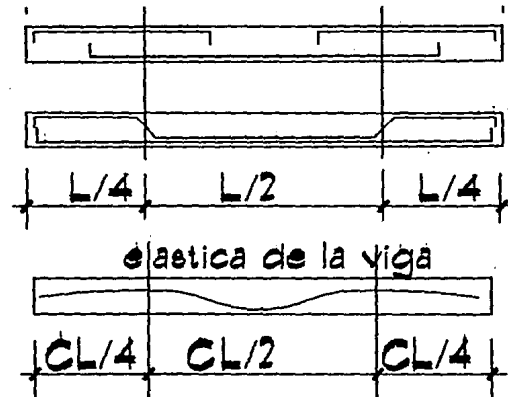


esfuerzos internos, lo que da por resultado que en algunas zonas de estas cubiertas puedan llegar a tener espesores de 4 o 5 centímetros.

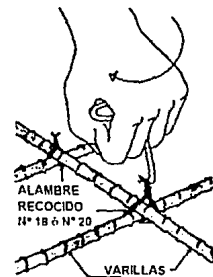
Estas losas macizas de diez centímetros de espesor están reforzadas con varillas corrugadas de acero con las cuales se forma una retícula de dos capas en el fondo de la cimbra, en la capa inferior se colocan las varillas que van en el sentido más largo de la losa, y encima de esta, se arman las varillas

CAPÍTULO D

que van en el sentido corto, estas losas se cuelean con un espesor de 10 cm. de concreto, ya que ésta es una buena relación resistencia-peso-costo, pero si el caso lo requiere pueden ser de un espesor diferente.

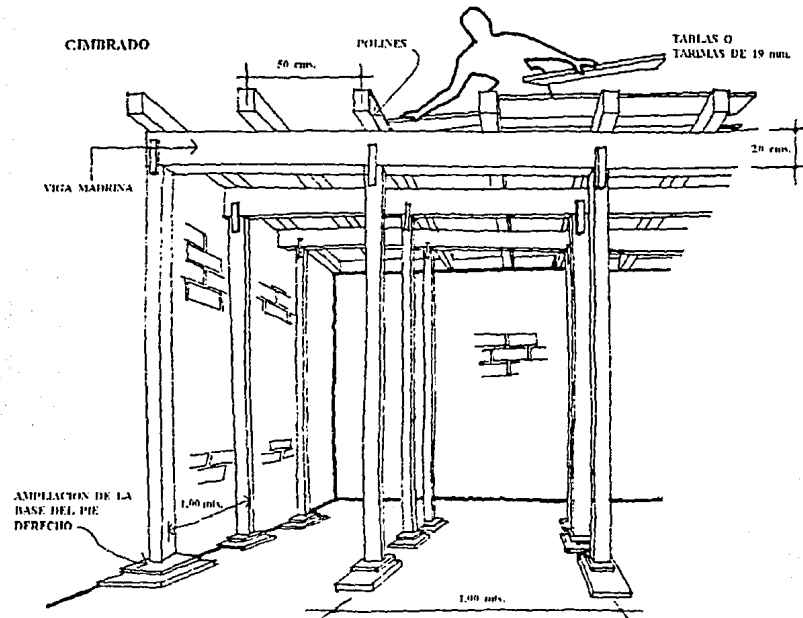


Aquí se muestran diferentes maneras de colocar el armado de las losas, según la teoría de que los esfuerzos cambian de sentido a partir de las cuartas franjas extremas de cada claro.



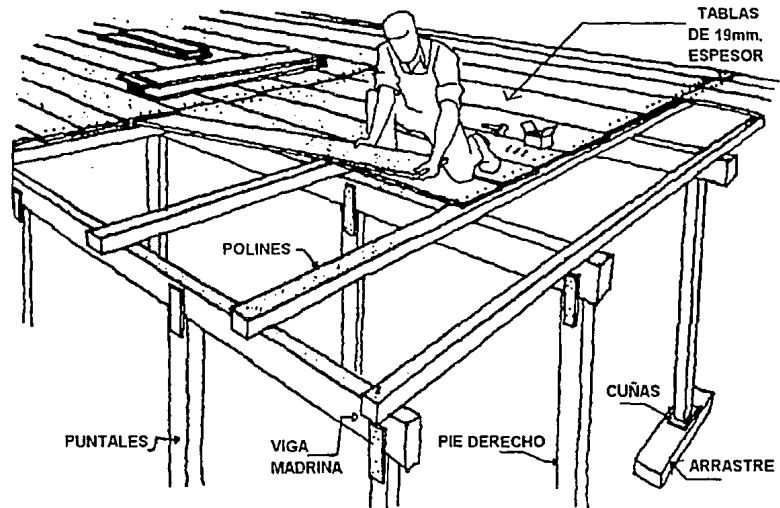
N°20.

La separación entre las varillas es el resultado del cálculo matemático de los esfuerzos a que va estar sometida dicha losa, cuando la losa es cuadrada, la separación entre las varillas será igual en los dos sentidos, las varillas se deben de amarrar en todos los cruces ortogonales con alambre recocido del N°18 o del



VISTA DEL ARMADO DE UNA CIMBRA DE MADERA.

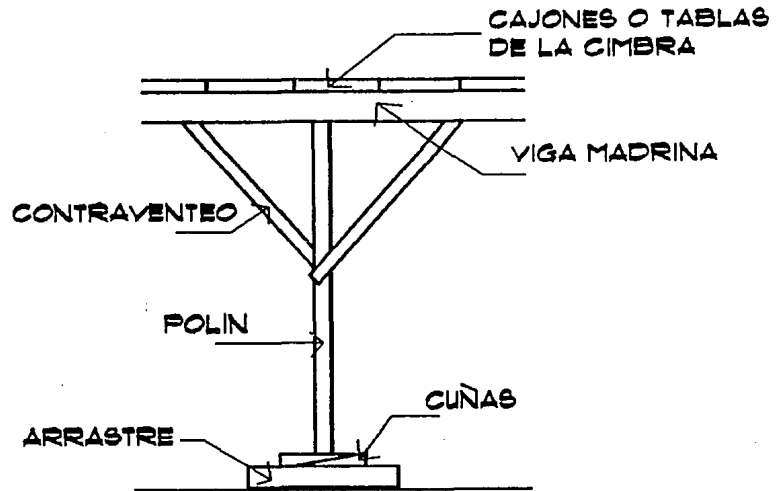
Manera de colocar la cimbra para un colado de una losa maciza de concreto, los pies derechos normalmente se separan a un metro a cada uno de sus lados, con las vigas maderas encima, ya que los cajones de cimbra miden 100 x 50 centímetros, o si se van a poner tablonces se les colocarán polines u otras vigas más pequeñas, en la parte superior de las vigas maderas para darle firmeza a las tablas.



Aquí vemos otro aspecto de una cimbra y sus componentes, la erección de la cimbra es similar para cualquier tipo de losa colada de concreto, con la salvedad de que en algunos casos habrá que calcular sus miembros pues pueden variar las cargas y sobre todo la altura de piso a techo, por lo que se tendrán que reforzar los elementos verticales llamados pies derechos o polines.

Es muy común utilizar cajones de madera para la cimbra en vez de tablas de madera, es más barato pues se pueden utilizar más veces excepto para los acabados aparentes.

Se muestran las partes de que consta una cimbra de madera.



Según la proporción del lado largo respecto a su lado corto las losas estructuralmente se llaman perimetrales o apoyadas en sus dos sentidos, estas se apoyan en sus cuatro lados cuando la relación de su lado mayor (largo) entre su lado menor (corto) es igual o menor a 1.6 veces.

Cuando ésta relación es mayor entonces se llaman apoyadas en dos lados opuestos, o apoyadas en un sentido aún cuando tengan muros o apoyos en los cuatro lados, el cálculo estructural de un tipo o del otro será diferente por sus características físicas de la relación de sus lados.

Relación de lados L/C	Carga en el lado Largo %	Carga en el lado Corto %
1-1	50	50
1-1.1	41	59
1-1.2	33	67
1-1.3	26	74
1-1.4	21	79
1-1.5	16	84
1-1.6	13	87
1-1.7	11	89
1-1.8	9	91
1-1.9	7	93
1-2	7	94

Si analizamos los porcentajes de carga con valores superiores a la relación de lados 1-1.6 veremos que para fines prácticos a una losa en estas condiciones se le considera apoyada en el sentido corto y en el sentido largo, solo se pone acero de refuerzo por especificación, para resistir los esfuerzos causados por la temperatura del fraguado y que no tenga fisuras el concreto, también se le llama cuantía a este porcentaje de acero de refuerzo.

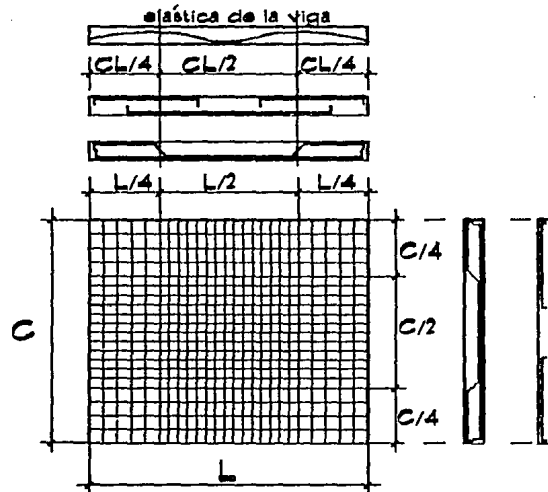
$$\pm 1\emptyset @ 3h$$

Siendo h el espesor total de la losa, lo cual quiere decir que la separación de las varillas por especificación, será de 30 centímetros para una losa con 10 cm. de espesor total de concreto.

CAPÍTULO D

La parte superior de la cimbra, la que va a estar en contacto con el concreto fresco, deberá aceitarse con diesel o aceite quemado para que la cimbra se pueda despegar con facilidad después de completada la fase de fraguado del concreto, y al despegarse completa, se pueda volver a utilizar en el siguiente colado.

Posteriormente al aceitado, se coloca el armado de las varillas según los cálculos estructurales, que normalmente sigue la distribución que se muestra, en las franjas centrales la separación de varillas es menor que la separación en las cuartas franjas extremas, marcadas como $L/4$ para el claro largo y en las marcadas como $C/4$ para el claro corto.



CAPÍTULO D

Las varillas tendrán una calzas para separarlas de la superficie de la cimbra que tiene aceite y para que pase el concreto debajo de ellas.

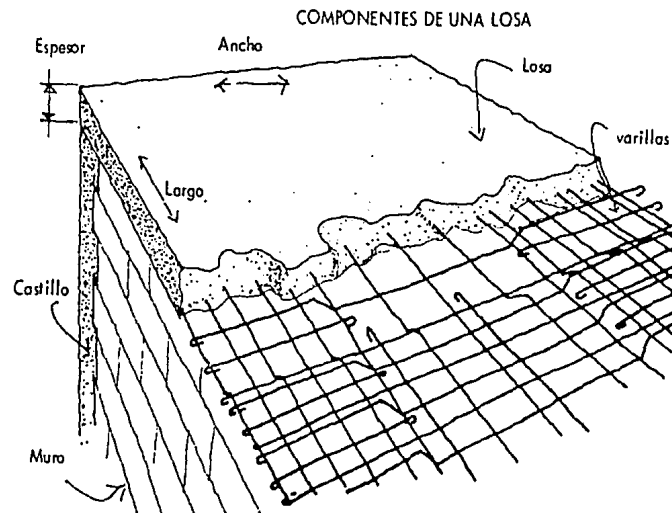
En las losas continuas hay que poner el refuerzo por arriba en la zona de los apoyos, ya que en ellos cambia el esfuerzo y se produce tensión en la parte superior que tenderá a fisurar el concreto, si no tiene refuerzo.

Es importante que las varillas no estén al ras de la cimbra ya que deben de estar por lo menos a 2.5 centímetros arriba de ella sin tocarla, para que al fraguar el concreto las deje recubiertas y que no se vayan oxidando por estar en contacto con el aire, y en las zonas húmedas y/o cercanas al mar, el



acero deberán de recubrirse por lo menos con 4, pero lo recomendable son 5 centímetros de concreto, para poder garantizar una buena calidad de trabajo y vida de la estructura en cuestión.

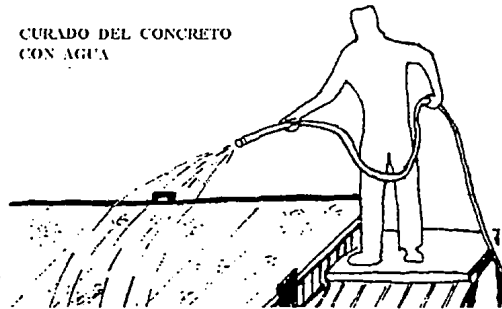
Las varillas se amarran en los cruces de las que van en el sentido corto de la losa con las que van en el sentido largo, como ya se dijo se hará con alambre recocido y con un amarrador hecho generalmente con un pedazo de varilla delgada al que se le hace gancho y manija. Estos amarres se tienen que hacer en cada cruce de varillas es decir no solo con las que forman la parrilla de la losa sino también con todas y cada una de las que se vayan encontrando en su camino para que se forme una parrilla completa, que permitirá que los esfuerzos a que está sometida toda la estructura se puedan transmitir a las varillas vecinas y también hagan trabajar al concreto a su máxima capacidad.



Al ir haciendo el colado de la revoltura sobre la cimbra, hay que "picar"

el concreto esto quiere decir que se utiliza un pedazo de varilla que se mueve de arriba hacia abajo continuamente, con el objeto de que penetre el concreto en toda la cimbra, sobre todo debajo de las varillas del refuerzo, o también se puede utilizar un vibrador mecánico aparato que se puede rentar para colados de cierta magnitud o de terminado aparente.

La revoltura deberá tener solo la cantidad de agua que se especifique para que no pierda la resistencia a la que fue calculado que trabajara, es importante recordar que la resistencia de un concreto está dada por la relación agua-cemento, entre más agua tenga la revoltura para una misma cantidad de cemento, el concreto resultante será más débil. También se procurará que las uniones de las tablas que forman el lecho bajo de la cimbra queden a tope para evitar el escurrimiento del agua de la mezcla si existen ranuras se taparán con tiras de madera o retacándolas con pedazos de papel, del que sobra de los bultos de cemento vacíos.



Todo colado de concreto se tiene que curar para que se obtenga la máxima durabilidad y resistencia del material, para proteger la inversión de

dinero que cada día es más fuerte, el curado significa que el concreto se debe de tener mojado o húmedo por lo menos unos siete días si es de fraguado normal o unos tres días si es de fraguado rápido y este curado sirve para que el concreto no pierda demasiado rápido el agua ya que esto lo hará más débil y con más fisuras, se empezará éste procedimiento unas tres horas después de haber terminado de colar.

Se puede rociar con agua directamente, o se le coloca una capa de arena encima y ésta es la que se mantiene húmeda con riegos como sean necesarios, según el clima de la zona, también se pueden encontrar varios productos industrializados para curar el concreto.

La cimbra se quitará aproximadamente a los 15 días después de hacerse el colado o cuando ya haya fraguado el concreto.

Este tipo de losas aún cuando son económicas para claros cortos, para claros largos ya nó, no proveen una función adecuada en ciertos casos, llevan mucho refuerzo en proporción a las cargas, vibran con el movimiento de las personas que circulan por ellas, en realidad son problemáticas en los climas extremosos ya que como aislante térmico sus cualidades dejan mucho que desear ya que son muy calientes en verano y muy frías durante el invierno, por lo que este tipo de cubiertas deberán estar protegidas contra los directos rayos del sol, o el frío de la noche, ya sea con un relleno o con algún aislante y luego su acabado final.

Las losas macizas de concreto son adecuadas para claros hasta de

4.50 ó 5.50 metros como máximo y que las cargas no sean muy fuertes, normalmente su uso se deja para construcciones de casas habitación, y en donde las cargas son de tipo industrial y de mayores claros, entonces se considera otro tipo de sistema.

6.- LOSAS NERVADAS.

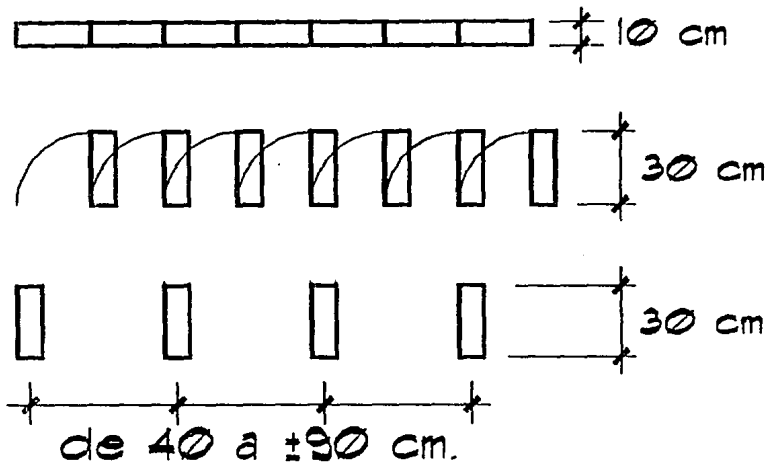
Al llegar a necesitar claros mayores de los que se pueden salvar con las losas macizas de concreto, es decir mayores de 5.50 metros, es necesario pensar en otro sistema constructivo, este otro sistema que podría tener las mismas ventajas del concreto, sobre todo la moldeabilidad del material, sería el de las losas nervadas que por su geometría nos solucionan unos mayores claros con menos vibraciones y mejor aislamiento térmico y acústico, lo cual nos permite utilizarlas en ciertas construcciones cuyas plantas arquitectónicas quedarían más libres de columnas, como los edificios de estacionamientos, centros comerciales, oficinas, etc.

Esta tipo de losas también las podemos clasificar en apoyadas en un sentido o en losas apoyadas en dos sentidos, este concepto es válido en muchas de las cubiertas que normalmente vemos.

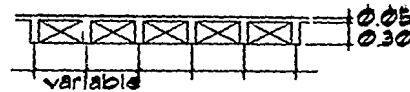
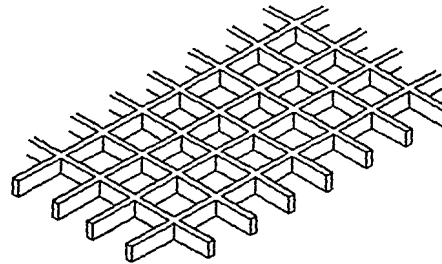
Si vemos el alzado lateral de una losa maciza de 10 cm. y nos imaginamos que podemos cortarla en franjas en toda su longitud y levantamos esas franjas una a una y las vamos espaciando, entonces tendremos el principio de una losa nervada apoyada en un sentido, ésta es de alguna manera la versión moderna y tecnificada del sistema de vigas de madera y

bóveda plana de ladrillo.

Los claros entre las nervaduras se pueden separar según el material con que se cuente, pero es normal tener un espaciamiento de 40 a 90 y a veces más centímetros.



En el otro sentido podemos hacer lo mismo y entonces tendremos una losa que tiene unas pequeñas traveses que forman un entramado por lo que se les llama también losas nervadas, y que estará este entramado apoyado en dos sentidos, lo que nos permite salvar claros de una manera relativamente económica hasta de unos 9.00 a 10.00 metros aproximadamente. La economía radica en la relación espacio libre logrado y el costo.

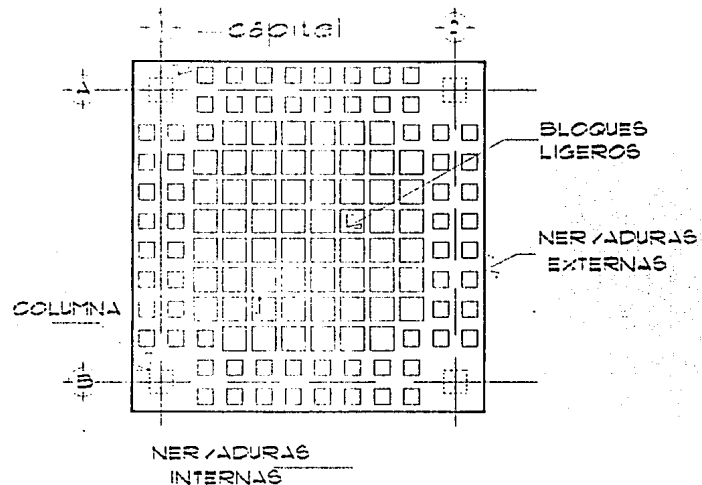


DIFERENTES TIPOS DE BLOQUES



Los huecos que quedan entre estas nervaduras se pueden rellenar con bloques ligeros de cemento fabricados especialmente para este fin, o con bloque de espuma de poliestireno la cual tiene hasta un 97% de aire en volumen ya que pesa alrededor de 17 Kg./m³, o las formas de fibra de vidrio las cuales son recuperables, le quitan kilos de carga muerta a la estructura, y se pueden usar muchas veces, dejando unos huecos visibles en las losas de muy buen aspecto, y que además con una buena mano de obra estas losas se pueden dejar con el acabado aparente pudiéndose terminarlas con unas manos de pintura, o con firol.

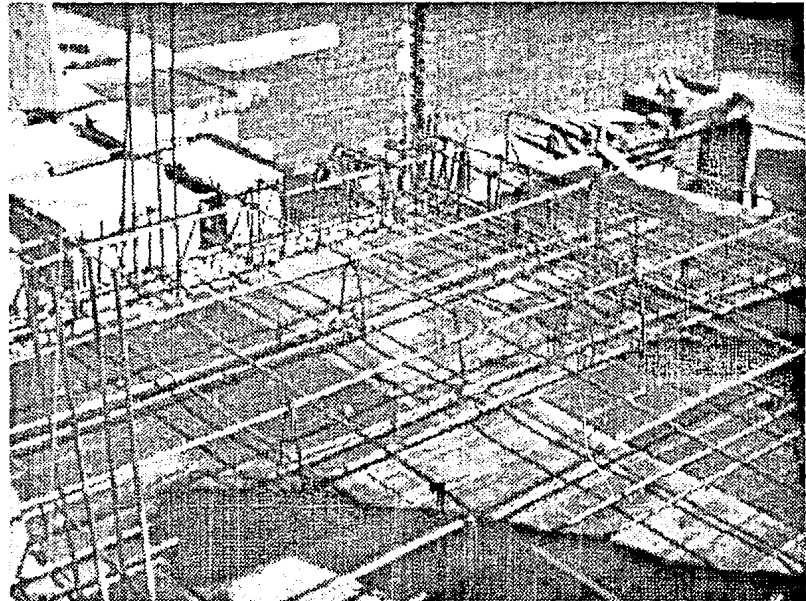
Para darle la rigidez necesaria es indispensable colocar en la parte superior de las nervaduras, una capa de compresión de 5 cm. de concreto de buena calidad con un armado de malla electrosoldada, o de alambrcn de 6 mm. de diámetro para que la losa trabaje a toda su capacidad, pero si la losa tiene mucha carga como la de un estacionamiento, habrá que calcular el esfuerzo entre nervadura y nervadura como si fuera una losa maciza de concreto y quizá vaya a tener un espesor mayor de los 5 centímetros que se mencionan.



También se puede utilizar cuando por la lejanía del lugar en donde se está construyendo solo se consiguen los tabiques comunes y los tabicones de

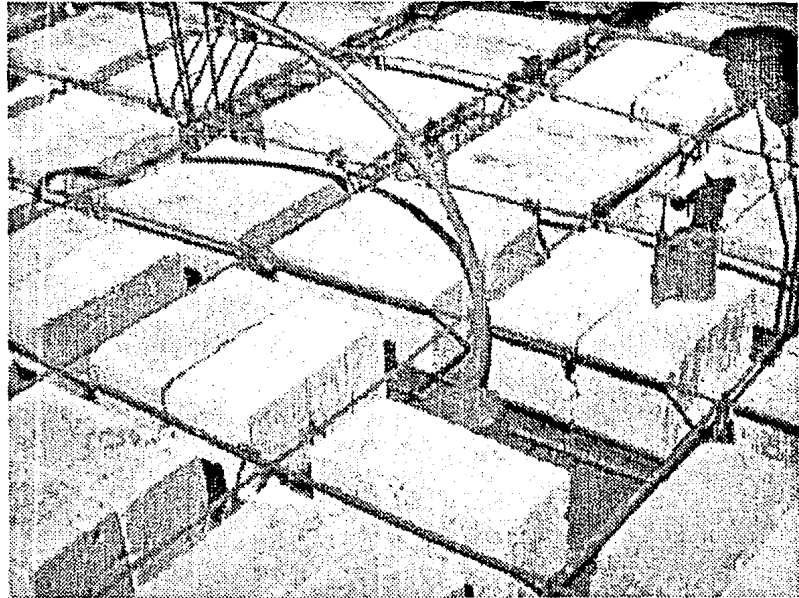
CAPÍTULO D

cemento, se usarán los más ligeros posibles, de los cuales hay que conocer su peso para la consideración de las cargas a soportar.



En esta fotografía se puede notar el armado de las nervaduras que en conjunto formarán el entramado de una losa nervada para una casa habitación, aún cuando los claros no son muy grandes, losas de alrededor 4.00 x 3.70 metros, se prefirió este sistema por las ventajas que tiene respecto

a la transmisión de ruido, y por que así lo pidió el futuro usuario.

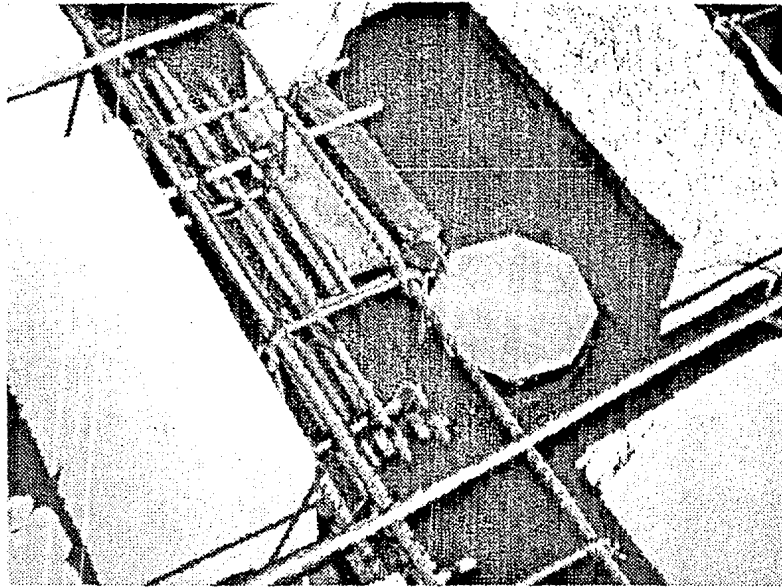


Aquí en esta parte de la losa, ya se colocaron los bloques ligeros de concreto entre cada una de las nervaduras dejando entre cada par de bloques, la dimensión que determinó el cálculo estructural para poder vaciar el concreto, el tubo que se aprecia casi al centro de la toma, es el poliducto para la instalación eléctrica, que sale de la caja para el spot y continuará entre las nervaduras a su correspondiente apagador y/o circuito eléctrico.



En esta otra toma de la losa, se ve que falta alinear los espacios para las nervaduras entre los bloques.

Es importante que la sección de cada una de las nervaduras sea la especificada, además que esta sección debe ser continua para que no cambie de dimensiones en su longitud y por lo tanto que se transforme en una pequeña trabe de sección variable, cuyo cálculo sería diferente que el normalmente es considerado.

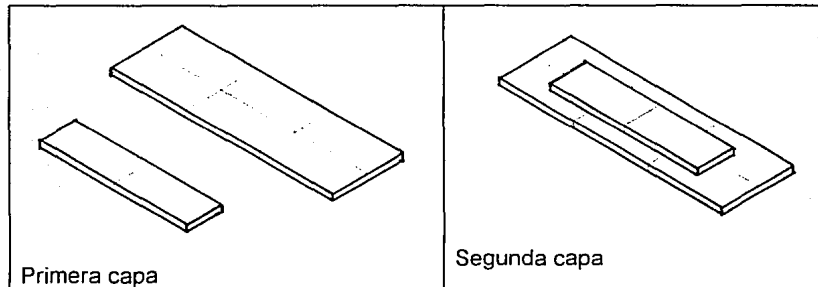


Acercamiento en donde se localiza una de las cajas para un spot de la instalación eléctrica, el espacio del bloque faltante se rellenará con tabiques de barro recocido o bloques ligeros de cemento, recortados para llenar el hueco, pues generalmente no se consiguen mitades de las piezas de bloc para solucionar estos casos que se presentan con las instalaciones ya sean eléctricas, hidráulicas o sanitarias.

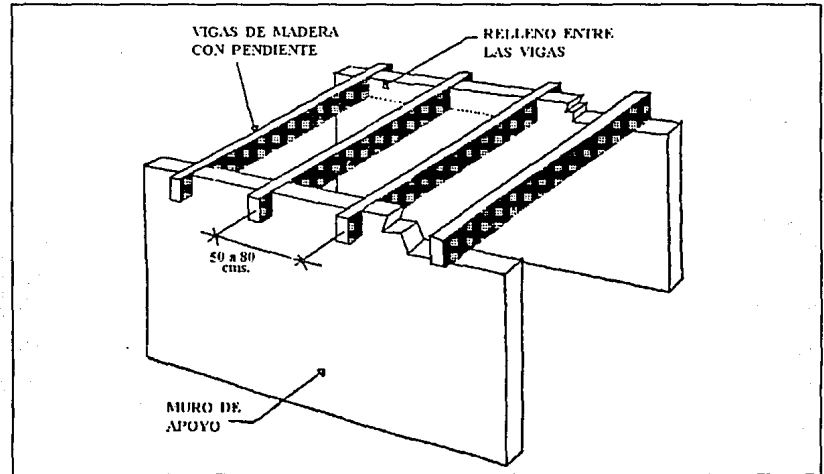
7.- SISTEMAS DE LOSAS PREFABRICADAS.

7.1.- Ladrilosa, este es un sistema bastante ingenioso que en realidad viene siendo una cubierta de ladrillo, con la ventaja de que los claros ya están definidos entre viga y viga en 70 centímetros de centro a centro -pero pueden ser de otras medidas, de 50 a 80 cm. generalmente- y además las piezas se hacen en el piso, se pueden almacenar y después colocar como piezas prefabricadas con bastante rapidez en su lugar.

El primer paso es hacer en el piso, sobre una plataforma hecha de concreto pobre y a nivel, una pieza de seis ladrillos comunes de barro recocido, pegados con mortero de cemento y arena, se puede utilizar un poco de cemento blanco para que la junta quede aparente y sea agradable a la vista, sobre esta primera capa se colocan otros dos ladrillos también pegados con mortero con la precaución de que queden cuatrapeados sobre las juntas de los ladrillos de la primera capa.



Posteriormente se irán colocando sobre las vigas de madera como unidades prefabricadas, con la conveniencia de que se puede ir elaborando mientras se levantan los muros y se colocan las vigas, en la segunda capa

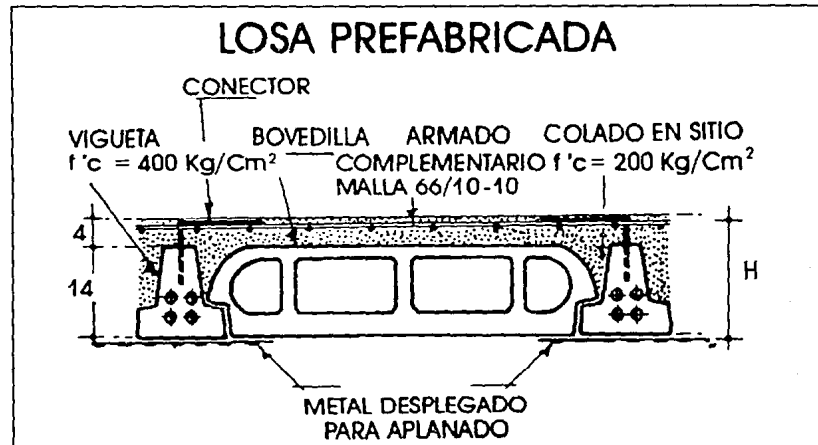


quedarán partes sin ladrillo que se irán completando para terminar como una losa de dos capas completas, encima de las cuales se puede colar un entortado de mortero, pudiendo darle un acabado de teja de barro, si el clima es extremo es posible colocarle antes del entortado unas placas del material que se conoce como unicel de unos tres o cuatro centímetros de espesor y encima el entortado e impermeabilización para protegerlo del agua de lluvia.

CAPÍTULO D

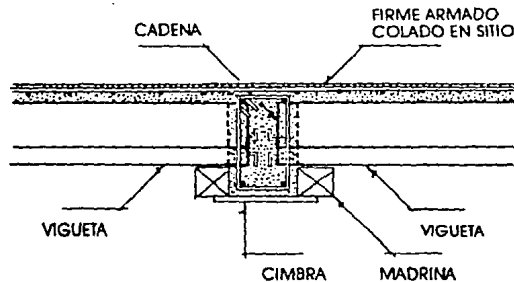
Como ya se dijo, los claros más comunes entre viga y viga son de 70 centímetros, pero dependerá del tamaño de los ladrillos que se consigan en el lugar donde se haga la construcción, su terminado al interior, es como el de una bóveda catalana plana.

7.2.- Vigueta y Bovedilla, este es un sistema que consiste en unas viguetas como elementos estructurales de concreto reforzado de alta resistencia con una fatiga de $f'c = 400 \text{ Kg/cm}^2$ y como varillas, torones de



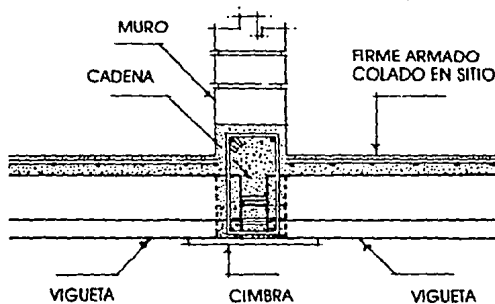
presfuerzo de 6 mm. de diámetro de una $f_s = 17,500 \text{ Kg/cm}^2$ a las cuales se les agrega una bovedilla de concreto de peso medio entre vigueta y vigueta, de 35, 45, 55 ó 65 cm. de largo, dando unos claros en los entre ejes de 50, 60, 70 y 80 cm. respectivamente.

Tiene por característica una veniaja, la de eliminar la cimbra para el total de la losa, solo se necesitan hacer trabajos de cimbrado en los colados de las trabes que soportarán las viguetas y en algunos volados o detalles especiales como a continuación se muestran.



Cimbra para la conexión de dos de las viguetas en una trabe intermedia, en la cual los polines sirven como cachetes del colado.

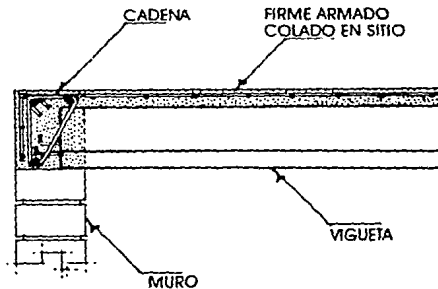
Detalle utilizado en un muro que no va a tener puertas.



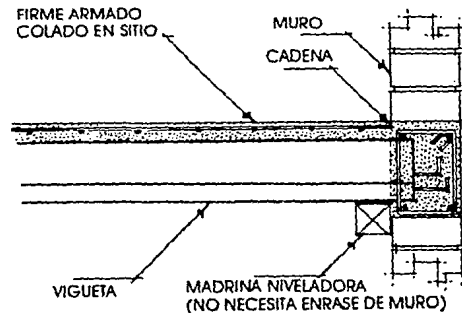
El mismo tipo de conexión pero con la trabe invertida para soporte de un muro en la parte superior de la losa.

CAPÍTULO D

Este detalle es uno de los más utilizados en el sistema, pues la que está marcada como cadena se tiene que armar en todas las partes de la construcción en donde se van a apoyar las viguetas, dando lugar que con esta cadena se logren salvar los pequeños claros como los de las puertas y de algunas ventanas.

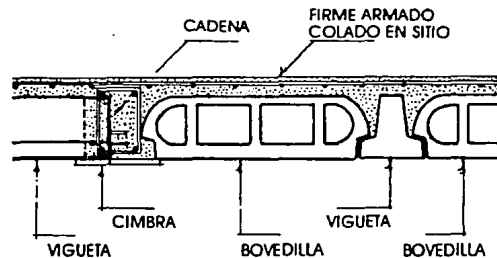


Sistema de apoyo de las viguetas sobre un muro de carga y sobre los pequeños claros de una construcción.



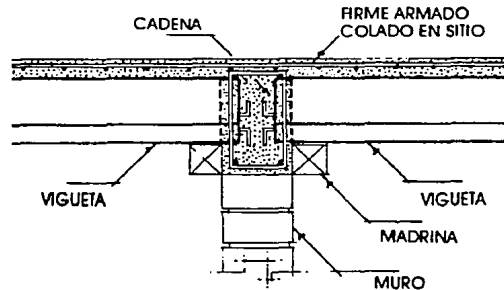
Apoyo de las viguetas, cuando el peralte de la dala de apoyo es mayor que el peralte calculado de la losa prefabricada. Con este detalle constructivo, se logran soportar unos claros mayores sobre todo sobre ventanas más grandes.

Detalle de la losa, en donde la parte izquierda es un corte longitudinal y se ve la vigueta de lado, y la parte derecha es un corte transversal, en donde aparecen las viguetas y las bovedillas de frente.



Cambio de dirección en la colocación de las viguetas por así convenir al armado de la losa para el diseño de que se trate.

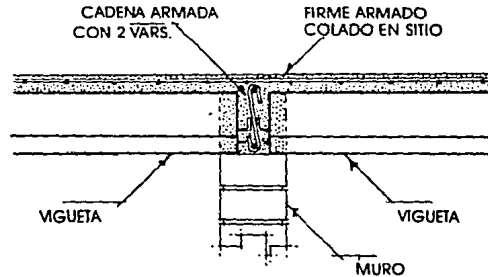
Corte de la losa sobre un muro de apoyo, con la intención de poder salvar algún claro que corte la continuidad de apoyo de la cabezas de las viguetas sobre el muro que puede ser de tabique o de bloc de cemento.



Para lograr el colado se utilizaron en este detalle una vigas denominadas madrinas que pueden ser si así lo permite el peralte de la trabe, unos polines de 10x10 cm.

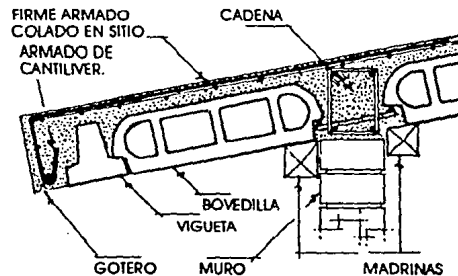
CAPÍTULO D

Detalle parecido al anterior, pero en este caso la cadena de apoyo para las viguetas es del mismo peralte que el del total de la losa.



Los firmes se cuelan posteriormente a la colocación de las viguetas y de las bovedillas.

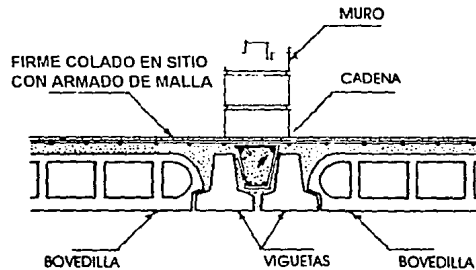
Este detalle es muy importante en las construcciones en que se necesiten volados para proteger las ventanas y o muros de la lluvia así como de la excesiva radiación solar en caso de encontrarse localizados los edificios en zonas cálidas.



Se puede extender los volados dos bovedillas con los debidos apoyos en los extremos de las viguetas que las van a sostener.

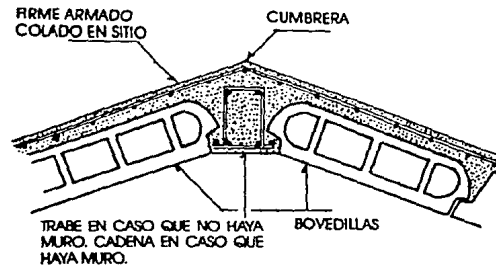
CAPÍTULO D

En el caso en que se pueda substituir alguna trabe colada en el sitio por dos viguetas, se puede utilizar este detalle, en el que entre las dos viguetas se colará un refuerzo de varillas, armado según lo especifique el fabricante al dársele las cargas de trabajo.



Corte transversal a las viguetas, en donde se va a colocar un muro en medio del claro en la parte superior.

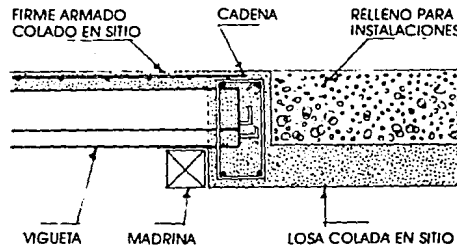
Detalle para la cumbrera de dos losas inclinadas, encima del firme colado en sitio, se colocará el impermeabilizante y el acabado final que puede ser teja o ladrillo de barro recocido.



En la trabe o cadena de la cumbrera es importante dejar bien colocadas todas las bovedillas, para que no queden mal niveladas respecto al plano de la losa.

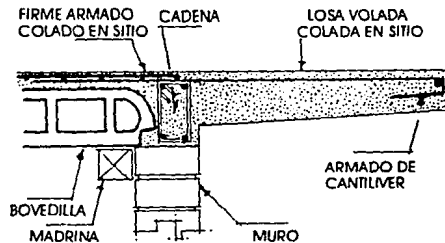
CAPÍTULO D

Cuando es necesario hacer un cambio en el sistema de losas, como la localización de una zona de servicios que necesite instalaciones hidráulicas y sanitarias, se puede recurrir a la siguiente solución.



Esta propuesta permite alojar las diferentes instalaciones hidráulicas y sanitarias sin molestar la estructura de las viguetas y bovedillas.

En caso de requerirse un volado y se prefiera hacer como losa maciza de concreto, habrá que colocar acero de refuerzo en la parte superior del volado, pero que se prolongue en el firme colado en sitio sobre la bovedilla, por lo menos 1/2 de la longitud del volado.

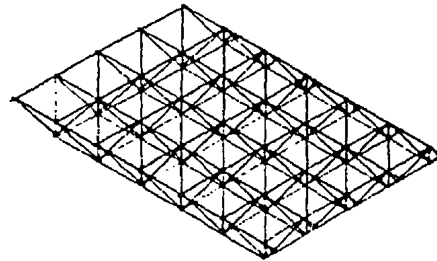


Solución que permite el juego de volúmenes y sombras en las fachadas, para no dejar el sabor de una construcción tipo caja.

8.- OTRO TIPO DE CUBIERTAS.

Existen variados sistemas para las cubiertas, y prácticamente cada uno de ellos tiene una función específica en su uso, uno de los más favorecido últimamente, es el de las estructuras espaciales, llamadas así porque forman un entramado en tres dimensiones con las cuales se pueden salvar grandes claros a costos muy razonables y con diversidad de formas, desde planas horizontales, inclinadas y curvas con varias modalidades.

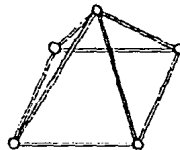
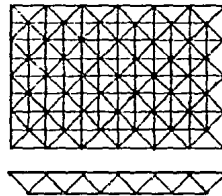
ESTRUCTURAS ESPACIALES



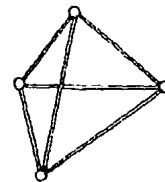
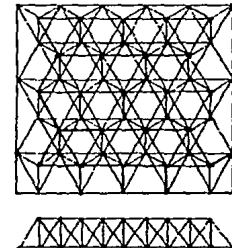
Estas estructuras tienen básicamente dos formas como las que a continuación se muestran, las de trama cuadrada y las de trama triangular, y son fabricadas en diferentes materiales como aluminio, acero y madera, teniendo unas uniones en los vértices de sus miembros con unos módulos especiales patentados según el fabricante.

Con estas cubiertas se pueden tener amplias áreas sin columnas interiores lo que le dan mucha flexibilidad al diseño arquitectónico, por su ligereza en comparación con otros sistemas, presentan ciertas ventajas en caso de sismo.

TRAMA
CUADRADA

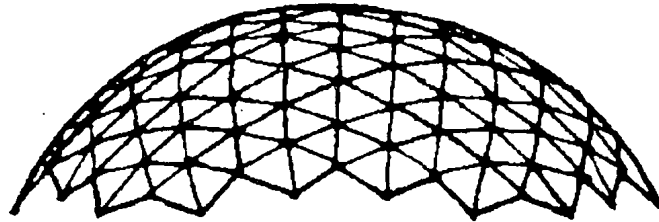


TRAMA
TRIANGULAR



Planta corte y detalle de dos de las tramas más utilizadas en las construcciones con este tipo de cubiertas.

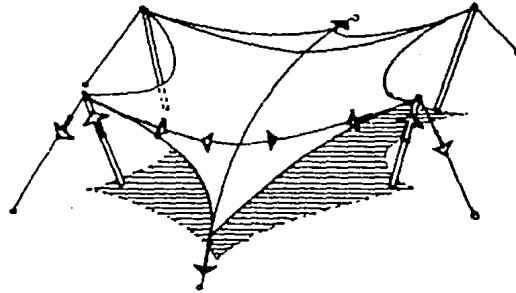
Las estructuras de Buckminster Fuller, son una muestra de cubiertas curvas como casquetes de esfera.



DOMO GEODÉSICO

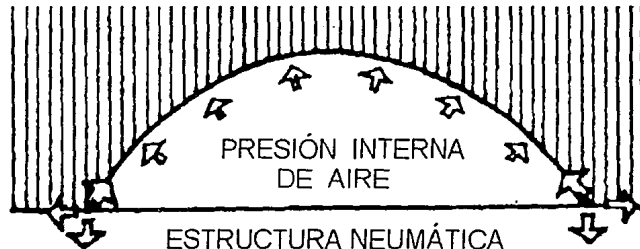
Con estas estructuras se tienen espacios interiores muy amplios y sin columnas lo cual las hace una buena opción para lugares de espectáculos o para el deporte como albercas y canchas de basket ball o de gimnasia, tienen la particularidad de escurrir el agua de lluvia sin problemas hacia los bordes de la cubierta, sin tener que pensar en bajadas de agua pluvial, solo teniendo el cuidado de proveer el drenaje suficiente en las plataforma en donde descarga.

Las estructuras de membrana nos recuerdan y con mucho, las tiendas de lona o de nylon que se utilizan para salir a acampar, y tienen esa misma característica, de que se pueden considerar cubiertas temporales pues de alguna manera su superficie no es tan durable como si fuera de otro material como el concreto o el acero. Se construyen a base de elementos verticales, unos tensores que se anclan en el piso, y la cubierta propiamente dicha.



ESTRUCTURA DE MEMBRANA

Su uso, y también el de las estructuras neumáticas, está dirigido un poco a los pabellones de las ferias, y cubiertas provisionales para diferentes clases de espectáculos, así como para lugares de recreo.



ESTRUCTURA NEUMÁTICA
SOPORTADA POR PRESIÓN
DE AIRE INTERNA

FACTORES DE DISEÑO AMBIENTAL.

OBJETIVOS GENERALES.
Al terminar de estudiar este documento el alumno deberá ser capaz de:
1.- Comprender que ciertas condiciones físicas del medio ambiente pueden ayudar a crear un espacio confortable.
2.- Analizar los elementos climáticos existentes para poder diseñar conforme a él.
3.- Obtener por medio de la gráfica solar la posición del sol en una fecha dada.
4.- Obtener por medio del método matemático los ángulos solares necesarios.
5.- Conocer cuales orientaciones son las más recomendadas para diversos locales de un diseño específico.
6.- Calcular la transmisión de calor al interior de las construcciones, de diferentes tipos de materiales.
7.- Poder analizar con mayor detalle el uso de tragaluces y ubicación y forma de ventanas.

La historia de la vivienda y el abrigo ha sido una búsqueda sin fin, por nuevas y mejoradas ideas en materiales y métodos de construcción.
Anónimo.

1. -PRÓLOGO.

El título Factores de Diseño Ambiental, puede parecer muy pretencioso por lo que aparentemente puede significar, pero en realidad de lo que se trata en este capítulo es de comentar sobre las ideas básicas de diseño de nuestros antepasados, si nosotros observamos detenidamente la arquitectura de diferentes partes del mundo veremos que las construcciones son diferentes por las características de los materiales y las costumbres de cada pueblo, pero las adaptaciones de los lugares de climas semejantes nos muestran unos diseños muy parecidos, lo cual a mi manera de ver significa que son diseños hechos con sentido común, y como se dice, el menos común de los sentidos.

Los humanos según creemos, estamos en la tierra desde hace mucho tiempo, pero cuanto es ese mucho tiempo, hasta antes de lo que llamamos tiempos modernos aún los científicos de esa época tenían la creencia que la tierra y los humanos teníamos solo seis mil años de habitar el planeta, muchas cosas se dijeron durante muchos años, pero en 1896 se descubrió la radioactividad, y se encontró que ciertos átomos eran inestables y que se rompían o se degeneraban a una velocidad fija, lo cual se podía medir y daba campo a poder determinar la edad de las cosas.

En 1907 Bertram B. Boltwood, sostenía que las piedras o rocas que contenían uranio también contenían plomo. Y que de estas proporciones de uranio y plomo, se podía calcular que cantidad de uranio se había degenerado

y transformado en plomo, por lo tanto se podía determinar la edad de la muestra de roca en cuestión.

Claro es, que con el tiempo se fueron mejorando las técnicas de calcular la edad de las cosas, se descubrió que los Homínidos, nuestros ancestros, y las ramas colaterales del hombre moderno, los Homo Sapiens por los restos de sus huesos hallados, dijeron que estos tenían una edad de alrededor de 500,000 años, claro que antes de que ellos existieran, existió el Homo habilis lo cual hace que las fechas de ancianidad de la humanidad encontradas por medio de la técnica de termo - luminiscencia los llevaron cercanamente a los 900,000 años de edad.

En 1974 Donald Johanson antropólogo norteamericano descubrió enterrado un esqueleto completo de un australopiteco femenino al cual le dieron el nombre de Lucy y cuya antigüedad de enterrado se determinó en unos cuatro millones de años, por las pruebas de edad de las rocas en donde lo encontraron, Lucy era del tamaño de un chimpancé y de compleción esbelta, sus contemporáneos debieron de tener unos 90 y quizá 120 centímetros de estatura y tenían un peso de alrededor de 30 kilogramos al tener estas características se cree que posiblemente su hábitat eran los árboles más que el suelo en donde de hecho ya podían caminar erectos.

Indudablemente creemos que hubo especímenes más antiguos y ahora en nuestros tiempos nos parece razonable pensar que las especies que dieron origen a la raza humana, poblaron la tierra desde hace unos cinco millones de años.

La habilidad de hablar y hacer una complicada mezcla de sonidos para comunicar información e ideas parece que surge solo desde hace unos 50,000 años. Ya que, aún nuestros parientes más cercanos los grandes monos, no están anatómicamente equipados para poder hablar.

En 1879 el arqueólogo español llamado Marcelino de Sautuola estaba excavando en una de las cuevas en Altamira al norte de España cuando su pequeña hija que tenía unos doce años descubrió unas pinturas en el techo de la cueva y gritó "toros, toros" las cuales resultaron ser un conjunto de figuras de bisontes, venados y otros animales pintados en rojo y negro probablemente dibujados hace unos 20,000 años antes de Cristo, no se sabe con que intención, tal vez con fines de una mejor cacería, o quizá, ¿como una expresión primaria de arte?

Es de suponer que cada uno de los grupos humanos que nos antecedieron buscaron para su refugio, lugares que a través del ensayo y error fueron cumpliendo con sus necesidades específicas de abrigo según el lugar y el clima que iban teniendo por las diferentes estaciones del año.

Este tipo de búsqueda de los mejores espacios para su alojamiento con el tiempo y con los avances tecnológicos para construir las moradas se fue dando poco a poco en lograr cierta o mucha comodidad para habitarse, esta comodidad es lo que se ha dado en llamar ahora, la *zona de confort ambiental* por supuesto que este concepto ha sido tomado de una manera muy amplia por mucho tiempo, se han discutido y enumerado hasta 15 factores que afectan la estadía placentera de los usuarios en diferentes tipos de

construcciones, en estas discusiones se ha llegado a mencionar como factores de confort, la estética, la acústica, los olores de los materiales y los colores en los edificios.

2.- CONCEPTOS BÁSICOS.

A pesar de que las poblaciones de humanos pueden sobrevivir en casi todos los climas por extremos y duros que sean, el cuerpo humano se siente cómodo en un relativo pequeño rango de condiciones térmicas.

Ha habido muchos intentos de definir precisamente cuales son estas condiciones, pero han resultado ser más complejas de lo que al principio aparentaban ser.

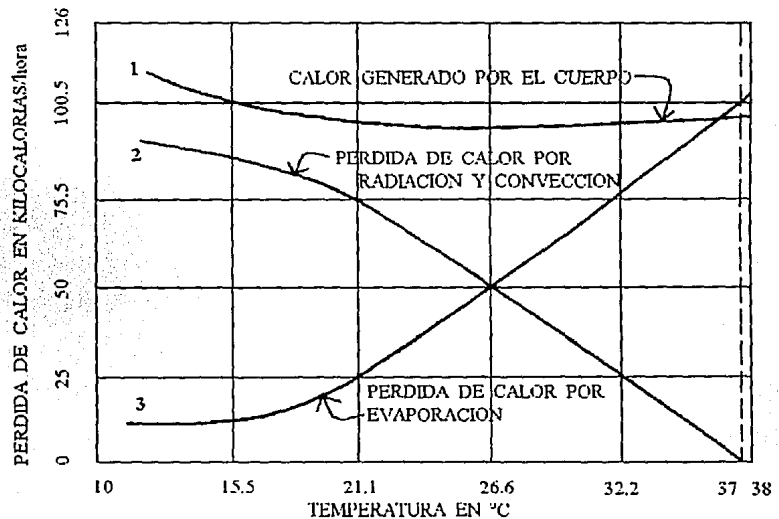
En primer lugar, existe una diferencia en las variaciones de sentir este confort, por la edad, así como por la diferencia racial y por la cultura de los individuos. La temperatura y la humedad son unos factores críticos, pero también hay otros como el movimiento del aire que es necesario para evitar el "aire viciado" y sin lugar a dudas también hay que tratar el asunto del aire contaminado.

La calidad del aire también afecta el sentido del confort térmico, y otros factores relacionados al mismo, como la presencia de un alto porcentaje de iones negativos con respecto al de los positivos, la radiación electromagnética, así como los contaminantes del aire, siendo todos ellos factores que no han tenido suficiente atención, y en suma, la percepción de

nuestro medio ambiente interno, es la mezcla de estos variados estímulos y de otros más.

El cuerpo humano necesita mantener una temperatura promedio de 37°C para que funcione normalmente. El calor es producido por un proceso metabólico del organismo y este calor debe ser disipado si se desea que se conserve el cuerpo a esta temperatura.

TABLA DE LAS RELACIONES ENTRE EL CALOR DEL CUERPO Y LAS PÉRDIDAS DE CALOR.



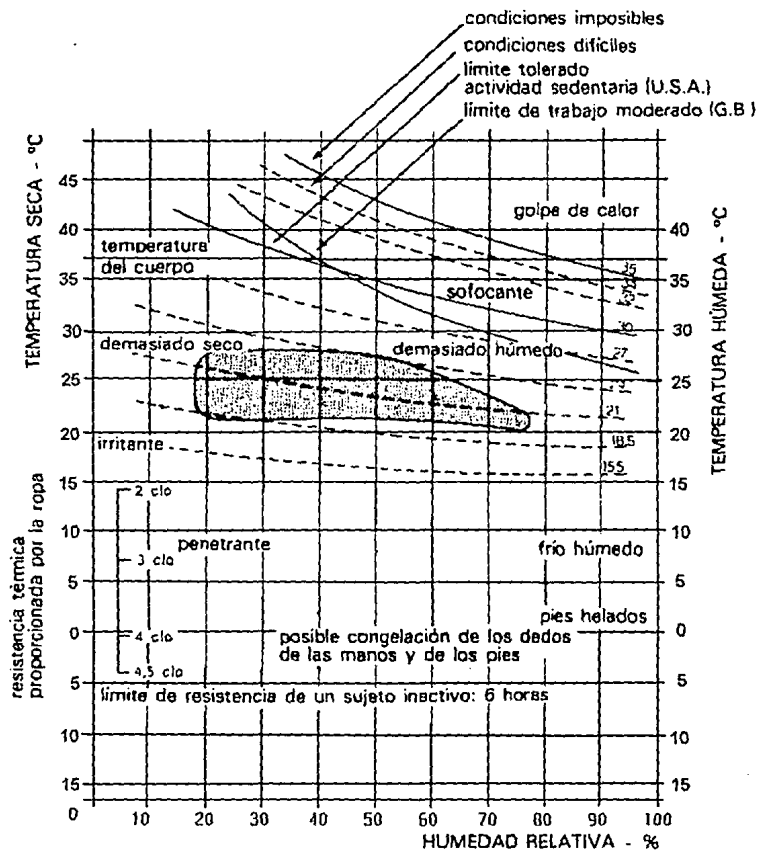
El cuerpo normalmente pierde por radiación, el 45% de este calor producido, el 30% por convección y el 25% por evaporación, entonces, para estar térmicamente cómodo, estos tres factores deben de estar en equilibrio, a pesar de que se puede regular las pérdidas o ganancias de calor con el uso de otra ropa "la segunda piel", el cambio de actividad, o el cambio de lugar, estos tipos de control son limitados, ya que en realidad no pueden conservarse bajo severas condiciones de temperatura, para ello es necesario la función de los edificios, a los que se les ha llamado la "tercera piel".

Esta zona tiene unos límites que varían de persona a persona y de un grupo humano a otro grupo humano y a lo que las personas se van aclimatando con el tiempo.

¿Pero cual es este balance de los factores climáticos que permiten a los sistemas del cuerpo de regulación térmica, que trabajen apropiadamente y que permiten que uno se sienta cómodo? No es preciso, pero se puede determinar una zona bastante aproximada que cubra la mayoría de las necesidades físicas de las personas, del grupo que se trate.

Aparte de las diferencias de como sentirse a gusto, entre los individuos, se ha llegado a considerar unos rangos de temperaturas y de humedad que se conocen como "zona de confort", a la que mucha gente considera como placentera, esta zona tiene una temperatura de 18°C a los 24°C, que varía con la humedad relativa, que debe estar entre el 20 y el 75% y entre más alto es el porcentaje de humedad, menos temperatura del aire se necesita para que se sienta uno en un ambiente de comodidad.

ZONA DE CONFORT TÉRMICO SEGÚN OLGYAY



2.1.- FISIOLÓGIA TÉRMICA DEL CUERPO HUMANO.

Los organismos humanos constituyen un sistema de térmico que para que funcionen correctamente necesitan que se mantenga una temperatura interna de alrededor de 37 grados centígrados, si esta temperatura varía se modifica la eficiencia, y la temperatura se tiene que mantener a través del combustible para el cuerpo que son los alimentos, aparte de la cantidad de calor que proporciona el medio ambiente.

Independientemente de esto, la temperatura del cuerpo no es uniforme podemos decir que es más baja de estos 37⁰C en las extremidades como los pies, a pesar de que la circulación sanguínea es la que contribuye a uniformar la temperatura interior del cuerpo.

Los procesos bioquímicos internos de los alimentos generan la energía térmica conocida como "calor metabólico" este calor es producido por la "máquina" del cuerpo, aún cuando la actividad física está reducida al mínimo, y como todo exceso de calor debe ser disipado para el correcto funcionamiento del organismo, se debe hacer notar que toda actividad muscular diferente a la del estado de reposo aumenta considerablemente la cantidad de calor que el cuerpo necesita disipar, el sudor producido por una actividad como correr, es uno de los mecanismos que tiene el cuerpo para disipar este calor metabólico.

El rendimiento termodinámico o la eficiencia de nuestro organismo de transformar la energía recibida por medio de los alimentos en energía

CAPÍTULO E

mecánica es del orden del 20 al 25 %

Intercambio térmico global del cuerpo humano con su entorno.

Tabla de producción de calor metabólico, según la actividad de la persona.

ACTIVIDAD	DISPERSIÓN EN WATTS.
INACTIVIDAD.- Individuo Dormido	70
Acostado Descansando	75
Sentado Inactivo	120
TRABAJO LIGERO.- Sentado Con Movimiento Liger De Brazos Trabajo De Oficina.	130-160
Sentado Con Movimiento Liger De Extremidades, Manejando Un Automóvil o De Pie Con Trabajo Liger De Brazos.	160-190
TRABAJO MODERADO.- Movimiento De Brazos Con Mayor Intensidad y Movimiento De Tronco y Piernas, o De Pie Con Trabajo Liger Con Algún Desplazamiento.	190-230
De Pie, Con Trabajo Moderado y Con Desplazamiento.	220-290
Levantamiento y Transporte De Pesos Moderados.	290-400
TRABAJO INTENSO.- Levantamiento y Transporte Intermitente De Grandes Pesos.	430-600
Trabajo Físico Más Rudo y Continuado.	600-700
Trabajo o Actividad Muy Pesada, En Cortos Períodos De Tiempo.	1500

Los mecanismos que se mencionan a continuación y que son los habituales de transmisión térmica, se encuentran en diversa influencia y valor relativo en la interacción del cuerpo humano con su entorno;

a) Por conducción, la piel por medio del contacto con el aire, muebles, con la ropa, o con cualquier otro objeto, puede perder o ganar calor según sea el caso en que la temperatura de la superficie de contacto sea más alta o más baja que la de la piel.

b) El aire calentado por la piel, se desplaza por disminución o aumento de su densidad, por lo que se produce el movimiento llamado de convección.

Entre estos dos factores mencionados, el individuo en condiciones favorables y en reposo, por dispersión metabólica tendrá alrededor de un 30%.

c) Radiación. Que es el fenómeno en el cual la piel irradia calor, siempre en la longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, y por la superficie en metros cuadrados de la piel del cuerpo, que es alrededor de 1.80 m² en un individuo de 1.70 metros de estatura y unos 75 kilogramos de peso, el porcentaje de dispersión puede ser del 45%.

d) Evaporación. Por el producto de la evaporación por sudor, será el resto, que es el 25%, del total de la disipación térmica.

Pero el organismo humano tiene unos recursos para la regulación del exceso de la temperatura en el cuerpo, estos son por ejemplo; la sudación en el cual las glándulas sudoríferas humedecen la superficie de la piel, para que se evapore el líquido y baje la temperatura de la epidermis, siempre y cuando que el aire que esté en contacto con la piel no se encuentre saturado, pero además no toda la superficie del cuerpo segrega líquido en la misma cantidad, lo mismo sucede con cada individuo.

Un adulto que sude mucho puede producir continuamente la cantidad de un litro de líquido por hora, en casos de actividad física fuerte, y la cantidad de sudor puede llegar a ser de 2.5 litros por hora, aunque la actividad que la produzca, tendrá que ser por un tiempo muy limitado.

El sudor en condiciones muy favorables de confort, no se hace visible sobre la superficie de la piel aún cuando continuamente el organismo del individuo esté desalojando líquido, a un ritmo que se puede considerar como promedio de unos 100 mililitros de agua por hora - entre la respiración y el sudor de la piel- sin que exista una actividad física muy notoria.

El ritmo respiratorio, es otro elemento de termo regulación, y hace que el aire que inhalamos se caliente, en el interior de los pulmones, si su temperatura en el exterior es inferior a los 37 grados, y se humidifica en el interior de los pulmones, si su humedad relativa exterior es inferior al 100%.

El cuerpo disipa de este modo, una pequeña cantidad del calor metabólico, y se estima que el hombre inactivo tiene una pérdida por el

mecanismo de evaporación de los pulmones, de unos 40 gramos de agua por hora, la dispersión en un clima cálido y húmedo de este tipo es muy escasa. Pero la disipación respiratoria es muy importante cuando la temperatura es muy baja, pudiendo llegar a representar un quinto del total de la disipación de calor, (20%).

La actividad muscular involuntaria más conocida y que se produce con las bajas temperaturas, es la acción de tiritar, con lo cual el organismo tensa los músculos por la sensación de frío, produciendo una mayor cantidad de calor metabólico.

Se ha podido determinar el clima, como uno de los factores que determina el apetito en los individuos; entonces la sensación subjetiva de calor o de frío, va a depender de la intensidad de la actividad con que estén funcionando los recursos de termo regulación del individuo.

Antiguamente la responsabilidad del malestar que se sentía en algún local, se atribuía a la composición química del aire inhalado, no a sus condiciones físicas, de hecho todavía se escucha decir en algún lugar con muchas personas y que no tienen buena ventilación, que el *aire está viciado*, ya posteriormente, se demostró que las carencias de confort se presentan por el deterioro de las condiciones físicas del aire respirado (temperatura y humedad principalmente), más que por la modificación de su composición química.

Químicamente, el factor crítico para la salud de los humanos, como ya

lo había vislumbrado Lavoisier en el siglo XVII está en la máxima concentración de bióxido de carbono en el aire que respiramos, siendo este gas, parte de lo que exhalamos todos nosotros al respirar.

Se considera que el máximo nivel aceptable de concentración de este gas en el aire oscila alrededor del 0.5% en volumen siendo que el aire normalmente puro debe de tener dentro de su composición el 0.03% de bióxido de carbono.

El ser humano en su edad adulta y en estado de reposo, produce alrededor de $4.7 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ de bióxido de carbono por segundo. Para evitar el umbral de contaminación por CO_2 se requeriría por cada persona que se encuentre en un espacio cerrado, una renovación de aire de unos 10^{-3} m^3 de aire puro por segundo, eso quiere decir que como volumen de aire por persona se necesitan unos 15 m^3 de aire por cada uno de los individuos para conservar un estado de comodidad física, pero indudablemente también dependerá de otras condiciones, como la humedad, temperatura del lugar, y la actividad que se desarrolle en el lugar que se esté considerando.

Dentro de los factores físicos del aire, ya que estos son los primeros en afectar el confort del individuo, existen tres variables microclimáticas que son fundamentales:

- a) La temperatura del aire y de las superficies que forman el entorno físico.
- b) La humedad relativa del aire, factor que condiciona la evaporación.

c) El movimiento del aire, factor que permiten que sean efectivos los dos mecanismos anteriores.

2.2.- FACTORES GEOGRÁFICOS.

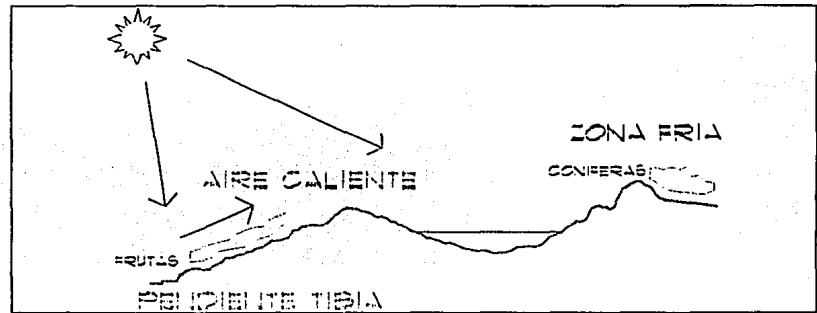
En la planificación diseño y construcción de un edificio, debemos pues, considerar cuidadosamente las características del medio ambiente, junto con el contexto físico que el lugar escogido presenta, para poder lograr un diseño de acuerdo a nuestras necesidades fisiológicas y de proyecto.

La situación o localización geográfica, la topografía del lugar, la vegetación, el clima, los vientos y su dirección son importantes, la latitud nos ayudará a saber la orientación del sol, todo esto tiene influencia en las decisiones en una muy temprana etapa del proceso del diseño, estas características del medio ambiente pueden ayudar a la forma del edificio, articular sus aberturas, establecer su relación con el medio ambiente, y sugerir la manera que en que se diseñan los espacios interiores y exteriores.

Además de las características del medio ambiente, pueden y deben existir los reglamentos que regulan las zona en donde se piensa construir, estas reglamentaciones, pueden determinar el uso del edificio así como el tamaño, forma, altura, y algunas veces hasta en donde debe ser ubicado dentro del terreno.

Como factores geográficos se puede tener:

- a) El suelo y sus características, afectan el tipo y tamaño del sistema de cimentación.
- b) Drenaje del suelo y agua superficial.
- c) El tipo de vegetación que puede crecer en el terreno.
- d) La latitud del lugar.
- e) La zona geográfica.
- f) Las vistas panorámicas



Topografía: La forma del terreno y la inclinación del mismo puede influir en:

- a) El tipo de cimentación de la construcción.
- b) La forma del edificio y su relación con los niveles del terreno
- c) El drenaje del terreno, para el régimen pluvial de la zona.
- d) La temperatura y el clima de la zona.
- e) Los vientos que se producen por los desniveles del terreno.
- f) Las plantas que se pueden producir.

Vegetación, los tipos y la ubicación de árboles y plantas influye:

- a) En el microclima del terreno.
- b) Definición de las vistas exteriores.
- c) Dispersión o absorción del sonido.
- d) Los árboles y en las plantas que se pueden cultivar.

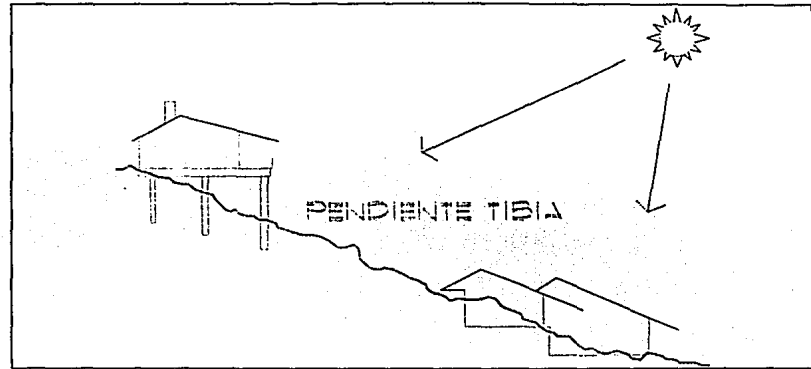
2.3.- FACTORES CLIMÁTICOS.

El Sol es la fuente de:

- a) Radiación solar. (ganancia de calor)
- b) Luz natural.
- c) La posibilidad de proponer sistemas de aprovechamiento de energía solar.

Viento, la magnitud, su dirección, y velocidad del viento afecta en:

- a) Filtraciones de aire en el edificio. (potencial pérdida de calor)
- b) La ventilación de los espacios interiores y las áreas exteriores cubiertas o semicubiertas.
- c) La carga lateral en la estructura.
- d) La colocación de barreras de vegetación.
- e) Ubicación de áreas productoras de olores.



Precipitación pluvial, la cantidad de lluvia influye en:

- La forma del techo, su sistema constructivo y el resultado de sus cargas gravitacionales en la estructura.
- Presencia del drenaje en el terreno.
- La necesidad en escoger con cuidado los materiales externos del edificio, y la longitud de los volados.

Temperatura, la temperatura y el confort térmico son afectados por todos los factores climáticos anteriores.

2.4.- FACTORES SENSORIALES.

Vistas; la consideración de las vistas deseables o no deseables, ayudan a

determinar:

- a) La forma y la orientación de los edificios.
- b) La ubicación de aberturas de las puertas y ventanas.
- c) Las plantas y vegetación que se puede usar en la arquitectura del paisaje del proyecto.

Sonido, el nivel, calidad, y fuente del sonido influye en:

- a) La distribución y orientación de la masa del edificio.
- b) La ubicación de las diferentes zonas del proyecto.
- c) El escoger los materiales de edificio y sus uniones o juntas.
- c) La implementación de métodos de control de sonido.

3.- ¿QUE ES LA ENERGÍA?

El concepto de energía es un poco difícil de entender, pues no se puede ver ni tocar como muchas cosas y conceptos de la física con los que tenemos un contacto cotidiano.

En la naturaleza hay muchas formas de energía como la energía eléctrica, química, nuclear, angular, elástica, gravitacional, magnética, cinética y otras formas de energía que todavía no se han descubierto y que probablemente existan. El calor es una forma de la energía térmica.

3.1.- ¿Que es el calor?

El calor es una forma de energía. Esta energía puede ser cinética o energía potencial.

Lo que nosotros llamamos temperatura en el lenguaje coloquial, es una medida de la energía cinética de las moléculas de la substancia de que se trate ya que la temperatura y el calor son dos cantidades diferentes, como por ejemplo, si tenemos dos estufas de leña una muy grande digamos de dos metros por sesenta centímetros y una estufa pequeña de unos cuarenta centímetros de cada lado siendo las dos de la misma altura y la temperatura de las dos estufas es igual, al colocar cada una de ellas en un cuarto frío de las mismas dimensiones y características, la estufa grande entibiará uno de los cuartos pero la otra estufa, la pequeña no lo podrá hacer ya que tendrá menos energía calorífera. Aquí vemos la diferencia entre la temperatura y la cantidad de calor.

Una manera bastante práctica de definir la energía es decir que es la capacidad de hacer trabajo, en otras palabras la habilidad de mover la materia, por supuesto que no es la definición precisa, pero de algún modo nos permite entender acerca de la energía en términos de lo que hace, y la energía puede ser medida -lo que es verdaderamente importante- por lo que pondremos una tabla con sus unidades y medidas. Es interesante hacer notar que la energía varía en calidad, ya que algunas formas de energía son más aleatorias que otras, el CALOR en particular es una con estas características ya que su energía de movimiento causada por la vibración de millones y millones de moléculas de la materia es en extremo aleatoria. Ya que habiendo tantos y pequeños movimientos y cada uno en diferente dirección, es virtualmente imposible alinear toda la energía en una sola dirección para hacer un trabajo en gran escala.

CAPÍTULO E

UNIDADES		ABREVIACIÓN		
British thermal unit		Btu		
Joule		J		
Caloría		cal		
Pie-libra		ft-lb		
Kilowatt hora		kWh		
Factores de conversión				
1 Btu=	1055 J	252.16cal	778.16ft-lb	0.0002931kWh
1 J=	0.0009479Btu	0.02390cal	0.7376ft-lb	2.778×10^{-7} kWh
1 cal=	0.0039657Btu	4.184J	3.086 ft-lb	1.162×10^{-6} kWh
1 ft-lb=	0.0012851Btu	1.356J	0.32405cal	3.767×10^{-7} kWh
1 kWh=	3412 Btu	3.6×10^6 J	8.603×10^5 cal	2.66×10^6 ft-lb

Sin embargo en el otro extremo, en la escala de energía de alta calidad tenemos a la electricidad que puede efectuar trabajo y este trabajo puede fácilmente convertirse de nuevo en electricidad, pero en el caso de que la electricidad la convirtamos en calor, el proceso es irreversible si queremos convertir todo el calor de nuevo en electricidad.

4.- ASOLEAMIENTO.

4.1.- El Sol y la Tierra.

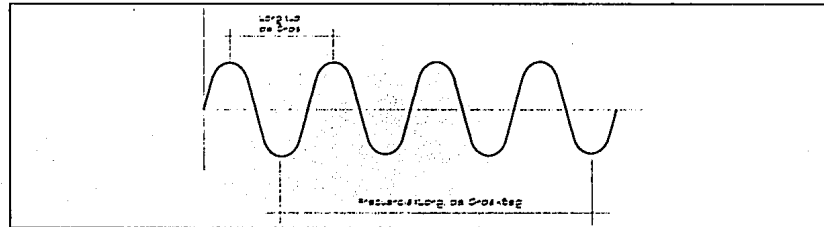
El uso directo de la luz solar como fuente de energía fue en tiempos pasados, una manera no muy económica en comparación con la utilización de otras fuentes concentradas como el carbón o los hidrocarburos, sin embargo con el avance científico y tecnológico, con el peligro del agotamiento de las fuentes de abastecimiento y con el aumento de precios en los combustibles tradicionales, la humanidad o los involucrados en utilizar y proporcionar energía han vuelto a considerar el sol como un posible y duradero manantial de recursos, el uso directo de la energía solar significa el uso de la luz visible que es un parte del espectro electromagnético que sale del sol en todas direcciones.

El espectro electromagnético es un fenómeno de un tipo de ondulaciones que transporta energía a través del espacio, pero no solo envía la luz, sino también ondas de radio, luz ultravioleta e infrarroja, rayos X, microondas, rayos gamma, etc. que son también parte de la radiación electromagnética, lo que distingue una de otra es su longitud de onda, que es

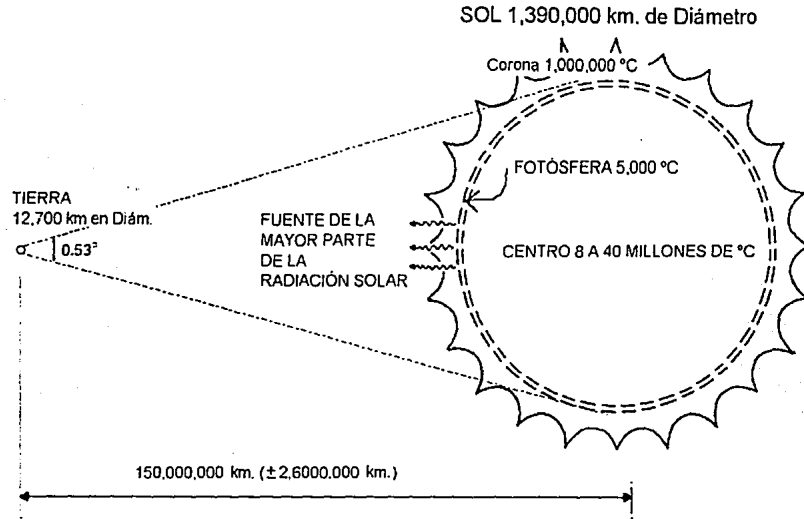
la medida de una onda completa y la cantidad de energía de cada una de ellas, siendo algunas de ellas muy nocivas para nuestra salud como la radiación gamma.

La luz ultravioleta y la luz infrarroja, son invisibles para el ojo humano, - pero algunas aves y algunos peces tienen visión infrarroja para poder ver de noche o entre las aguas turbias- pero estas radiaciones están en las fronteras de la luz visible a uno y otro lado del espectro, la luz ultravioleta en altas intensidades puede ser muy peligrosa, puede dañar no solo nuestra piel sino también nuestra visión, y es la responsable de deteriorar los plásticos y las impermeabilizaciones así como otros materiales que se usan en la construcción.

Longitud de Onda y Frecuencia.



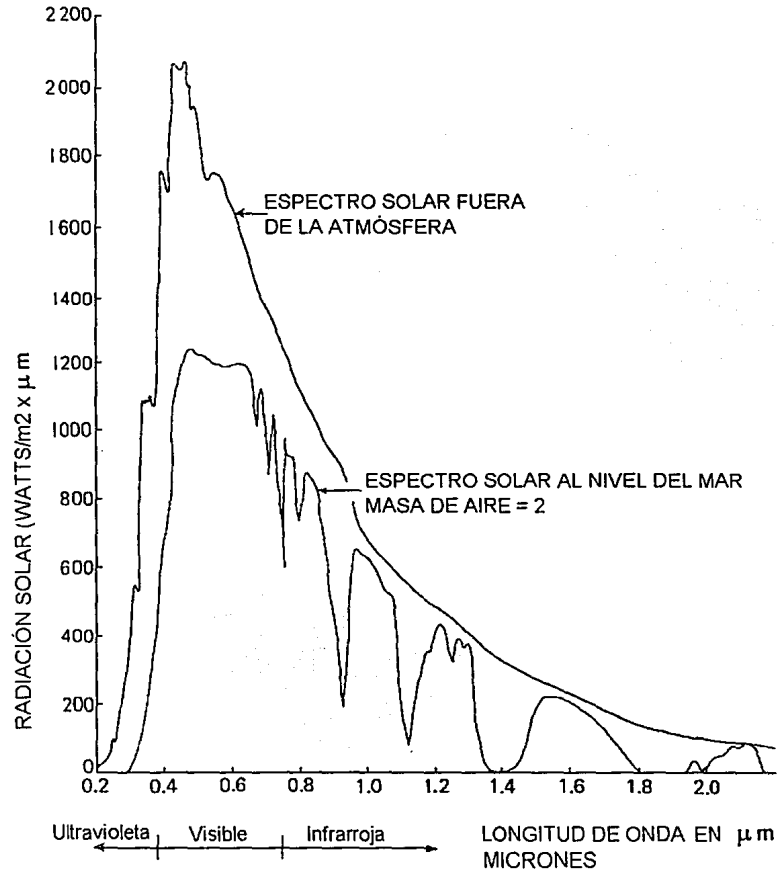
En la figura siguiente se muestran de manera simplificada las relaciones del sol con nuestro planeta, se puede apreciar el pequeño ángulo que forma con la tierra, es por esto, por lo que los rayos solares que llegan a la superficie terrestre, para todos los efectos prácticos se pueden considerar paralelos.



Si hiciéramos una pequeña maqueta a escala y colocamos el sol como una bola de 5.4 centímetros de diámetro, entonces la tierra estaría a 5.80 metros de distancia y debería de tener un diámetro de 0.5 milímetros, esto nos da una ligera idea de la distancia y de las dimensiones de los dos cuerpos celestes.

También nos indica que la radiación solar y sus efectos de luz y calor nos llegan a través de una inmensidad de espacio vacío, es una de las características de la transmisión de la luz solar.

GRÁFICA DEL ESPECTRO SOLAR.

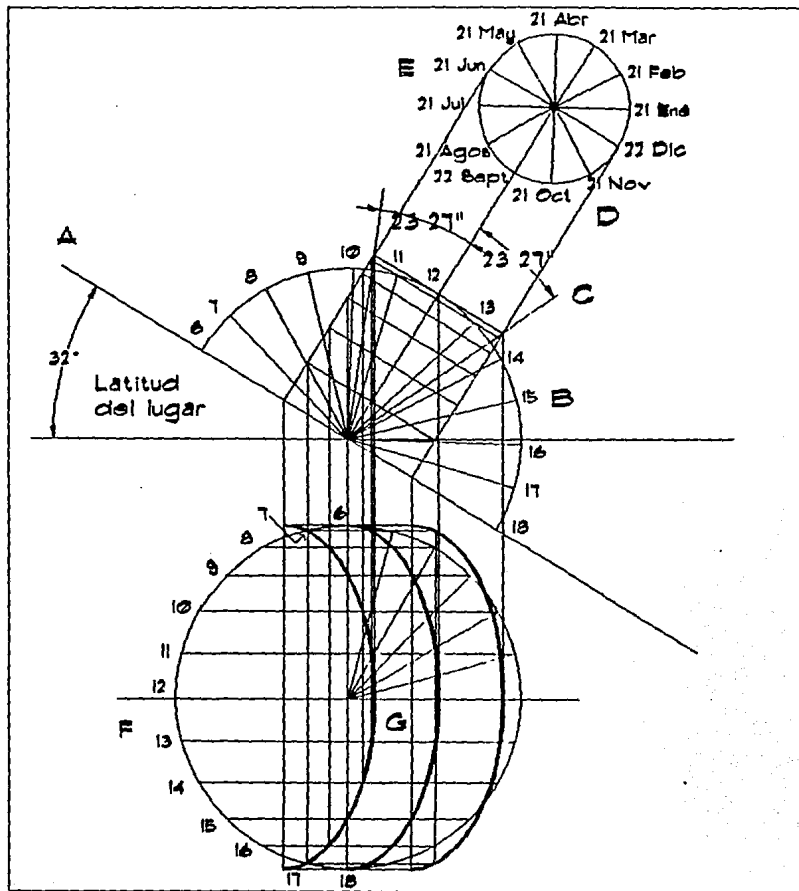


4.2.- Gráfica Solar.

Para dibujar la gráfica solar:

- A.- Se traza la línea que será la referencia de la latitud del lugar.
- B.- Se dibuja el medio círculo con cualquier radio y que no se nos salga de escala de dibujo, dividiéndolo en gajos de 15 grados cada uno, que nos marcará lapsos de recorrido del sol de una hora.
- C.- Se trazan líneas desde el centro del medio círculo y de su perpendicular, con un ángulo de $23^{\circ}27''$ a cada lado las que indicarán la declinación solar durante un año.
- D.- En la unión de la línea de las doce horas con cada una de las líneas de los $23^{\circ}27''$, se traza una línea que será perpendicular a la línea de latitud del lugar y entre las dos nos darán el diámetro del círculo pequeño, que se dividirá en ángulos de 15 grados.
- E.- En donde marcaremos cada uno de los meses del año, en los días 21 de cada mes, pues es cuando se considera que entran cada tres meses cada una de las estaciones.
- F.- Se traza el círculo inferior como la proyección del primer medio círculo, con las mismas características de dividirse en ángulos de 15 grados para establecer las horas.
- G.- En las intersecciones de la proyección de las horas encontradas en la parte superior y del círculo inferior, se va marcando una elipse que será el recorrido virtual del sol en cada uno de los equinoccios y en los dos solsticios.

CAPÍTULO E



Altura y Azimut del sol, para una fecha dada.

Vamos a encontrar la altura y el azimut del sol para el día 21 de febrero a las 15.30 horas, pues como es una fecha en que en el hemisferio norte todavía es invierno, nos interesa saber estos datos.

I.- Se localiza el día y el mes en el círculo pequeño de la parte superior y se baja una perpendicular a la línea que marca la latitud del lugar.

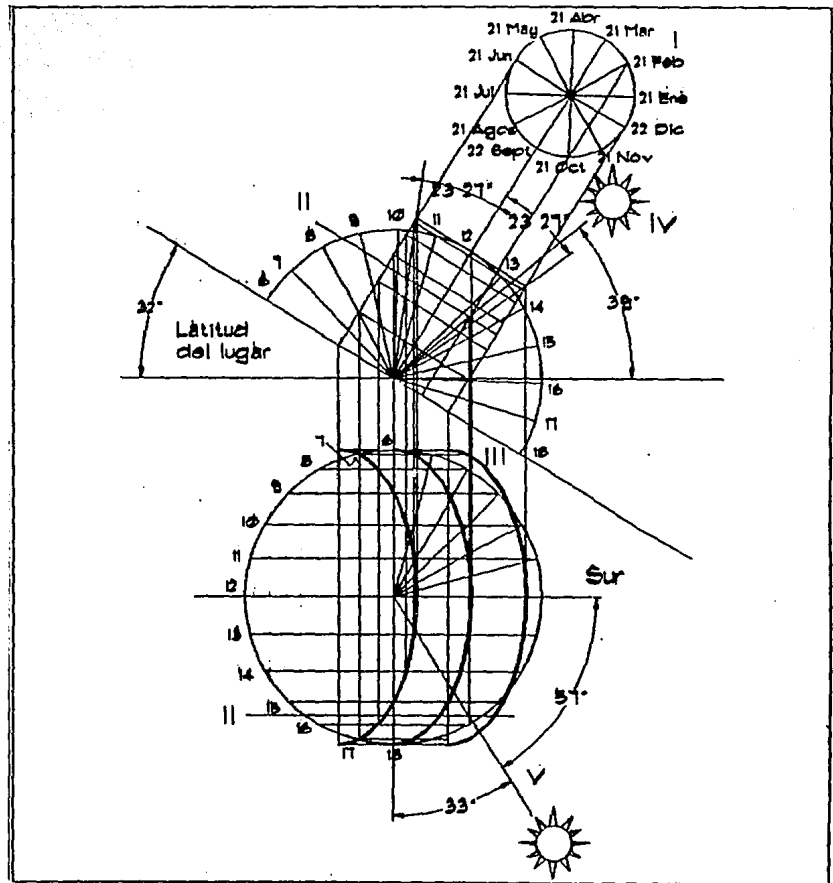
II.- Se traza una línea paralela a la latitud del lugar aproximadamente entre las 15 y las 16 horas, del rectángulo que se encuentra en el medio círculo.

III.- Se baja una perpendicular desde la intersección de la línea de las horas y la que viene desde la fecha, hasta la línea tangente que indica las 18 horas en la parte inferior del círculo mayor, como referencia.

IV.- En el dibujo superior y en la intersección de la línea marcada en el paso I y el paso II, se prolonga la línea desde el centro del medio círculo a esta intersección, y esa será la altura del sol para la fecha indicada. (39°)

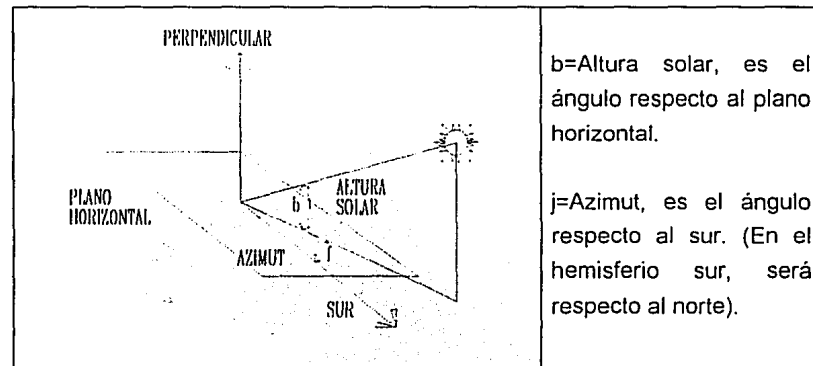
V.- Desde la línea que se bajó en el paso III, con su cruce con la línea media de las 15 y las 16 horas, que será la que marque las 15.30 horas del círculo inferior mayor, indicará el otro punto que, tenemos que prolongarlo desde el centro del círculo con esta intersección hasta donde se marcó el pequeño sol, obteniendo así el ángulo respecto al sur, que se llama azimut. (57°)

CAPÍTULO E



4.3.- Ángulos Solares : fórmulas matemáticas.

Para cada día, hora y lugar, la posición del sol en la bóveda celeste tiene dos ángulos; la altura solar β , y el azimut φ , la habilidad de poder calcular con exactitud esta información, permite a los arquitectos diseñadores, estudiar los efectos de sombras y de asoleamiento para poder determinar las posiciones del diseño, para obtener un determinado resultado.



β =Altura solar, es el ángulo respecto al plano horizontal.

φ =Azimut, es el ángulo respecto al sur. (En el hemisferio sur, será respecto al norte).

Las fórmulas matemáticas son:

Para la Altura solar,

$$\text{Sen}\beta = \text{Cos}L\text{Cos}\delta\text{Cos}H + \text{Sen}L\text{Sen}\delta$$

Para el Azimut,

$$\text{Sen}\varphi = \frac{\text{Cos}\delta\text{Sen}H}{\text{Cos}\beta}$$

Para calcular estos ángulos de una manera precisa, se requiere establecer unos datos a saber:

L = Latitud del lugar, es el ángulo respecto al plano del ecuador.

δ = Es la posición angular del sol al medio día solar, es un índice de alejamiento hacia el norte o hacia el sur del ecuador, depende del día del año y se calcula:

$$\delta = 23.45 \text{ Sen} \left(360 \frac{284 + n}{365} \right)$$

donde n = número de día del año contado del 1 al 365.

H = hora ángulo, es igual a cero al medio día solar y su valor es de 15° cada hora, se toma positivo en las mañanas y negativo en las tardes.

$$H = 15^\circ \times (12 - \text{Hora solar local})$$

Para la Hora solar local = GMT + [E - (4xLongitud)] /60

En donde: GMT = Hora del lugar + Compensación de la Tabla 1

E = Dato de la tabla 2

4 = Factor numérico

Longitud = Longitud del lugar

TABLA 1

Para encontrar el GMT (tiempo del meridiano de Greenwich), se tienen que sumar la cantidad de la segunda columna, al tiempo local de la zona de la primera columna.	
TIEMPO DEL ESTE	5 horas
TIEMPO DEL CENTRO	6 horas
TIEMPO DE LA MONTAÑA	7 horas
TIEMPO DEL PACÍFICO	8 horas

TABLA 2 E = Factor de corrección por las irregularidades de la órbita de la tierra y de su rotación.

MES	DÍA 1	DÍA 8	DÍA 15	DÍA 22
ENERO	-3.27	-6.43	-9.20	-11.45
FEBRERO	-13.57	-14.23	-14.25	-13.68
MARZO	-12.60	-11.07	-9.23	-7.20
ABRIL	-4.18	-2.12	-0.25	1.32
MAYO	2.83	3.52	3.73	3.50
JUNIO	2.42	1.25	-0.15	-1.17
JULIO	-3.55	-4.80	-5.75	-6.32
AGOSTO	-6.28	-5.67	-4.58	-3.07
SEPTIEMBRE	-0.25	2.05	4.48	6.97
OCTUBRE	10.03	12.18	13.98	15.33
NOVIEMBRE	16.33	16.27	15.48	14.03
DICIEMBRE	11.23	8.43	5.22	1.78

Vamos calcular los ángulos solares, que ya obtuvimos con la gráfica solar, para el lugar con 32° latitud norte para el día 21 de febrero, a las 15.30 horas.

Para ello vamos seguir los siguientes pasos:

1.- Latitud del lugar, $L = 32^\circ$, Longitud = 115°

2.- Obtener δ

$$\begin{aligned}\delta &= 23.45 \operatorname{Sen}\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) = 23.45 \operatorname{Sen}\left(360 \frac{284 + 52}{365}\right) = \\ &= 23.45 (\operatorname{Sen} 331.397) = 11.226\end{aligned}$$

3.- Hora solar local = $\text{GMT} + [\text{E} - (4 \times \text{Longitud})] / 60 =$
 $= (15.30 + 6) + [-13.68 - (4 \times 115^\circ)] / 60 =$
 $= 21.30 - 7.894 = 13.40 \approx 13.24 \text{ horas.}$

4.- Hora ángulo $H = 15^\circ \times (12 - 13.24) = 24.6^\circ$

5.- Altura solar.

$$\operatorname{Sen}\beta = \operatorname{Cos}L \operatorname{Cos}\delta \operatorname{Cos}H + \operatorname{Sen}L \operatorname{Sen}\delta$$

$$\operatorname{Sen}\beta = \operatorname{Cos}(32^\circ) \operatorname{Cos}(11.226) \operatorname{Cos}(24.6^\circ) + \operatorname{Sen}(32^\circ) \operatorname{Sen}(11.226)$$

$$\operatorname{Sen}\beta = 0.848 \times 0.9808 \times 0.909 + 0.529 \times 0.194 = \operatorname{Sen}\beta = 40^\circ 43''$$

6.- Azimut.

$$\text{Sen } \varphi = \frac{\text{Cos } \delta \text{ Sen } H}{\text{Cos } \beta}$$

$$\text{Sen } \varphi = 0.9808 \times 0.416 / 0.510 = \text{Sen } 0.800 = 53^{\circ}25''$$

Como se puede apreciar con un poco de práctica, el método matemático no es tan tardado, pero da una mayor exactitud que el método gráfico, se puede asegurar que es poco utilizado en la mayoría de los bufetes de arquitectos, sin embargo con las nuevas hojas de cálculo, se puede hacer de una manera rápida y eficiente, con solo invertir una parte de tiempo en hacer el formato.

4.4.- Tablas de temperaturas en la República.

TEMPERATURAS POR MES.

ESTADO	ENERO		FEB.		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOS.		SEPT.		OCT.		NOV.		DIC.		
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
AGUASCALIENTES																									
Aguascalientes	22.0	4.6	24.1	6.1	25.7	8.2	28.9	11.0	30.6	13.4	29.1	14.8	27.2	14.1	27.3	13.9	26.1	13.3	25.6	10.6	24.4	7.2	22.1	5.5	
Calvillo	25.2	5.4	27.2	5.5	30.0	7.9	32.5	10.7	33.8	13.8	32.4	16.0	30.7	15.2	29.7	14.8	29.0	14.5	28.7	11.6	27.2	8.1	25.1	6.4	
B CALIFORNIA																									
Ensenada	18.3	7.0	18.7	7.9	18.7	8.7	19.6	16.5	20.6	11.8	21.7	13.7	23.6	16.4	24.3	17.1	24.9	15.8	23.1	13.1	21.7	9.3	19.3	7.6	
Mexicali	20.6	4.3	23.2	6.3	25.9	8.2	30.3	12.1	34.6	15.3	39.4	19.2	41.8	24.5	40.9	24.4	39.3	20.8	33.4	14.8	25.9	8.9	20.9	4.6	
Tijuana	19.8	6.1	20.0	7.1	20.6	8.2	22.2	10.0	23.2	11.8	24.5	13.7	27.5	16.3	28.2	17.5	27.5	15.7	26.0	12.9	23.5	9.7	21.0	7.0	
B CALIF. SUR																									
La Paz	22.7	12.6	24.2	12.9	26.3	13.2	29.4	14.8	32.6	16.8	33.7	19.1	35.5	23.3	35.4	23.9	34.7	23.5	32.4	20.4	28.5	16.8	24.6	13.7	
Loreto	22.8	12.0	24.0	11.9	25.9	13.4	28.4	15.5	31.6	18.7	33.8	22.5	35.0	26.1	35.6	26.5	35.1	25.6	33.0	21.6	28.2	16.6	24.5	13.8	
San José del Cabo	25.4	12.7	26.1	13.4	26.2	13.4	28.5	15.6	31.1	18.1	31.8	21.1	23.9	23.3	32.8	23.7	32.9	23.1	31.5	20.3	29.5	17.1	26.8	14.5	
CAMPECHE																									
Campeche	26.8	19.4	28.1	19.8	30.4	21.5	32.3	23.4	23.7	24.4	32.8	24.8	32.0	24.0	31.7	24.1	31.1	24.0	29.5	23.0	27.9	21.0	26.9	19.6	
Champolón	28.1	16.6	29.5	17.1	31.9	19.1	33.7	20.0	34.3	22.1	33.5	22.5	32.8	21.8	32.5	21.0	31.7	22.1	30.3	20.7	28.9	18.3	27.5	17.1	
Cd. del Carmen	28.2	19.1	29.7	19.7	31.2	21.5	34.1	23.2	34.5	24.2	33.6	24.2	33.1	24.1	33.3	24.0	32.5	23.7	31.3	22.9	29.0	20.9	27.9	19.5	
COAHUILA																									
Monclova	20.9	6.4	23.1	8.1	28.5	11.9	32.2	17.0	24.6	20.2	36.2	22.6	36.4	22.9	35.8	22.6	32.5	20.0	28.4	15.9	24.6	10.3	21.3	7.4	
Parras	19.0	5.9	22.9	7.9	26.4	10.4	30.9	14.8	32.9	17.3	32.9	18.3	32.6	18.4	31.7	17.7	29.4	15.9	27.5	13.1	23.8	9.5	21.0	8.4	
Piedras Negras	18.0	4.9	21.2	8.0	25.8	11.6	30.0	17.9	33.1	20.5	33.2	23.7	37.7	24.6	37.5	24.4	34.1	21.7	29.0	16.5	22.6	9.5	18.7	5.3	
Saltillo	18.5	5.2	20.6	6.8	23.0	8.7	26.9	12.7	28.9	14.7	29.4	16.4	29.0	16.5	28.6	16.2	26.0	14.5	23.8	11.6	21.0	8.0	18.9	6.3	
Torreón	23.7	4.0	26.3	5.6	30.6	8.5	34.4	12.2	37.0	14.2	37.4	15.8	36.6	15.8	36.0	16.0	34.0	14.0	31.1	11.4	27.3	6.9	23.8	5.1	
COLIMA																									
Colima	31.1	15.6	32.1	15.8	33.4	15.8	34.7	17.3	34.9	19.5	33.3	21.6	32.3	21.2	32.1	21.1	30.9	21.2	31.5	20.3	32.0	18.1	30.9	16.6	
Cuahtémoc	28.9	14.2	28.7	13.8	30.3	15.4	31.3	17.1	31.7	18.1	30.0	18.9	28.7	18.6	29.3	18.5	28.0	18.5	29.3	18.0	29.7	16.2	28.7	14.9	
Manzanillo	30.2	20.1	30.3	19.7	30.1	19.1	30.5	19.8	31.5	22.3	32.5	34.6	33.2	24.7	33.3	24.5	32.4	24.3	32.5	24.0	31.7	22.6	30.5	21.1	
CHIAPAS																									
Comitán	23.5	8.3	24.7	8.9	27.0	10.6	28.0	12.2	27.4	12.6	25.8	13.2	25.0	12.5	25.8	12.5	25.0	12.5	24.1	11.4	23.6	9.5	23.3	8.0	
San Cristóbal	20.2	4.3	20.9	4.7	22.0	6.1	23.0	7.3	22.3	8.9	21.4	10.4	21.6	10.4	21.8	9.9	20.9	10.0	20.5	8.7	20.3	6.8	20.1	4.7	
Tonalá	32.4	19.9	33.3	20.3	34.6	20.8	35.0	22.2	35.1	22.7	32.4	21.8	32.7	21.6	32.6	21.5	31.2	21.3	32.0	21.7	31.7	21.0	31.5	20.5	
Tuxtla Gutiérrez	29.9	13.3	31.6	13.9	33.9	15.3	35.3	16.7	35.1	17.6	33.0	16.6	32.3	16.2	32.3	16.8	31.3	15.9	30.3	14.9	30.5	13.7	30.2	12.3	
CHIQUAHUA -																									
Chihuahua	17.9	2.1	20.4	4.1	23.7	6.9	27.7	11.7	31.4	15.1	33.7	19.0	31.7	19.1	31.3	18.2	29.2	15.8	26.5	10.9	22.0	5.7	18.3	2.4	
Cd. Cuahtémoc	16.2	0.8	18.5	0.4	21.5	2.3	25.6	5.9	29.6	9.3	32.1	13.3	33.3	28.8	14.0	28.0	13.5	26.6	11.6	24.2	7.2	20.5	2.7	17.1	0.4
Cd. Delicias	18.1	0.7	21.8	2.7	25.0	5.7	28.6	10.6	32.9	14.4	35.5	18.6	33.1	18.9	32.4	18.4	30.3	15.8	27.3	10.6	22.6	4.6	18.9	0.8	
Creel	12.6	5.6	14.3	4.9	16.6	3.8	20.5	0.8	24.0	1.9	26.5	6.7	24.7	10.3	23.6	10.1	22.7	7.5	20.6	2.2	17.6	2.5	14.4	3.7	
Hidalgo del Parral	18.1	2.4	20.6	3.9	23.7	6.3	27.7	10.0	31.2	13.5	32.9	16.7	30.7	16.3	29.8	15.6	27.6	14.0	25.7	10.0	22.6	5.3	19.0	2.5	
Cd. Juárez	13.8	1.6	17.3	0.4	20.4	3.4	26.8	8.8	31.5	12.3	35.6	16.7	35.5	19.6	34.6	19.0	31.1	15.6	25.9	9.3	19.3	2.3	15.5	0.9	
N. Casas Grandes	16.1	0.5	18.6	1.8	20.8	3.5	25.8	8.1	30.1	11.5	33.3	15.4	32.2	17.9	30.0	16.0	29.0	13.7	25.6	8.2	20.5	3.7	17.1	0.4	

TEMPERATURAS POR MES.

ESTADO	ENERO		FEB.		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOS.		SEPT.		OCT.		NOV.		DIC.	
LOCALIDAD	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
DIST. FEDERAL																								
Mixcoac	22.5	3.3	24.6	4.5	27.0	7.0	28.1	8.8	27.7	9.8	26.3	11.1	24.5	10.3	25.1	10.1	24.1	10.3	24.1	8.1	23.6	5.7	21.7	3.8
Col Escandón	22.5	6.3	24.9	7.7	27.0	9.9	27.4	11.6	26.9	12.7	25.5	13.8	24.0	12.9	24.3	13.0	23.2	12.9	23.5	10.9	23.1	8.9	22.2	6.9
Ixtacalco	23.1	2.6	25.0	2.8	27.3	5.8	27.9	7.5	27.4	9.3	26.0	11.0	24.8	10.8	25.7	10.2	24.4	10.4	24.1	8.0	23.7	4.8	22.9	3.1
Xochimilco	23.6	0.6	24.1	1.4	27.0	4.7	28.1	6.8	28.2	8.5	25.6	10.8	24.9	10.5	25.1	10.6	24.5	10.8	24.1	7.5	23.6	3.3	22.4	2.2
Villa Obregón	22.3	8.9	24.6	6.7	27.1	3.4	27.9	2.0	27.3	1.5	25.7	3.1	24.0	3.4	24.4	4.0	22.9	0.2	23.2	4.5	22.6	6.6	21.7	7.7
DURANGO																								
Cuencamé	22.5	5.6	24.8	7.1	28.6	9.6	32.5	13.8	34.7	16.0	34.9	17.7	33.5	17.1	32.5	16.9	30.0	15.3	28.4	12.6	25.9	9.0	22.4	7.0
Durango	18.9	4.7	20.9	6.3	23.8	7.8	26.9	10.8	28.9	13.5	29.4	15.6	29.0	15.2	26.3	15.0	25.2	14.1	24.2	11.3	22.2	7.9	19.1	5.7
Sant Pappasquiaro	22.6	0.9	24.0	2.4	27.4	3.6	29.5	6.9	32.1	9.6	33.1	13.9	30.6	14.7	29.8	14.4	29.1	13.0	28.0	7.9	25.7	3.2	22.6	1.6
GUANAJUATO																								
Celaya	23.0	6.9	25.6	8.0	28.9	10.0	31.1	12.6	32.2	14.4	30.6	15.1	28.5	14.3	28.6	14.3	27.4	13.8	26.6	11.4	25.4	8.7	23.4	7.0
Guanajuato	20.9	7.7	22.9	8.9	26.2	10.7	27.0	12.6	27.8	14.0	26.2	14.6	24.8	14.0	24.9	14.0	23.7	13.7	23.7	12.0	22.6	9.7	21.1	8.5
León	23.6	7.1	25.6	8.5	28.0	10.5	30.3	12.8	31.4	14.7	29.6	15.3	27.8	14.5	27.8	14.4	27.0	14.1	26.8	11.7	25.7	9.3	23.9	7.7
Péñjamo	25.8	9.4	26.8	9.8	30.1	12.1	31.7	14.0	32.4	15.6	30.5	16.2	28.7	15.6	28.4	15.3	27.7	14.8	27.8	13.3	26.7	11.4	25.5	9.5
Salvatierra	22.9	6.6	24.8	7.9	26.9	9.8	28.7	11.8	29.5	13.6	28.0	14.5	26.7	14.0	26.5	13.8	26.0	13.5	26.6	11.2	24.6	8.7	23.2	7.0
Sn. Miguel Allende	25.9	8.9	27.8	10.5	31.0	12.9	32.3	14.9	32.7	16.3	30.9	17.2	29.2	16.4	29.0	16.4	28.2	16.2	27.7	14.0	26.6	11.3	25.4	9.4
Yuriria	22.8	5.7	24.9	7.0	27.5	9.0	30.1	11.5	30.6	13.6	28.9	14.6	27.1	13.8	26.6	13.7	26.1	13.5	25.5	10.9	24.5	8.2	23.1	6.0
GUERRERO																								
Acapulco	31.0	22.4	31.0	22.3	31.0	22.4	31.3	22.9	32.2	24.7	32.4	25.0	32.8	24.9	33.0	24.9	32.2	24.6	32.2	24.5	32.0	23.8	31.0	22.7
Iguala	32.0	13.7	34.2	15.7	36.3	18.2	37.7	20.0	37.0	20.8	34.0	20.4	32.0	16.9	31.5	19.6	30.9	19.7	31.5	18.4	31.6	15.9	31.1	14.0
Taxco	25.7	13.9	27.9	14.7	30.7	16.4	31.7	17.7	30.4	18.2	26.9	17.6	26.1	16.8	25.3	16.7	24.9	16.7	25.3	16.1	25.7	15.2	25.2	14.4
HIDALGO																								
Huichapan	20.6	3.9	23.1	4.8	26.1	6.7	28.4	8.7	28.9	10.0	27.5	11.0	25.9	10.0	26.3	10.1	24.4	9.3	23.6	6.7	22.1	4.6	20.7	3.6
Ixmiquilpan	24.9	3.0	27.3	4.0	30.2	6.4	31.3	9.2	30.9	11.2	29.4	13.3	28.3	12.8	29.0	12.5	27.3	12.6	26.9	9.1	25.8	5.8	24.9	3.7
Tula de Allende	24.1	3.6	26.4	4.8	29.3	7.1	30.6	9.4	30.3	11.2	29.0	12.8	27.3	12.2	27.7	12.0	26.1	12.0	26.3	9.0	24.9	6.0	23.9	4.3
JALISCO																								
Aullán	27.5	11.6	29.0	11.8	31.0	13.4	32.4	15.5	33.1	18.2	31.4	20.9	29.9	20.2	30.0	20.0	29.9	20.1	29.8	18.5	29.7	15.3	27.8	13.2
Chapala	21.6	10.9	23.6	12.0	26.0	13.5	28.2	15.4	28.9	18.8	27.2	17.0	25.5	16.3	25.3	16.4	24.9	16.4	24.6	15.1	23.5	13.2	21.9	11.5
Guadalajara	23.5	6.7	25.4	7.9	27.9	9.2	30.1	11.5	31.2	14.0	28.7	15.0	26.0	15.3	26.0	15.1	25.6	15.1	26.5	12.4	25.2	9.1	23.6	7.8
Lagos de Moreno	22.6	5.3	24.5	6.3	27.2	8.3	29.5	10.9	30.7	13.0	28.9	14.5	26.6	13.7	26.9	13.7	25.9	13.0	25.4	10.8	24.6	7.6	22.7	6.0
Puerto Vallarta	29.4	16.5	29.6	16.4	29.8	16.6	31.0	17.8	32.7	20.4	33.8	22.9	34.7	23.1	34.7	23.1	34.3	23.1	34.3	22.3	32.5	19.8	30.1	18.0
Sn J. de los Lagos	24.4	3.6	26.5	4.7	28.5	6.7	31.1	9.5	32.8	13.1	31.5	15.0	29.2	14.5	29.4	14.0	28.4	13.4	28.4	9.9	26.7	5.9	24.7	4.3
Tlaquepaque	25.2	8.1	27.3	8.1	30.5	10.0	32.6	12.2	34.3	14.7	31.7	15.8	29.1	15.2	29.0	15.2	28.4	14.8	28.0	12.8	27.4	10.0	25.5	8.2
Tequila	28.5	9.8	31.2	11.1	32.0	12.1	35.0	14.7	35.5	16.9	34.0	18.5	31.2	18.2	31.2	18.2	30.9	17.9	30.6	16.3	30.5	13.4	28.9	11.3
EDO. DE MÉXICO																								
Texcoco	22.6	2.5	24.5	3.6	26.9	6.1	27.8	8.1	27.3	9.4	26.0	10.9	24.5	10.2	24.5	10.0	23.6	10.0	23.9	7.5	23.1	5.0	22.5	3.1
Toluca	16.4	3.1	18.0	4.1	19.8	6.0	20.8	7.9	20.5	9.0	19.0	10.0	17.7	9.1	17.9	9.0	17.5	8.9	18.0	7.0	17.5	5.1	16.6	3.6
Valle de Bravo	24.4	5.4	25.0	5.4	28.0	6.8	29.5	8.7	30.1	11.3	27.3	12.7	25.4	12.4	25.4	12.3	25.5	12.5	26.0	10.0	25.9	8.6	25.5	6.4

CAPÍTULO E

TEMPERATURAS POR MES.

ESTADO	ENERO		FEB.		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOS.		SEPT.		OCT.		NOV.		DIC.	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
MICHOCÁN																								
Apatzingán	33.8	16.4	35.9	17.6	38.5	19.0	40.0	21.1	40.1	23.3	37.4	23.5	34.6	23.5	34.3	22.6	33.8	22.5	34.3	22.5	34.5	20.1	33.5	17.4
Cuitzeo	23.1	4.6	25.2	5.9	27.4	8.0	29.5	10.1	30.1	11.9	27.0	12.4	25.9	11.5	26.0	11.9	25.1	10.9	24.9	9.6	24.1	7.1	23.2	4.9
Morelia	21.1	7.0	22.9	8.1	25.1	10.5	26.7	12.4	27.0	14.2	24.9	15.0	23.4	14.2	23.4	14.0	22.9	13.8	22.9	11.8	22.2	9.4	21.0	7.7
Tacámbaro	24.7	6.2	26.1	6.7	28.9	8.3	30.3	10.2	30.3	11.7	27.8	11.7	25.8	10.7	25.4	10.6	25.4	10.7	25.9	9.6	26.0	8.3	24.8	7.3
Uruapan	24.0	6.5	25.3	7.0	27.3	7.8	28.7	9.8	28.8	11.5	26.5	14.0	24.5	14.0	24.9	13.5	24.5	13.0	24.7	11.7	24.7	9.6	23.6	7.7
Zinapécuaro	20.2	7.0	22.0	8.7	24.3	10.6	26.8	13.4	27.9	14.3	25.7	14.3	23.6	14.1	24.2	13.8	22.6	13.7	21.9	12.2	21.6	10.6	19.5	7.6
MORELOS																								
Cuernavaca	24.5	12.5	27.0	13.4	29.3	15.1	30.2	16.7	29.4	17.1	27.2	16.7	26.2	15.7	26.1	15.5	25.2	15.3	25.5	14.4	26.0	13.7	25.5	12.8
Cuautla	30.5	11.5	32.3	13.0	34.7	14.8	36.1	16.4	35.9	17.4	34.0	17.4	32.5	16.7	32.5	16.7	31.9	16.5	32.0	15.7	31.6	13.4	30.4	11.6
Zacatepec	30.7	10.4	32.8	11.5	35.3	14.4	36.8	17.2	35.9	19.1	33.3	19.7	31.9	18.1	31.8	18.0	31.0	18.0	31.1	16.2	31.2	12.3	30.0	10.1
NAYARIT																								
San Blas	27.7	15.7	27.6	15.7	28.1	15.3	30.2	17.2	32.0	20.5	33.0	24.0	33.8	24.8	33.8	25.1	33.2	25.0	33.0	23.8	31.3	20.2	28.2	17.5
Tepec	25.9	9.1	26.8	8.9	28.1	9.1	29.9	10.7	30.9	13.2	29.9	17.4	29.2	18.7	29.1	18.6	28.8	18.5	28.7	16.5	27.9	12.3	26.3	10.3
NUEVO LEÓN																								
Galeana	23.6	6.1	24.6	7.6	26.5	8.8	27.0	11.2	29.0	13.1	29.7	14.1	28.7	13.9	28.4	13.9	26.8	13.1	25.3	11.3	24.9	8.5	24.4	6.9
Linares	20.6	8.0	23.7	9.7	26.8	12.0	31.4	17.1	32.9	19.2	34.4	20.7	35.8	21.2	36.1	21.4	32.8	19.7	28.8	16.8	25.3	12.7	22.1	9.0
Montemorelos	21.3	6.1	23.8	8.4	26.9	11.5	31.2	16.3	32.8	19.5	35.1	21.7	36.7	21.9	36.4	21.7	32.5	20.1	28.5	16.2	24.6	11.0	22.0	7.6
Monterrey	20.2	8.8	22.7	10.9	25.9	13.4	29.8	17.6	31.4	20.2	33.1	21.9	34.2	22.2	33.8	22.2	30.8	20.8	27.3	17.3	23.5	12.7	20.9	10.0
OAXACA																								
Oaxaca	28.0	8.4	29.7	9.8	31.8	12.1	32.7	14.3	32.1	15.3	29.5	15.7	28.5	14.8	28.8	14.8	27.5	14.8	27.6	12.6	28.1	10.0	27.7	8.5
Salina Cruz	30.4	20.7	30.9	21.1	31.8	22.4	33.1	24.3	34.1	25.5	33.0	24.0	33.3	24.0	33.6	23.9	32.2	23.3	32.0	23.0	31.4	22.2	30.8	21.4
PUEBLA																								
Acatlán de Osorio	31.0	11.4	32.9	12.4	35.5	15.4	36.2	17.2	35.5	18.2	33.6	18.7	33.1	17.8	32.9	17.8	32.3	17.7	32.4	16.3	31.7	13.5	30.9	11.3
Huachuclingo	17.9	7.3	19.8	8.5	21.9	10.3	25.7	13.1	26.3	13.8	25.4	14.4	24.0	13.6	24.9	13.6	23.6	13.8	21.7	12.0	19.8	8.7	18.4	8.2
Huejotzingo	20.4	2.6	22.7	3.2	25.7	5.6	27.0	7.4	26.7	9.2	24.8	11.0	23.9	10.0	24.3	9.8	22.8	10.0	22.9	7.9	22.0	5.2	20.2	3.1
Puebla	21.4	6.7	22.9	8.0	25.1	10.5	26.2	11.9	25.8	12.6	24.1	13.0	23.4	12.0	23.6	12.2	22.6	12.0	23.1	10.3	22.5	8.4	21.6	6.8
Zacatlán	19.1	3.8	21.7	5.3	23.5	6.7	25.2	8.8	24.6	9.7	23.9	10.1	21.6	9.6	22.3	9.6	21.7	9.8	21.0	8.2	20.3	6.0	19.5	5.1
QUERÉTARO																								
Amealco	21.0	4.4	22.3	5.1	24.6	7.0	26.7	8.0	26.3	9.0	24.2	8.8	22.5	8.9	22.8	8.5	22.2	8.2	21.4	6.1	21.5	5.6	20.9	4.7
Querétaro	22.8	5.6	25.0	7.7	27.8	9.8	29.9	12.8	30.5	13.7	29.1	14.5	27.4	14.0	27.3	13.8	25.9	13.4	25.5	11.2	24.7	8.7	23.5	7.2
QUINTANA ROO																								
Cancún	27.8	22.4	28.4	22.4	29.5	23.3	30.7	24.5	31.8	25.2	32.4	25.7	32.8	25.9	32.9	26.8	32.4	25.4	31.0	24.8	29.4	24.0	28.3	22.8
Cozumel	28.3	19.6	28.2	19.5	30.4	20.8	31.6	22.0	32.2	22.8	32.0	23.8	32.3	23.5	32.7	23.6	31.7	23.7	30.5	23.3	29.4	21.6	28.5	20.4
SAN LUIS POTOSÍ																								
Ciudad Valles	24.1	12.2	26.8	14.2	29.7	17.0	34.1	21.3	35.2	22.9	35.6	23.3	33.9	22.9	34.2	23.3	31.9	22.4	29.0	19.4	26.5	16.7	24.2	13.3
Matéhuala	21.1	5.9	24.0	7.2	27.3	9.6	30.0	11.4	31.0	14.6	30.6	15.8	29.7	15.2	30.2	15.2	28.6	14.7	26.1	12.1	23.9	8.9	21.2	6.5
Río Verde	23.1	9.2	26.2	10.8	29.7	12.9	32.5	16.0	33.3	17.9	31.9	19.0	30.7	18.2	31.4	18.3	28.8	17.3	26.8	15.0	24.6	12.2	23.0	9.0
San Luis Potosí	21.6	6.2	23.8	7.4	27.6	9.9	29.9	11.9	30.0	13.4	28.6	14.2	26.7	13.5	27.0	13.5	25.0	13.2	24.0	10.7	23.1	8.1	21.5	6.5

TEMPERATURAS POR MES.

ESTADO	ENERO		FEB.		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOS.		SEPT.		OCT.		NOV.		DIC.	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
SINALOA																								
Cosalá	26.8	10.8	29.1	11.0	31.7	12.1	34.9	14.7	36.8	18.3	36.2	22.3	33.0	23.1	32.3	22.9	32.1	22.7	32.1	19.6	30.4	14.5	27.0	11.7
Culiacán	28.2	12.3	29.5	12.5	31.1	13.1	33.6	15.7	35.5	19.1	36.1	23.7	35.8	24.3	35.1	23.8	34.8	23.8	34.4	21.3	32.2	16.2	29.0	13.5
Mazatlán	22.9	17.0	22.8	16.7	23.1	17.0	25.0	18.8	27.2	21.7	29.3	24.9	30.3	25.7	30.6	25.6	30.3	25.3	29.5	24.3	26.8	22.1	24.1	18.4
Mocorito	22.7	12.0	23.8	11.6	27.0	13.1	29.8	15.7	33.0	19.1	34.2	22.8	33.5	34.5	32.3	24.4	32.0	24.2	30.0	20.6	26.9	15.7	23.5	12.7
SONORA																								
Alamos	25.2	8.6	27.4	8.9	30.1	10.0	33.8	12.7	37.4	16.1	39.0	21.1	35.6	22.3	33.9	21.6	34.6	20.7	33.3	17.2	29.7	11.9	26.0	9.3
Guaymas	23.5	13.7	24.5	14.5	25.9	15.8	28.9	18.4	32.1	21.1	34.4	25.1	35.5	27.7	35.5	27.6	35.0	27.1	32.6	23.2	27.7	17.9	24.2	14.7
Hermosillo	23.7	8.6	25.7	9.3	27.8	11.1	32.5	14.5	35.8	17.7	39.2	22.3	38.9	25.0	38.1	24.5	37.8	24.0	34.7	18.9	28.5	12.8	24.2	9.2
TABASCO																								
Comalcalco	27.9	18.1	29.7	18.2	32.3	20.4	34.8	22.0	35.5	22.7	35.0	23.1	34.4	22.9	34.9	22.9	33.5	22.5	31.6	21.6	29.9	20.1	28.3	18.4
Villahermosa	29.2	18.8	31.6	19.7	33.5	21.0	35.5	22.8	36.5	23.4	36.0	23.4	35.3	23.2	36.0	23.2	35.0	22.9	33.4	22.1	31.5	20.8	30.1	19.5
TAMAULIPAS																								
Ciudad Victoria	24.2	10.6	25.1	11.8	28.5	14.2	33.4	18.6	34.3	21.0	35.5	22.7	35.2	22.9	36.1	22.9	33.4	21.5	30.1	18.1	26.1	13.6	24.4	10.6
Nuevo Laredo	18.2	6.7	20.8	9.1	25.5	12.9	29.4	18.0	32.4	21.5	35.1	24.5	36.1	25.0	36.3	25.3	33.3	23.2	29.0	18.4	23.1	11.9	19.4	8.3
Reynosa	20.7	9.2	23.2	10.5	26.8	15.3	30.2	18.7	32.4	20.8	33.8	22.9	35.5	23.5	35.9	23.9	34.0	22.6	30.0	18.4	25.3	13.6	22.2	9.7
Tampico	22.6	14.1	24.0	15.7	25.7	17.6	28.3	20.8	30.2	22.9	31.1	23.9	31.4	23.8	31.8	24.1	30.9	23.1	29.2	21.2	26.3	18.3	24.2	15.7
TLAXCALA																								
Huamantla	19.8	3.8	22.1	4.6	25.0	7.1	26.4	8.7	25.9	9.6	24.7	10.3	23.7	9.6	24.5	10.3	22.7	9.7	22.3	7.6	21.5	5.4	19.8	4.1
Tlaxcala	19.8	5.5	21.3	6.5	23.3	8.9	24.4	10.6	24.1	11.6	22.7	12.7	21.7	11.8	22.0	11.7	21.2	11.9	21.4	9.9	20.9	7.5	19.9	6.0
VERACRUZ																								
Alvarado	26.4	19.0	27.1	19.1	29.2	21.2	32.1	23.3	33.2	24.6	31.9	24.3	31.7	24.2	33.1	24.7	31.5	24.2	31.5	23.5	28.6	21.5	27.2	19.0
Córdoba	22.9	11.0	24.3	11.8	26.3	13.2	29.0	15.3	29.6	16.8	28.7	16.9	27.6	15.6	28.2	15.8	27.4	16.1	26.0	14.8	24.5	12.9	23.2	11.6
Jalapa	19.5	10.8	20.6	11.5	23.2	13.4	25.6	15.6	25.8	15.2	25.0	16.2	24.2	15.5	24.7	15.8	23.8	15.8	22.5	14.4	21.2	12.9	19.9	11.5
Orizaba	21.2	10.5	22.5	11.4	24.7	13.1	26.9	15.2	27.2	15.9	26.4	16.2	25.4	15.2	25.9	15.4	25.4	15.8	23.9	14.3	22.5	11.4	21.6	11.1
Papanla	22.3	14.3	23.9	15.3	26.8	17.6	30.3	21.1	32.0	22.9	32.0	23.4	31.5	22.8	32.3	23.1	31.1	22.3	29.1	20.4	25.9	17.5	23.4	15.4
Poza Rica	23.3	14.1	24.9	15.2	27.0	16.7	31.6	20.7	32.4	21.6	33.2	23.1	32.3	22.7	32.8	22.5	31.5	22.4	29.8	20.2	26.5	19.2	23.9	15.2
Veracruz	24.5	18.4	25.0	18.9	26.3	20.6	28.5	23.0	30.1	24.6	30.7	24.8	30.7	23.9	31.2	24.2	30.7	23.9	29.6	23.0	27.5	20.9	25.6	19.4
YUCATÁN																								
Izamal	29.5	16.7	31.2	17.2	33.2	18.8	35.6	20.9	35.4	21.9	34.6	22.6	34.0	22.2	34.3	22.2	33.6	22.5	31.9	21.0	30.6	18.5	29.8	17.0
Mérida	27.7	17.8	29.0	18.0	31.6	19.8	33.3	21.2	33.5	22.1	33.0	22.7	32.5	22.5	32.5	22.6	31.7	22.6	30.0	21.5	28.6	19.4	27.7	18.1
Carrillo Puerto	28.1	16.3	29.7	16.4	31.7	18.8	34.2	20.1	34.5	21.1	33.7	21.8	33.5	21.6	33.8	21.7	32.7	21.8	30.4	20.4	29.3	17.7	28.4	16.4
Progreso	25.4	19.4	26.3	19.3	28.6	20.8	29.9	22.2	30.0	32.2	30.1	23.9	29.5	23.7	29.7	23.9	29.7	24.0	28.4	23.4	26.8	21.5	25.7	20.0
Tizimin	29.0	15.8	29.5	16.0	31.9	18.0	34.5	19.7	34.6	20.9	33.8	21.9	33.3	21.5	33.7	21.5	32.5	21.6	30.9	20.0	29.6	17.4	28.7	15.8
ZACATECAS																								
Guadalupe	20.6	1.0	23.6	0.2	25.6	1.9	28.6	5.2	30.1	8.3	29.4	11.4	27.7	11.3	27.4	11.1	25.9	9.8	24.4	5.8	23.3	1.3	20.7	0.3
Sombretete	19.6	2.6	21.6	4.0	24.6	5.6	27.7	8.7	30.1	11.7	29.6	13.6	27.2	12.9	26.7	12.7	25.6	12.2	24.6	9.3	23.0	5.5	19.8	3.5
Zacatecas	19.9	3.9	21.2	4.9	22.9	6.9	25.2	9.4	26.8	11.3	25.9	12.1	24.4	11.3	24.5	11.3	23.8	10.7	23.8	8.7	22.7	6.3	19.8	4.6

5.- TRAGALUCES Y VENTANAS.

5.1.- Conceptos Básicos.

Cada local de un proyecto arquitectónico, tiene y debe tener su carácter, y parte de ese carácter se refleja en las aberturas hacia el exterior.

Estas aberturas se pueden obtener por medio de las ventanas y/o tragaluces, por ejemplo; un quirófano por las condiciones que implica su existencia, no tendrá ventanas para evitar la contaminación de agentes patógenos y polvo, en las labores que allí se desarrollan, en cambio una estancia de descanso, tendrá quizá unos grandes ventanales hacia un patio con una fuente, o hacia un jardín con unos árboles bien escogidos, o una excelente vista panorámica, todo esto para proporcionar una atmósfera de descanso para las personas que estén en el interior.

Por lo que es importante analizar el uso de cada local, su funcionamiento y quizá el observar como se resolvieron otros problemas semejantes, es esencial considerar la visita a diferentes obras arquitectónicas para sacar algunas conclusiones, no se puede dejar de pensar en ningún momento que se va a inventar el hilo negro, pero de cualquier manera habrá que tomar en cuenta otras soluciones, no para adoptarlas tal cual, sino para que nos sirvan de antecedentes y retroalimentación en los problemas que nos vayan surgiendo en el transcurso de nuestra actividad dentro del diseño arquitectónico.

5.2.- BLOQUES DE VIDRIO.

Quizá es por esto, el renovado impulso en la arquitectura que ha tenido el uso de los bloques de vidrio, no solo por la moda sino lo que fundamentalmente tienen de utilidad y de seguridad. El bloc está formado por dos capas de cristal que dejan en el interior un espacio con un vacío parcial, por lo que tienen un valor de aislamiento comparable a un muro de concreto con un espesor de unos 20 a 25 cm. Además pueden transmitir hasta el 80% de la luz que incida en ellos, y se hacen ideales para los lugares en que se necesita iluminación y además privacidad como los baños y áreas de servicios que por las necesidades de diseño tienen que dar a la calle.

Una de sus ventajas es que no se le condensa el vapor de agua en su superficie, solo que la temperatura de afuera llegue a ser de unos -30°C , no existe el problema de oxidación ni de penetración de insectos y de polvo y quizá su característica más importante, es que reduce el ruido en un promedio de 40 decibeles, claro que se tiene que utilizar en lugares en donde la ventilación se ha resuelto de otra manera.

La práctica nos ha enseñado que la mejor solución para casi cualquier espacio de una construcción, es tener por lo menos dos lugares por donde penetre la iluminación, lo cual quiere decir que en una recámara el tener una ventana en cada una de dos de las paredes nos permite lograr un espacio que tenga una iluminación más o menos repartida y que no existan lugares excesivamente contrastantes de luz y sombra, además el poder precisamente tener unos rayos de luz en ciertos lugares nos dan la oportunidad de

dramatizar algunos objetos o zonas de la casa.

Como por ejemplo darle iluminación cenital a la mesa del desayunador, hará más cálido y acogedor el ambiente. O conseguir la cantidad de luz necesaria para el lugar que se ha planeado para la lectura, la costura o cualquier otra actividad que requiera de iluminación concentrada y planeando que ella llegue de la derecha o de la izquierda lo cual será mucho mejor que si las personas se tienen que sentar enfrente de las ventanas.

Los cambios en el ambiente siempre serán interesantes si se planean con los tragaluces o domos, ya que los rayos del sol irán cambiando en los muros o en los pisos durante el día, lo cual nos trae a recordar que será necesario hacer unas gráficas solares, como las explicadas con anterioridad para determinar el movimiento del sol según la latitud del lugar en donde se planea la construcción y poder así determinar en donde se podrán lograr los efectos que deseamos en los contrastes de iluminación.

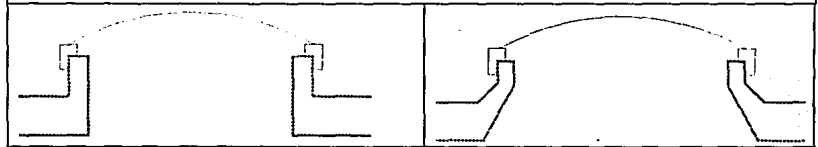
5.3.- TRAGALUCES O DOMOS.

Se llaman domos a los elementos prefabricados en aluminio y plástico, y tragaluces, a los que se construyen en la obra con aluminio o secciones de fierro ya sea tubular o estructural, con las que se pueden lograr diferente y variadas formas, y como material transparente el cristal, aún cuando también se puede utilizar el plástico como elemento translúcido, su intención es la misma; dejar pasar la luz solar, las dimensiones de los cristales, dependerá de su espesor y de las presiones del viento en esa región.

5.3.1.- Consideraciones Generales.

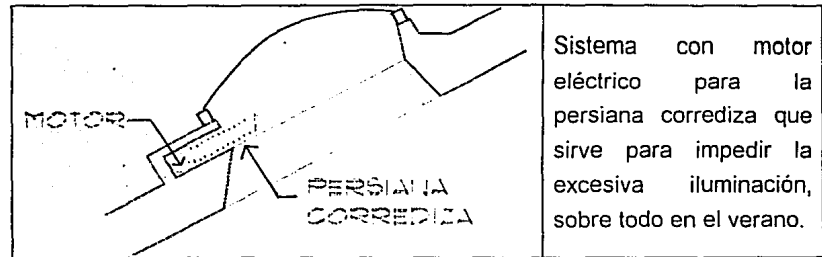
La cantidad de iluminación que entra por un tragaluz en el invierno dependerá del ángulo con la horizontal del tragaluz, la forma de la casa, y la latitud del lugar, en el verano sin embargo en casi toda la república, la luz penetrará casi verticalmente, factor que se tiene que considerar por las ganancias de calor que pueden ser excesivas, indudablemente se les puede diseñar algún elemento que bloqueé la luz, o si es necesario, colocarlas orientadas hacia el norte.

Por otro lado es importante hacer notar que un tragaluz puede proporcionar hasta cinco veces más iluminación que una ventana de equivalente tamaño, con casi la misma cantidad de ganancia de calor.



Diferentes formas de aberturas en las losas, la de la derecha dejará entrar mayor cantidad de iluminación.

Las aberturas implican que es necesario hacer un pretil en la losa superior, para poder colocar los elementos metálicos del domo o del tragaluz, y para evitar que el agua de lluvia al correr hacia la bajada de aguas, penetre dentro de la construcción, también hay que tener cuidado como se va a colocar la impermeabilización en las zonas de los tragaluces.



Sistema con motor eléctrico para la persiana corrediza que sirve para impedir la excesiva iluminación, sobre todo en el verano.

Se pueden diseñar toda una serie de sistemas manuales o mecánicos, como el mostrado arriba, con el objeto de bloquear la entrada de luz directa si así se necesita. Y así como en las ventanas se tienen cortinas de tela, persianas de aluminio o de plástico, en los domos con un poco de imaginación se implementan los mismos elementos, para no estar dependiendo de los motores eléctricos y de su mantenimiento.

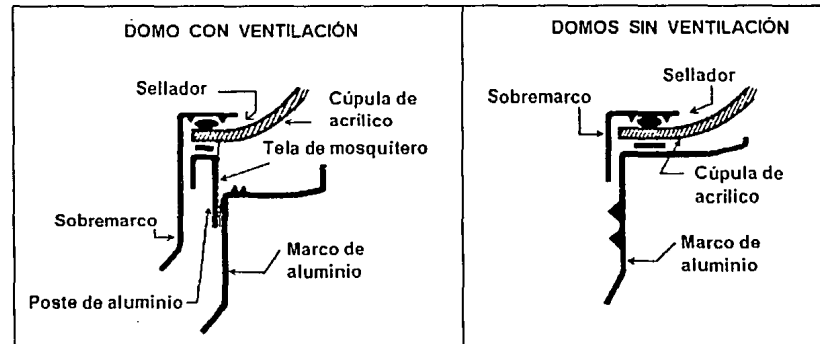
Otro sistema que se puede utilizar, que es mucho más sofisticado, es el llamado Skylid, que se cierra y abre por medio de un mecanismo automático que funciona con gas freón. Consiste en unas persianas que al darles el sol se abren, y al caer la noche y enfriarse el mencionado gas, entonces se cierran no dejando escapar el calor interior, este tipo de sistemas pueden ser muy útiles sobre todo en los tragaluces que por su ubicación, quedan lejos de su acceso para el mantenimiento o reparación, todo esto sin mencionar que se les puede colocar cristal de color o del que se llama solar gray o algún otro parecido, los cuales vienen en varias intensidades de tono de las cuales puede uno escoger según las necesidades del lugar.

DOMOS CON VENTILACIÓN			
Dimensión Nominal de Línea	Área de Penetración de Luz	Dimensión A	Espesor del Plástico
44 x 44	1936 cm ²	44 x 44	3 mm
60 x 60	3600 cm ²	60 x 60	3 mm
90 x 90	8100 cm ²	90 x 90	3 mm
120 x 120	14400 cm ²	120 x 120	5 mm
180 x 180	32400 cm ²	180 x 180	5 mm
44 x 60	2640 cm ²	44 x 60	3 mm
44 x 90	3960 cm ²	44 x 90	3 mm
44 x 120	5280 cm ²	44 x 120	3 mm
60 x 90	5400 cm ²	60 x 90	3 mm
60 x 120	7200 cm ²	60 x 120	3 mm
60 x 180	10800 cm ²	60 x 180	5 mm
90 x 120	10800 cm ²	90 x 120	5 mm
90 x 240	21600 cm ²	90 x 240	5 mm
120 x 180	21600 cm ²	120 x 180	5 mm
180 x 240	43200 cm ²	180 x 240	5 mm

DOMOS SIN VENTILACIÓN			
Dimensión Nominal de Línea	Área de Penetración de Luz	Dimensión A	Espesor del Plástico
44 x 44	1936 cm ²	44 x 44	3 mm
60 x 60	3600 cm ²	60 x 60	3 mm
90 x 90	8100 cm ²	90 x 90	3 mm
120 x 120	14400 cm ²	120 x 120	5 mm
180 x 180	32400 cm ²	180 x 180	5 mm
44 x 60	2640 cm ²	44 x 60	3 mm
44 x 90	3960 cm ²	44 x 90	3 mm
44 x 120	5280 cm ²	44 x 120	3 mm
60 x 90	5400 cm ²	60 x 90	3 mm
60 x 120	7200 cm ²	60 x 120	3 mm
60 x 180	10800 cm ²	60 x 180	5 mm
90 x 120	10800 cm ²	90 x 120	5 mm
90 x 240	21600 cm ²	90 x 240	5 mm
120 x 180	21600 cm ²	120 x 180	5 mm
180 x 240	43200 cm ²	180 x 240	5 mm

Corte esquemático de los dos tipos de domos más utilizados en las construcciones, con sus tablas de medidas y de características que permitan analizar cada uno de ellos.

Con las tablas anteriores se pueden escoger el tipo de domo que más nos convenga, se piden al fabricante, con las dimensiones de la columna que dice "Dimensión Nominal de Línea" y la abertura de albañilería será la que se marca en la columna que dice "Dimensión A".



Detalle de cada una de las secciones de apoyo, de los domos con ventilación y de los domos sin ventilación.

Los tragaluces pueden añadir luz ventilación y en algunos casos vista en los diseños arquitectónicos, sin afectar la privacidad y además una cosa muy importante, ahorran espacio en los muros.

Con los tragaluces o domos se pueden diseñar jardines interiores y realzar el diseño familiar de cualquier área al producir diferentes estados de ánimo.

CAPÍTULO E

Cuando están bien orientados, pueden sacar ventaja del calor del sol, lo que puede ser muy útil en el invierno, sin embargo a veces las limitaciones estructurales pueden hacer que no se pueda colocar el domo donde se desea, sin embargo hay ciertas maneras para lograr el efecto deseado, por ejemplo, si una trabe se atraviesa, se podrá hacer un tragaluz a cada lado de la trabe y manejarlo constructivamente, en el exterior como si fuera uno solo.

Todos los domos y tragaluzes dejan penetrar la luz, pero la calidad y la cantidad de la iluminación son afectadas por la orientación y por el tipo de material, ya sea cristal o plástico, transparente o de color lo que se haya escogido para colocarle encima.

Un domo orientado hacia el Sur (colocado al Norte en el hemisferio Sur) con un material transparente, ya sea de plástico acrílico o cristal, puede dejar entrar una gran cantidad de luz y de calor, y además producir deslumbramiento, para evitar esto se pueden utilizar cristales o materiales de color, en cambio los domos orientados hacia el Norte, proveen de una iluminación suave y uniforme, pero proporcionan menos calor.

Al pensar en un jardín interior, habrá que ver las plantas que se quieren hacer crecer, ya sean plantas que necesiten la luz directa del sol, o de las llamadas de sombra, las cuales con tener cerca una fuente de luz -hay en el mercado reflectores especiales eléctricos- aunque no de directa será suficiente, para ello es necesario conocer el movimiento del sol durante el día, para que lo que se siembre tome ventaja de ello.

Algunos domos tienen ventilación y estos sistemas son muy útiles en lugares como baños y cocinas, y en los climas calientes son de gran ayuda, ya que con un domo o tragaluz que se pueda abrir en la noche, hará que se escape rápidamente el aire caliente y refresque la casa.

Si los domos se orientan hacia el Sur en un rango de 20 grados al Oriente o al Poniente, admitirán la máxima cantidad de calor del sol, en el invierno. Y algo que hay que recordar es que, para una ganancia óptima de calor, habrá que inclinarlos hacia el Sur en un ángulo igual a la latitud del lugar más 15°.

Por ejemplo en la Ciudad de México, la latitud es de aproximadamente 19° 24' grados de latitud norte, entonces la inclinación del sol, según lo anterior sería de $19^{\circ} 24' + 15^{\circ} = 34^{\circ} 24'$ con respecto a la horizontal.

Respecto a los tipos de domos que existen en el mercado, se puede decir que hay muchos fabricantes y que más o menos tienen las mismas características de colocación y de los materiales que utilizan.

5.4.- VENTANAS.

Las ventanas no solamente proveen de luz, vista y de ventilación en las construcciones, sino que también pueden y deben crear un sentido del espacio además pueden ser manejadas como parte de un sistema solar pasivo.

Sin embargo cualquiera que sea la intención primordial, y al decir primordial, queremos decir que en algunos lugares será más importante la iluminación, como en las bibliotecas, en otros será la vista, como en un proyecto frente a una montaña, valle o frente al mar, y en otros será la ventilación, como en los lugares calurosos, o de reunión de muchas personas.

De cualquier manera hay que tener en cuenta varios principios básicos.

5.4.1.- Iluminación.

Aún cuando parezca que todas las áreas del cuarto de que se trate deban estar iluminadas, hay que evitar la iluminación uniforme ya que producirá un efecto sin interés en su conjunto, a menos de que se trate de un área como oficinas, talleres o algo parecido en donde sea necesario mantener un nivel de iluminación constante.

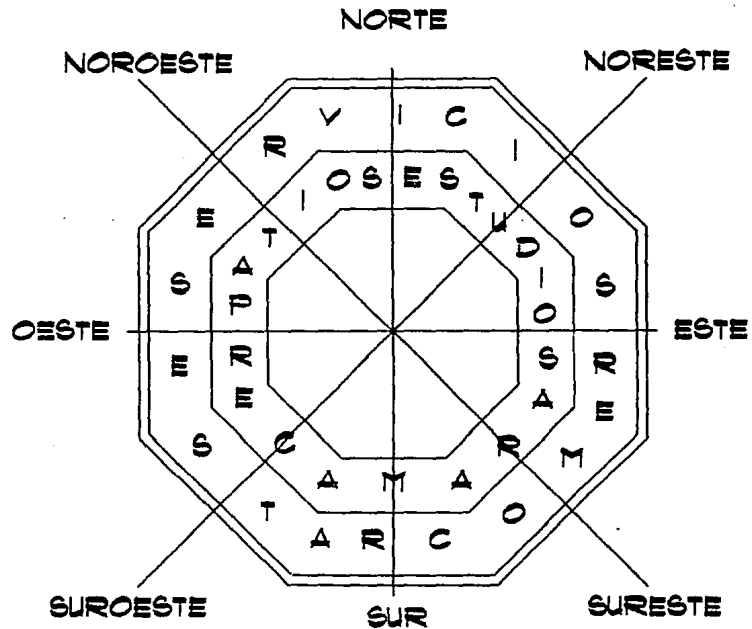
Probablemente la orientación de las ventanas sea el factor más importante, por la cantidad de luz y la calidad de la misma en cuanto a sus tonalidades, las ventanas al Sur serán las que proporcionen más cantidad de luz y calor por un período largo del día, pero no son las más recomendables en climas calurosos, salvo que estén protegidas con volados.

La luz del Este y del Oeste requiere un trato cuidadoso sobre todo en el verano, ya que en el amanecer y el atardecer su ángulo de incidencia es muy bajo y puede calentar demasiado el interior del local. Las primeras tienen mucha iluminación en la mañana y poca después del mediodía, las ventanas

CAPÍTULO E

al Oeste tienen la característica contraria, es decir poco iluminadas en la mañana y en la tarde con mucho sol y calor.

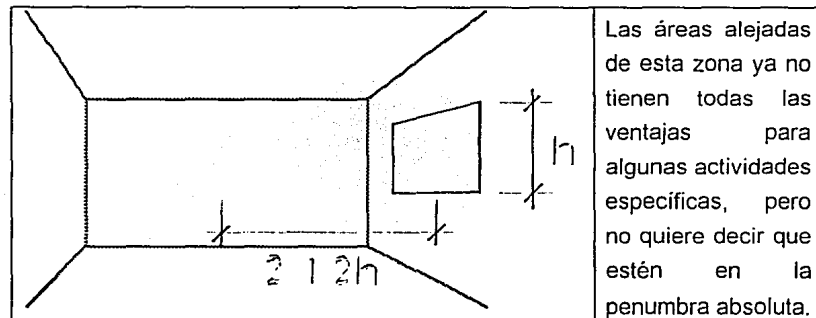
La luz del Norte tiene la ventaja que casi todo el día tiene una misma intensidad por lo que es muy utilizada en las fábricas, oficinas y estudios de los pintores, con la desventaja de que las ventanas en ésta posición hacen fríos los cuartos en los que se colocan.



Este cuadro nos muestra las orientaciones que pueden ser utilizadas para la ubicación de los elementos más comunes en una casa habitación, ubicada en una zona templada o fría, pero para una zona extremosa calurosa, se tendrá especial cuidado en los volados o parasoles para proporcionar un asoleamiento mínimo, pero con una buena iluminación, o girar 180 grados las ubicaciones.

Características de los tamaños y formas de las ventanas.

Porcentajes de iluminación que dejan pasar diferentes tipos de cristales, habrá que verificar en el momento las características de los materiales existentes en el mercado.



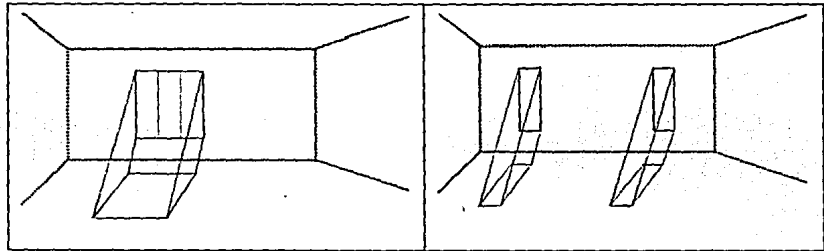
La única manera de sobreponerse a esta limitante es colocar un tragaluz en el fondo del cuarto, o ventanas en los otros muros. Otro elemento a considerar es el color de los muros entre más claros sean y menos rugosos

reflejarán más luz al resto del local.

Cuando se está tratando de encontrar las dimensiones apropiadas de las ventanas hay que recordar que la distancia en que la iluminación que penetra por una ventana es útil en una distancia aproximada de 2 1/2 veces la altura de la misma.

Un muro blanco y liso refleja hasta el 90% de la luz, y los de color beige, rosa, azul pálido, verde y gris claro, reflejan del 30 al 50%.

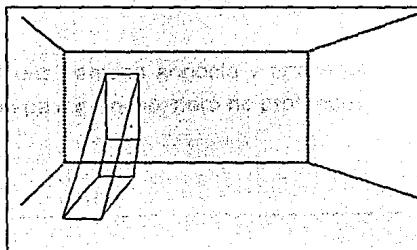
Los colores oscuros y los lambrines de piedra o madera oscura reflejan menos del 15%.



Una sola ventana de buen tamaño, puede dar una iluminación más pareja que varias ventanas pequeñas, pero también depende de que se estudie con cuidado su ubicación dentro del cuarto.

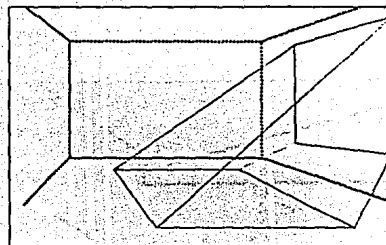
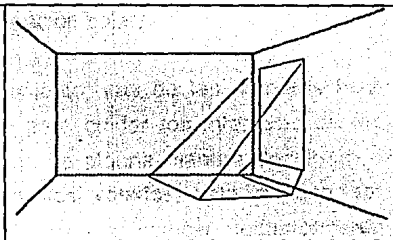
Se muestran diferentes opciones de colocación y de tamaño de las

ventanas.



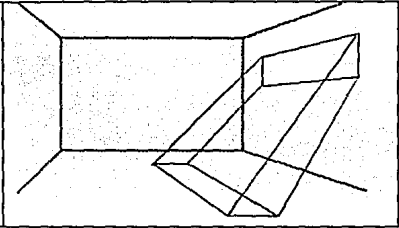
Las ventanas angostas crean un patrón estrecho de iluminación.

Una ventana junto a una pared, permite que la luz sea reflejada, sobre todo si la pared es de color claro.



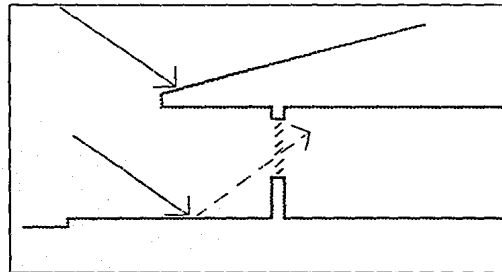
Una ventana alta, crea un patrón profundo de iluminación, es útil cuando se necesita al fondo del cuarto.

Y una ventana angosta y ancha dará un patrón ancho, pero no profundo



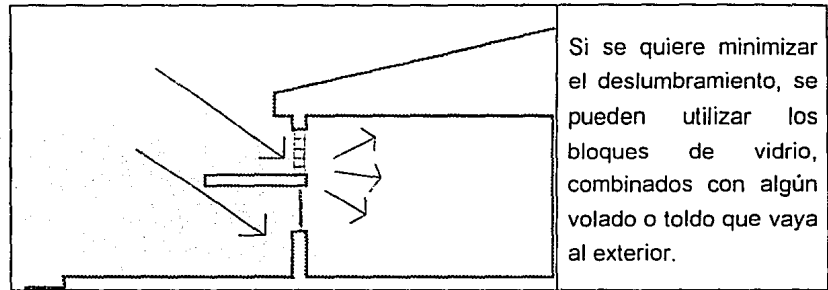
Los siguientes puntos son dirigidos para las construcciones que están ubicadas en zonas de altos niveles de iluminación solar.

Cuando se tiene demasiado asoleamiento, una de las maneras para minimizar la entrada excesiva del sol y/o para cuidar los interiores de las construcciones de los rayos ultravioleta que de alguna manera decoloran o degeneran algunos materiales, es utilizar los volados, que pueden ser construidos desde un principio y quedarán fijos, o colocar posteriormente verandas, toldos, persianas, ya sea interiores o exteriores, y hasta el planeamiento del sembrado de algunos árboles.



Para minimizar la entrada excesiva de asoleamiento, cuando por la orientación de la edificación se tenga una ubicación del local, no muy adecuada para su utilización.

El deslumbramiento es el contraste entre la iluminación que entra de la bóveda celeste y la iluminación interior del cuarto, también se puede reducir si se proporciona iluminación desde dos direcciones diferentes o los colores del piso y los muebles del interior se hacen de tonos semi claros.

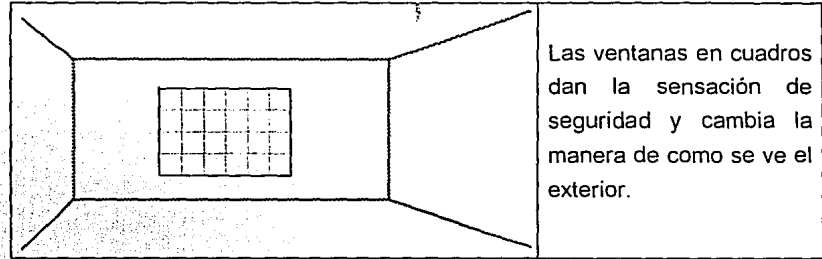


5.4.2.- Ventanas panorámicas.

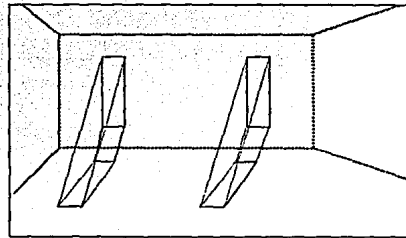
El ser capaz de poder ver a través de una ventana es tan importante para nosotros como recibir la luz y el aire a través de ella. Las ventanas nos conectan con el medio ambiente, realza nuestro sentido de espacio y en muchas ocasiones satisfacen nuestra curiosidad por observar.

En algunos casos se necesitará analizar detenidamente la ubicación y el tamaño de las ventanas en función de lo que se puede ver a través de ellas, especialmente si se tiene un panorama de algún valle o montaña, o se ha diseñado para que la vista sea a un jardín interior muy bien arreglado.

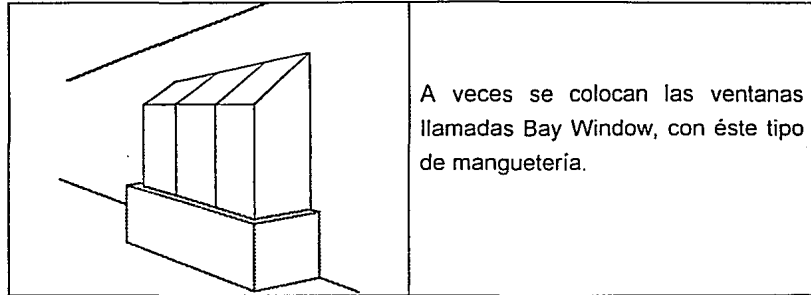
Si una escena requiere una ventana grande, se puede pensar que en vez un cristal de gran tamaño, se hagan cristales más reducidos poniendo manguetes intermedios para hacer cuadros pequeños, los cuales podrán crear una vista de múltiples encuadres que pueden realzar nuestra relación con el exterior, reteniendo el sentido de abrigo y de seguridad.



Algunos arquitectos recomiendan varias ventanas medianas en vez de una gran ventana panorámica; ya que esto permite a la gente tener destellos de la vista externa cuando se mueven dentro de la casa, se piensa que así el gran panorama, puede ser un poco menos abrumador, sin perder su atractivo por los diferentes puntos de vista



por los que se puede observar, atractivo que podría desaprovechar si se ve enteramente de un solo lugar.



Los manguetes horizontales de las ventanas tendrán que ser de menos de 7.0 centímetros de ancho para que no sean obstrucción para la vista, ya que los manguetes verticales crean menos problema en éste sentido. Hay que recordar que los mosquiteros interfieren con la vista, y si no se necesita ventilación por esa ventana o se puede proporcionar por otro lado hay que pensar en vidrios fijos.

La colocación de las ventanas se hará donde puedan proporcionar la mejor vista evitando que se coloquen frente al muro o a la barda de una construcción adyacente.

Si el frente de la casa está en una calle muy transitada habrá que diseñar para que la vista se proporcione en un segundo nivel o que se coloquen ventanas altas, de manera que los transeúntes no puedan fisgonear hacia el interior.

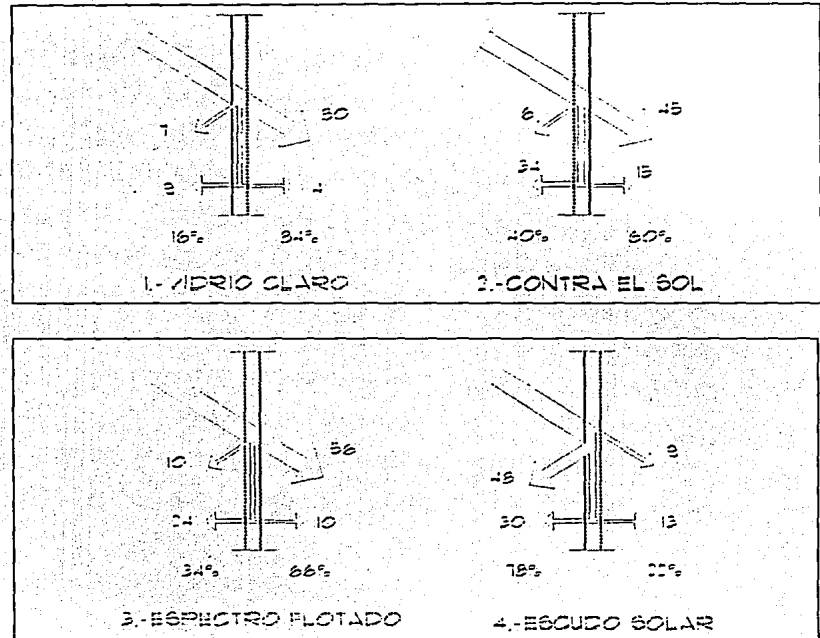
El ruido puede ser un problema sin embargo se pueden colocar ventanas de doubles cristales o también los bloques de vidrio.

La altura de los antepechos se tendrán que tomar en cuenta no solamente por la vista sino también por la función del cuarto y el arreglo de los muebles. Idealmente el pretil debe estar por debajo del nivel de los ojos, como sea la posición determinada de las personas, ya sea que estén sentados o parados, así en una cocina, la ventana deberá estar arriba del nivel de la mesa de trabajo o del fregadero (1.10 m.), en un comedor la altura de la ventana será aproximada a la altura de la mesa del comedor (0.74 m.) y en una recámara, *probablemente* quede bien a 1.20 metros del piso.

Si se tiene la vista a un patio o jardín fuera de la recámara, la altura de la ventana podrá estar prácticamente desde el nivel de piso, solamente con el cuidado de que cuando llueva si de alguna manera se encharca el exterior, que no se meta el agua dentro de la casa.

Una manera muy práctica de ubicar las ventanas es hacer una pequeña maqueta de cartón por cada cuarto, o de toda la casa, donde se puede analizar y proponer la cantidad y calidad de luz que se puede tener ya sea por ventanas o por los tragaluces.

También hay que tener en cuenta las propiedades físicas de transmisión de los cristales, que dependerá de su composición química, como ejemplo se muestran las de algunos tipos de cristales.



5.4.3.- Ventilación.

Una característica muy importante del aire, es que se mueve por una diferencia de temperatura o de presión.

El aire al calentarse pesa menos y se eleva, en una casa una

CAPÍTULO E

ventilación a través de un domo en el techo crea una corriente de aire y succiona el aire a través de cualquier abertura o ventana abierta, esta diferencia de presión es la que más influencia tiene en el movimiento del aire de alta presión (abajo) a baja presión (arriba), que se puede aprovechar en nuestro provecho.

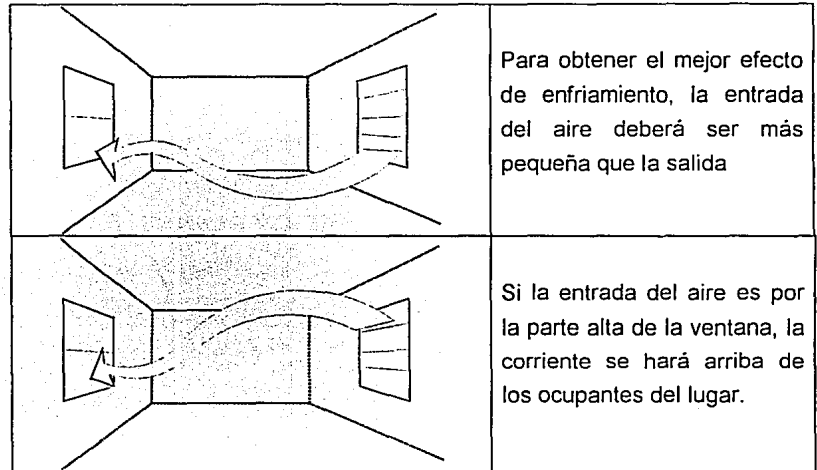
Cuando el viento le da a una pared de la casa la presión aumenta en ese muro y en el muro que está al otro lado de la casa, la presión del aire baja.

Las ventanas en estos dos muros opuestos optimizan el movimiento del aire, ya que el aire que entra a través de una ventana y sale por la del lado opuesto crea lo que se llama ventilación cruzada, esto es particularmente útil en los climas calurosos. En este tipo de ventilación, la posición de las ventanas opuestas es más efectiva en la dirección de paredes Norte, Sur.

Se pueden estudiar los patrones del viento según las estaciones, o en muchos casos la información que se obtenga de los vecinos, que ya hayan construido, pueden ayudar a sacar ventaja de los vientos dominantes, así como las protecciones necesarias en los días de lluvia.

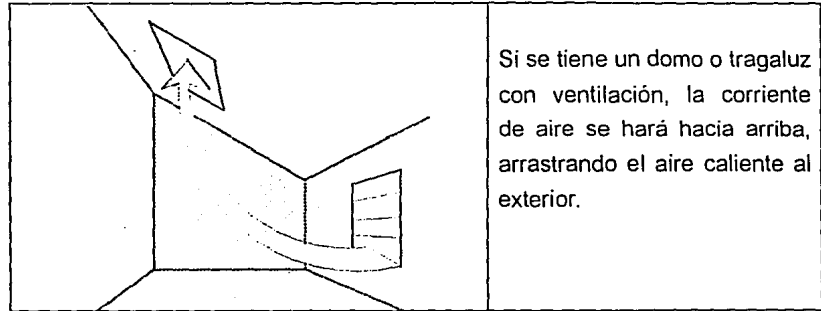
En los lugares cálidos o en el verano, algunos de los efectos de enfriamiento del aire depende de su velocidad, por esos es importante saber de donde vienen los vientos dominantes, ya que para acelerar el flujo del aire en un área, hay que hacer las ventanas por donde sale el aire más grandes que aquellas por donde el aire entra, o en diferente nivel unas de otras respecto al piso.

Las corrientes de aire a través de una casa proporcionan el mayor confort, cuando circulan al nivel de los ocupantes, también hay que poner las ventanas de ventilación lejanas de las esquinas para maximizar el movimiento del aire.



En las zonas cálidas de los trópicos, como nuestras costas, es imprescindible proporcionar lo que se llama ventilación cruzada, que significa tener entrada del viento en dos de los lados opuestos del cuarto, esto significará que se obtenga la máxima ventilación, ya que se las ventanas se colocan en dos lados adyacentes, no se obtienen los máximos beneficios,

pues el viento hace un corto circuito y el aire que entra sale casi inmediatamente por la ventana de al lado, lo que deja un volumen de aire en el otro rincón casi sin moverse.



Si éste domo se puede abrir en la noche por algún medio, la ventilación y el ambiente en un clima caluroso, mejorarán notablemente.

Cualquiera que sea el sistema que se escoja, lo más importante es que se analicen los efectos del viento, asoleamiento, orientación, lluvia, temperatura, del lugar en donde se van a colocar los domos o tragaluces y la intención de los mismos, respecto al efecto que produzcan en el interior.

6.- EN LAS CONSTRUCCIONES.

Lo que hemos llamado factores de diseño ambiental, se han mencionado con el propósito de enfocarlo hacia nuestro principal interés, que son los diseños arquitectónicos, aquí el problema es diseñar algo, que en su funcionamiento sea un lugar de confort para sus moradores, esto significa que en términos de la temperatura interior, esta siempre esté en el rango de comodidad para el cuerpo, lo cual indica que si en el exterior hace mucho frío, en el interior se conserve tibio, y si en el exterior la temperatura es muy elevada, entonces en el interior el ambiente sea fresco.

Por supuesto que esto es mucho más complicado de lo que parece, pero para fines prácticos lo que a continuación se menciona puede ser de utilidad general.

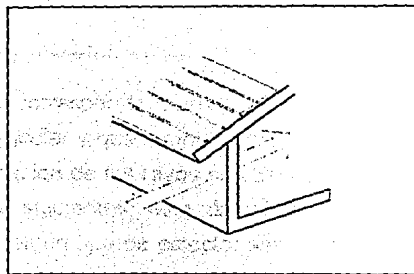
El calor siempre fluye de áreas calientes hacia las áreas frías en su afán de llegar a un balance, en una construcción de un piso, los porcentajes de pérdidas de calor o de ganancias del mismo tienen ciertos valores diferentes que en las construcciones de dos pisos, en el primer caso las pérdidas por la techumbre llega al 70%, por el tiro de la chimenea si lo hay, puede tener un valor de 14% y por muros y pisos el 16%.

En los edificios de dos pisos, se puede perder calor por el techo en un 27%, por el tiro de la chimenea el mismo 14% anterior, por los muros y pisos el 40% y por las ventanas y puertas exteriores el 19%. En una construcción "moderna" con grandes ventanas, se perderá más calor por las ventanas y en

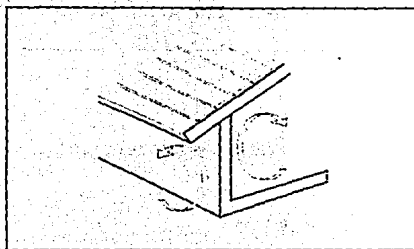
una construcción más antigua, podrá haber más pérdidas por las filtraciones, lo que es indudable es que todos los edificios perderán (o ganarán calor), aunque el flujo de calor no se puede impedir totalmente, nuestro objeto es disminuir su velocidad para que los cambios de temperatura no sean tan bruscos.

Por lo expuesto anteriormente se insinúa que las mayores pérdidas de calor son por las techumbres y por los muros, sobre todo los que están más expuestos al frío o al calor, o quién no ha tocado un muro que de al poniente, en el atardecer y que haya sentido el calor almacenado en los tabiques o en la mampostería?, por lo tanto los muros serán los elementos básicos de análisis.

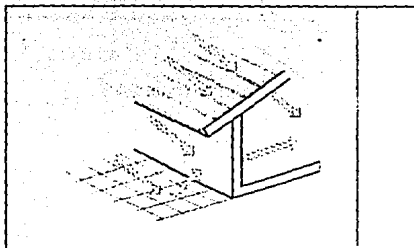
El calor se mueve a través de las tres formas características del calor, por conducción, por radiación y por convección, nuestros cuerpos para estar confortables deben de eliminar el exceso de calor, ya que producimos más calor del que necesitamos, por lo que nuestra comodidad dependerá de la diferencia de temperatura del medio que nos rodea, ya sea que esté más cálida o fría que nuestra propia temperatura y deberemos de ser capaces de transferir este exceso de calor a los objetos que nos rodean, o al aire, a un ritmo balanceado, pues si no lo transferimos con la suficiente rapidez, entonces tendremos calor, y si lo perdemos muy rápido, entonces sentiremos frío.



Conducción, el calor se mueve a través de los sólidos o de un sólido a un objeto adjunto, viajando de una molécula a la siguiente, proviniendo que los dos objetos están en contacto.



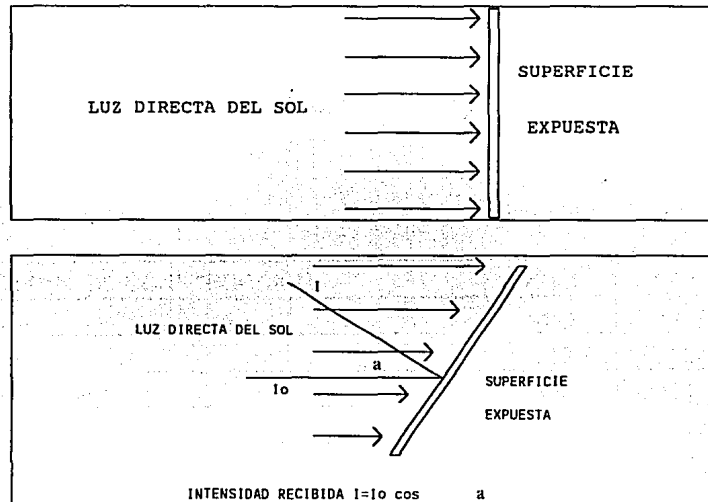
Convección, el movimiento del aire transporta el calor de una superficie caliente a otra más fría, pero si el aire está atrapado en pequeños espacios, entonces no se mueve y sirve como aislante.



Radiación, el calor es transmitido por las ondas electromagnéticas de un objeto caliente a otro, sin calentar el aire entre ellos, el objeto que recibe las ondas, absorbe algunas y otras las refleja.

Es importante recordar que la máxima transmisión del calor de los rayos

solares, corresponde, cuando llegan a la superficie en cuestión de una manera perpendicular y que su intensidad irá disminuyendo en función del coseno de la inclinación de los rayos con esta superficie, como se puede apreciar en las gráficas siguientes, este dato adquiere importancia para cuando se va a diseñar algún tipo de colector solar, ya sea para calentar el agua, como para la obtención de suministro de energía eléctrica, o para alguna inclinación especial en los vidrios de las ventanas, o en los cristales de un invernadero.



El aire es diatérmico, esto quiere decir que es "transparente" a las ondas electromagnéticas, ya que no es calentado por ellas, solo se calienta por un proceso indirecto que es la convección.

Existen los métodos para calcular de una manera bastante precisa, de como gana o pierde calor una construcción, es el coeficiente "K" también llamado conductancia, la cifra que representa la pérdida de calor unitaria de una parte del edificio, y sumando las cantidades de calor que se pierden en cada uno de los elementos por unidad de tiempo, se podrá determinar las pérdidas o ganancias de calor de toda la construcción.

Este coeficiente "K" se mide en $W/m^2^{\circ}C$ (watts sobre metro cuadrado por grado centígrado) y por unidad de tiempo.

Tabla de valores para el coeficiente "K" para algunos de los materiales más comunes.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Densidad	Conducti-
	K/m3	vidad W/m°C
Adobe	1400	0.058
Corcho	145	0.042
Fibra de madera	600	0.110
Poliestireno expandido	15	0.037
Poliuretano en placa	30	0.020
Fibra de vidrio	80	0.035
Concreto	2400	1.80
Cloruro de polivinilo expandido	26	0.04
Mortero de cemento arena	2000	0.63

CAPÍTULO E

Tabique prensado	2100	1.30
Tabique recocido	1800	0.96
Tabique hecho a mano	1500	0.65
Yeso en aplanado	1280	0.46
Tablaroca	950	0.16
Lámina de asbesto	1900	0.76
Teja de barro	1750	1.05
Acero	7760	58.00
Acero inoxidable	7700	46.50
Aluminio	2650	220.00
Cobre	8938	350.00
Bronce	1000	64.00
Plomo	11340	34.00
Mármol	2500	2.00
Arenisca	2000	1.3
Caliza	2180	1.4
Granito	2600	2.5
Pizarra	2700	2.00
Tezontle	1250	0.19
Madera blanda (pino)	610	0.13
Madera dura (encino)	700	0.15
Triplay	530	0.14
Vidrio sencillo	2200	0.93
Vidrio sencillo	2700	1.16

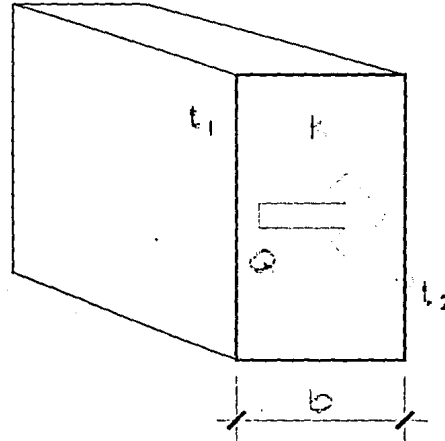
Los elementos que se mencionan son los que más se utilizan en las construcciones, aquí sucede que van a adquirir un cambio de temperatura por efecto del clima imperante en el exterior, en el caso de que sea calurosa la zona en cuestión, los muros y techumbres se calentarán por la radiación del sol también por el albedo (% de reflexión de las superficies cercanas) y por la convección del aire caliente, y se transmitirá hacia el interior de las construcciones por la conducción.

Cuando en las dos caras de un material se tienen diferentes temperaturas, la energía calorífica viaja a través del material mediante choques moleculares en el sentido de la temperatura más elevada a la más baja según la segunda ley de la termodinámica, en este proceso participan los electrones libres que existen dentro del material, estos electrones se mueven tanto con el estímulo eléctrico como con el térmico, la mayor parte de los metales son buenos conductores del calor pues tienen esta característica de los electrones libres, en general se puede decir que un buen conductor de electricidad es un buen conductor del calor.

De los experimentos del flujo de calor a través de un material en forma de placa, se han deducido algunas consideraciones importantes:

- 1.- La cantidad de calor que se transfiere por unidad de tiempo es directamente proporcional a la diferencia de temperatura de las dos caras.
- 2.- La cantidad de calor que se transfiere por unidad de tiempo es directamente proporcional al área de la placa.

3.- La cantidad de calor que se transfiere por unidad de tiempo es inversamente proporcional al espesor de la placa.



Por medio de la siguiente fórmula, se puede calcular el flujo de calor por la conducción

$$Q = \frac{k}{b} A (t_1 - t_2)$$

En donde Q=la cantidad de calor en Watts por metro cuadrado.

k=conductividad del material en W/m °C.

b=espesor del material en metros.

A=área en m² expuesta.

t_1 =temperatura exterior.

t_2 =temperatura interior.

Por ejemplo queremos saber que cantidad de calor (Q) pasa por un muro de tabique hecho a mano si:

$$A=12 \text{ m}^2$$

$$b=.15 \text{ m.}$$

$$k=0.65 \text{ (según tablas)}$$

$$t_1=30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2=21 \text{ }^\circ\text{C}$$

Substituyendo en la ecuación tendremos:

$$Q=0.65/.15 \times 12 \times 9 = \underline{468 \text{ Watts.}}$$

¿Que cantidad de calor pasa por un muro de los mismos metros cuadrados pero hecho de adobe?

Cambiarán los valores de $b=.21 \text{ m}$ y el de $k=0.58$

Substituyendo:

$$Q=0.58/.21 \times 12 \times 9 = \underline{298.3 \text{ Watts.}}$$

Y así se pueden ir sacando los valores para las ventanas y para las techumbres, con lo que se sabrán las precauciones a tomar para compensar las excesivas ganancias o pérdidas de calor.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Allen, Edward. 1990.
Fundamentals of Buildings Construction.
John Wiley & Sons, New York.

2. Brenda y Robert Vale. 1981
La Casa Autosuficiente.
H. Blume Ediciones.

3. Brown, Theodore L. 1987
Química, La Ciencia Central.
Le May, H. Eugene Jr.
Prentice Hall.

4. Creixell M. José. 1957
Estabilidad de las Construcciones.

5. Cruz/Chamizo Garritz. 1991
Estructura Atómica.
Addison-Wesley Iberoamericana.

6. Ching, Francis. Adams, Cassandra. 1991
Building Construction Illustrated.
Van Nostrand Reinhold.

7. Ellis, W.J. 1974

Ingeniería de Materiales.

Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.

8. Fisk, Marian Jacobs. Anderson, H.C. William. 1982

Introduction to Solar Technology.

Addison Wesley, Inc.

9. Gonzalez, Gerardo Mayor 1979

Materiales de Construcción.

Mc Graw-Hill

10. Gordon, J.E. 1977

The New Science of Strong Materials.

Penguin Books Ltd. Harmondsworth, England.

11. Izard, Jean-Louis. Guyot, Alain 1983

Arquitectura Bioclimática.

Edit. G. Gilli S.A.

12. Keyser, Carl A. 1988

*Ciencia de Materiales
para Ingeniería.*

Edit. Limusa

13. La comba Ruth. 1991

Manual de Arquitectura Solar.

Edit. Trillas.

14. McGuinness, Stein, Reynolds. 1980
*Mechanical and Electrical Equipment
for Buildings.*
John Wiley & Sons.

15. Murphy-Smoot. 1987
FÍSICA, Principios y Problemas.
Cecsa.

16. Parker, Harry. 1976
Simplified Design of Reinforced Concrete.
John Wiley & Sons.

17. Pearson, David. 1989
The Natural House Book.
Simon & Schuster Inc.

18. Resnick, Robert. Halliday, David. 1986
Física 1ª Parte.
Cecsa.

19. Rivero, Roberto. 1988
Arquitectura y Clima.
Universidad Nacional Autónoma de México.

20. Soc. de Arquitectos Mexicanos
Cartilla de la Vivienda. 1958
I M S S.

21. Salvadori, Mario. 1990
Why Buildings Stand Up.
W. W. Norton & Company.

22. Tudela, Fernando. 1982
Ecodiseño.
Universidad Autónoma Metropolitana.

23. Universidad La Salle. 1989
Materiales y Procedimientos de Construcción.
Edit. Diana.

24. Vélez González, Roberto. 1991
La Ecología en el Diseño Arquitectónico.
Edit. Trillas.

25. W. E. Schulze, Simmer. 1970
Cimentaciones.
Edit. Blume.

26. W.C. Panarese. S.H. Kosmatka. F.A. Randall Jr. 1991
Concrete Masonry Handbook.
Portland Cement Association.