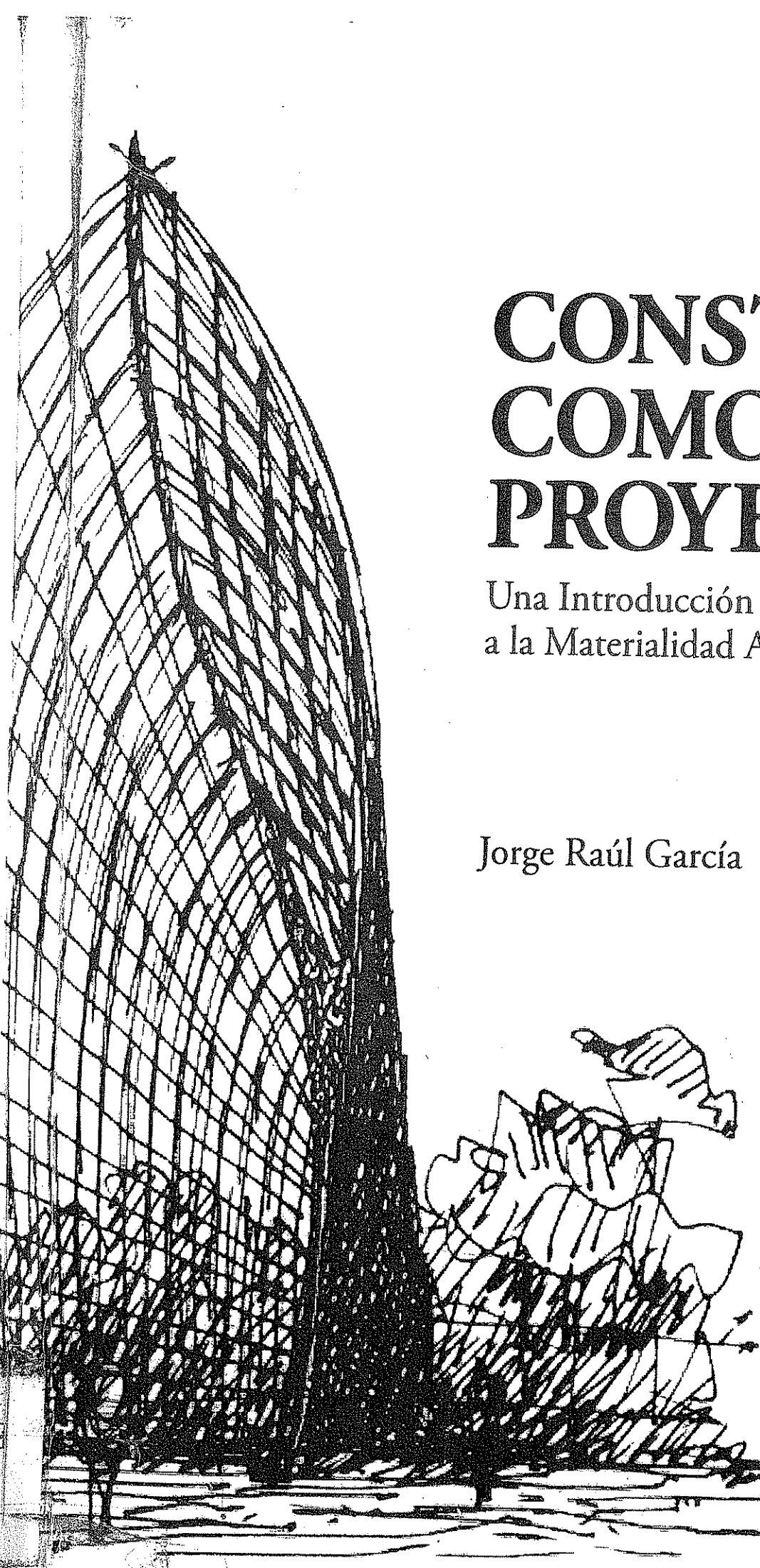




CONSTRUIR COMO PROYECTO

Una Introducción
a la Materialidad Arquitectónica

Jorge Raúl García

Librería
AKADIA
Editorial

CONSTRUIR COMO PROYECTO
Una Introducción a la Materialidad Arquitectónica

CONSTRUIR COMO PROYECTO

Una Introducción a la Materialidad Arquitectónica

JORGE RAÚL GARCÍA

García, Jorge Raúl

Construir como proyecto. - 1a ed. - Buenos Aires: Librería Akadia Editorial, 2007.
240 p. ; 28 x 20 cm.

ISBN 978-987-570-063-5

1. Arquitectura. I. Título
CDD 720

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Biblioteca

Procedencia... Reg. J. R. GARCIA
Fecha de Ingreso... 20-9-07
Precio... DONACION

ISBN 978-987-570-063-5

Diseño Gráfico: NAHUEL MARTÍN BLANCO

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, archivada o transmitida en forma total ni parcial, sea por medios electrónicos, mecánicos, fotocopiado o grabado, sin el permiso previo de los editores que deberá solicitarse por escrito.

© by García, Jorge Raúl

Librería AKADIA Editorial, 2007
Paraguay 2078 (1121) - Buenos Aires
Tel./Fax: 00 54 11 4961-8614/4964-2230
www.editorialakadia.com.ar
akadia@arnet.com.ar

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

Nº Registro... 13683

Jorge Raúl García es arquitecto desde el año 1972. Es profesor titular del Taller Vertical de Arquitectura I a VI y profesor adjunto del Taller Vertical de Procesos Constructivos I, II y III de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Ha sido premiado en numerosos Concursos Nacionales de Arquitectura y cuenta con una dilatada labor profesional independiente.

ÍNDICE

PRÓLOGO	11
INTRODUCCION	13
- Construir ideas arquitectónicas	13
- Propuesta pedagógica	14
 1ª. parte: PARTIDO Y MATERIALIDAD	
 1 – Partido y Materialidad	
1.1. – Partido arquitectónico	19
a - La Idea Rectora (el sitio – criterios de unidad)	19
1.2. – Materialidad	23
a - Tres Exigencias (sostener – cerrar – construir)	23
b - Evolución de la Materialidad	24
 2 – Comportamiento Estructural	
2.1.– Finalidad	29
a - Cargas (Permanentes – Dinámicas)	29
b - Exigencias Estructurales (Equilibrio – Resistencia – Estabilidad)	30
c - Materialidad (Elasticidad – Plasticidad – Isotropía)	32
2.2.– Estados de Tensión.....	33
a - Tracción	33
b - Compresión	33
c - Pandeo	33
d - Corte	34
e - Flexión	34
2.3.– Tipos Estructurales	35
a - Estructuras de Tracción y compresión (Cables – Arcos – Estructuras Trianguladas – Espaciales)	35
b - Estructuras de Flexión (Generalidades)	39
b.1. - Flexión Unidireccional (Vigas – Pórticos)	40
b.2. - Flexión Bidireccional (Entramados – Placas lisas y Nervuradas – Plegados)	43
c - Estructuras por Forma (Membranas – Cáscaras)	46
2.4.- Fundaciones	48
a - Tipos de Fundación	48
b - Suelos de Fundación	49

3 – Los Materiales Tradicionales

3.1.- Naturaleza de los Materiales	51
a - Naturaleza - Sociedad - Cultura	51
b - Criterios de Valor	53
c - El Proyecto de Arquitectura	55
3.2.- Propiedades de los Materiales	56
a - Generalidades (Estructura Molecular – Ensayos)	56
b - Propiedades (Estructurales – Aislantes – Durabilidad – Protección)	57
3.3.- Los Materiales Tradicionales	61
a - Mampuestos (Condicionamientos – Consecuencias Arquitectónicas)	61
b - Maderas (Condicionamientos – Consecuencias Arquitectónicas)	67
c - Hierro (Condicionamientos – Consecuencias Arquitectónicas)	70
d - Hormigón –H°A° (Condicionamientos – Consecuencias Arquitectónicas)	74

4 – Tecnología de los Materiales

4.1.- Mampuestos	81
a - Propiedades (Estructurales – Aislantes)	81
b - Disponibilidad (Piedras – Lad. Común – Huecos – Bloques)	82
c - Aparejos (Colocación – Lecho Mortero)	86
d - Mezclas (Generalidades – Aglomerantes – Propiedades)	88
4.2.- Maderas	90
a - Constitución	90
b - Propiedades (Resistencia – Dureza – Otras Propiedades)	91
c - Evolución Tecnológica (Herramientas – Uniones – Diseño Estructural)	92
d - Utilización	96
4.3.- Hierro	96
a - Composición (Bajo Carbono – Alto Carbono – Aleaciones Livianas)	96
b - Propiedades (Resistencia – Trabajabilidad – Corrosión – Acción del Fuego)	97
c - Diseño Estructural	99
d - Técnicas de Unión (Remaches – Pernos – Soldadura)	101
e - Usos y Disponibilidad	103
4.4.- Hormigón	104
a - Composición (Granulometría – Dosificación)	104
b - Aridos (Agregados Gruesos – Agregados Finos)	105
c - Aglomerantes (Cemento Pórtland – Otros Cementos)	105
d - Agua de Amasado (Cantidad y Calidad – Relación Agua-Cemento)	107
e - Propiedades (Resistencia – Otras Propiedades)	108
4.5.- Hormigón Armado	109
a - Constitución (Armaduras)	109
b - Diseño Estructural	111
c - Elaboración y Puesta en Obra (Encofrado – Mezclado – Vertido – Fraguado – Curado – Desencofrado – Ensayos)	112

5 - Concepción Estructural

5.1.- Problemática Estructural	117
a – Distribución de las Cargas	117
b - Discriminación de las Luces	118
c - Alternativas de Apoyo	119

d - Elección del Material Estructural	120
5.2.- Concepción Estructural	120
5.3. - Intuición Estructural	123
5.4.- Sistematización Estructural	125
a - La Caja Muraria	125
b - La Cubierta	127
c - La Estructura Independiente	131

6 – La elección del Material

6.1 – Contexto Histórico - Social	135
a - El Plano Táctico (Murondins – Proyecto de Pueblo)	135
b - El Plano Estratégico (Escuelas Móviles – Plan Previ Perú)	138
6.2.– Escala del Problema	140
6.3.- La Sensibilidad	143

7 – El Artefacto Arquitectónico

7.1. – Organización	147
a - Lógica (Caja Muraria – Estructura Independiente)	147
b - Imaginación (Casa Sharabhai – Ay. Murcia – Casa del Fascio)	147
7.2.– Carácter e identidad	149
a - Impronta Estructural	149
b - Cerramientos y Sistema Constructivo	150
c - Relación Estructura - Cerramiento	151
7.3.– Sistematización	152
a - Orden (Formal, Dimensional y Geométrico)	153
b - Instrumentos (Medidas, Escala, Proporción – Geometría y Aritmética)	154

2ª. Parte : EL PROYECTO Y LA OBRA

8 – La Función de Cerramiento

8.1. – Evolución	159
8.2.– Estudio del Detalle	160
a - Partido y Detalle	160
b - Detalle y Lenguaje	161
c - Corte y Detalle Crítico	162

9 – La acción del Agua

9.1.– Generalidades	165
a - Estado Líquido (Presión – Capilaridad- Tensión Superficial)	165
b - Estado Gaseoso	166
c - Estado Sólido	166
9.2.– Formas de Incidencia	166
a - Gravedad	166
b - Presión del Viento	167
c - Tensión Superficial	167
d - Capilaridad	167

e - Corrientes Convectoras	168
f - Congelamiento	168
g - Ciclos Seco-Húmedo	168
9.3.- Estrategias del Oficio	168
a - La Pendiente	170
b - El Solape	171
c - La Trampa	171
d - La Corriente de Aire	172
e - Las Barreras	173
f - El Doble Contacto	174

10 – Acción del calor

10.1. - Generalidades.....	175
a - Transformaciones Físicas y Químicas (Dilataciones – Cambios de Estado)	175
b - Clima	175
10.2.- Formas de incidencia	177
a - Radiación	177
b - Conducción	178
c - Convección	178
10.3- Estrategias del oficio	179
a - Asoleamiento	179
b - Forma, textura, Color de superficies	180
c - Techos de Sombra - Corrientes de aire	180
d - Cámaras de Aire	181
e - Materiales Porosos	181
f - Puentes térmicos	181

11 - Acción del Sonido

11.1. – Generalidades	183
a - Propagación	183
b - Absorción	184
c - Aislación	184
11.2.- Formas de Incidencia	184
a - Reflexión	184
b - Eco	185
c - Refracción y Difracción	185
d - Resonancia	186
11.3.- Estrategias del Oficio	186
a - Materiales Porosos	186
b - Trampas sonoras	186
c - Amortiguadores de sonido	187
d - Materiales Pesados	187
e - Cámaras de Vacío	187
f - Ángulos de Reflexión	188

12 – Movimientos Relativos

12.1. – Formas de Incidencia	189
------------------------------------	-----

a - Asentamientos Irregulares	189
b - Variaciones de Temperatura	189
c - Variaciones de Humedad	190
d - Cargas Dinámicas	190
12.2.- Estrategias del oficio	191
a - Articulación y Apoyo Móvil	191
b - Junta de Dilatación	192
c - Buñas	192
d - El Solape	193
 13 – La Obra	
13.1. – Ejecución de la obra	195
a - Trabajos Preliminares (Obrador – Replanteo – Nivelación)	195
b - Movimiento de Tierra (Desmonte – Terraplenado – Excavaciones)	198
c - Fundaciones (Tipos – Drenajes)	199
d - Estructura (In situ – Prefabricadas)	200
e - Mamposterías (Portantes – Tabiques)	202
f - Cubiertas (Livianas – Pesadas)	202
13.2.- Organización de la Obra	203
a - Generalidades	203
b - Plan de obra	204
 INDICE DE FIGURAS	209
 BIBLIOGRAFIA	215

Prólogo

El presente trabajo reúne una serie de charlas impartidas a alumnos de arquitectura de los primeros años de la carrera, en su primer contacto formal con el mundo de la Construcción. De acuerdo a esa condición, se ha tratado de evitar que – abrumados por ese vasto mundo – vean declinar su creatividad a favor de escolásticas normas de construir, pero a la vez, evitar el peligro inverso de que caigan en una arquitectura “de grafito”, bellamente dibujada en el mejor de los casos, pero desentendida de su condición material. A este objetivo prioritario han sido apuntadas estas charlas, procurando incorporar un “Sentido Constructivo” básico a sus hábitos proyectuales; no podemos enseñar “creatividad”, pero estamos convencidos que podemos facilitarla, haciendo accesibles algunas claves constructivas que subyacen en la forma.

El problema mayor al que se enfrenta el alumno es y ha sido siempre como unir lo que se le da por separado, como integrar los conocimientos sectoriales en una propuesta arquitectónica y constructiva recíprocamente coherente. Al definir a “lo proyectual” como vehículo pedagógico del curso, la Cátedra * ha estimado que el compromiso genuino del alumno con su proyecto es la vía más segura para acceder al verdadero conocimiento constructivo, aquel que queda indeleblemente grabado en su formación. Así, ha puesto por encima de todo el carácter integral del acto arquitectónico, evitando fórmulas y confiando en el uso de instrumentos conceptuales con los que pueda construir sus alquimias arquitectónico-constructivas, instándolo enérgicamente a que ejerza su autonomía: él debe ser el que fije las metas a las que lo constructivo debe llegar.

Es en este marco pedagógico donde se explica la consigna deliberadamente ambivalente del título, “*Construir como Proyecto*”: por un lado, como la firme voluntad de llegar a construir lo pensado; por otro, como la aspiración de fusionar lo construido y lo pensado en un mismo modo de obrar.

Este texto no es, por ello, un Manual donde encontrar “soluciones” constructivas (siempre singulares) sino más bien un itinerario a recorrer en el complejo camino de la materialización arquitectónica. Se convocan para tal fin conocimientos de distintos ámbitos y se invita a relacionarlos: de lo histórico-social y cultural, de lo geográfico y lo climático, de la tradición constructiva y de la ciencia, y fundamentalmente de la experiencia arquitectónica, con ejemplos paradigmáticos que ilustren claramente los conceptos enunciados. A lo mismo apunta el deliberado esquematismo de los gráficos, buscando la comprensión de lo esencial a partir de lo cual se haga más conciente la indagación técnica posterior. En el empeño por acompañar (y a veces, perseguir) un proceso pedagógico que otorga igual peso a Idea y Materialidad, creemos haber identificado algunas instancias donde los puentes entre ambas se hacen más evidentes: el reconocimiento de la importancia decisiva de la “Impronta Estructural”, el “momento” de la “Elección del Material”, la manipulación de la “Relación Estructura-Cerramiento” y los saltos escalares en el “Estudio del Detalle” son algunas donde se funden más claramente lo técnico y lo significativo, constituyéndose en el nervio pedagógico del curso.

En esa búsqueda de puentes, el orden y la estructura de los temas –sobre todo los de la primera parte– han sufrido los vaivenes de aquel “empeño persecutorio” que intenta “llegar a tiempo” con lo que el alumno requiere, tarea no menor considerando que tiene “casi todo” por conocer. De este modo, el orden y estructura presentes también expresa el nivel de comprensión alcanzado por la cátedra del complejo proceso del proyecto arquitectónico en su escalón inicial, quedando abierto a cambios cuando la experiencia pedagógica lo aconseje, como de hecho ya ha ocurrido a lo largo de los años.

Finalmente, este texto pretende ser sólo el testimonio de una experiencia docente. Sin la clara estrategia de la Cátedra * fijando el norte del curso y sin las ricas observaciones de los Auxiliares Docentes en su cotidiana tarea de transmisión, no hubiera podido acercarse a una dinámica proyectual verdadera ni superar la mera linealidad expositiva, quedando en una enunciación teórica de temas sin contacto con esa práctica, suprema instancia del hacer arquitectónico.

** Taller de Procesos Constructivos Nº 2 Nivel I – Cátedra: Saraví-Del Mármol-García -
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata*

Introducción

Construir ideas arquitectónicas

El Taller de Procesos Constructivos propone al alumno **“construir ideas arquitectónicas”**, resumiendo en éstos tres términos las condiciones para que el proceso formativo se produzca:

- **“Construir”**, es decir, **voluntad de materializar** lo proyectado. Para el Arquitecto, esforzarse en “materializar” su proyecto, en darle consistencia y factibilidad técnica, constituye no sólo un desafío profesional sino también un compromiso ético y social.
- **“Ideas”**, nacidas de **Intenciones** genuinas para con el problema arquitectónico planteado, preservando su unidad esencial.
- **“Arquitectura”**, como **dimensión cualitativa** a la que el objeto aspira: “que el Todo sea mayor que la suma de las partes”.

El Taller de Procesos presupone tanto la obra como el tablero. Partimos de la convicción de que no existe una teoría abstracta de la piedra, del hierro, de la madera, independiente de la intención arquitectónica que la provoca. Fuera de ella, sólo existe conocimiento empírico y científico al servicio de la racionalidad y el ingenio constructivos. Pero es a través del esfuerzo por materializar la Intención donde Materia y Forma revelan su calidad, manifestándose en energía constructiva. La reflexión provocada por este esfuerzo distingue la arquitectura de la mera construcción.

La frecuente distinción hecha en los Planes de Estudio entre unos saberes especializados (Estructuras – Construcciones – Instalaciones – Producción – etc.) y el acto creativo es más aparente que real, una convención académica que separa artificialmente aspectos que, en realidad, están imbricados. No obstante, esta separación cala honda y rápidamente en la mentalidad del alumno, llevándolo a una concepción segmentada y falsa del objeto arquitectónico: por un lado, el “partido arquitectónico”, como una expresión de deseos abstractamente omnipotente; por el otro, “la construcción” que se resuelve “de alguna manera”. Ante esta situación de hecho, el problema mayor ha sido siempre cómo unir lo que se da por separado, cómo traducir las ideas en hechos y los conocimientos sectoriales en decisiones unívocas.

En un contexto contemporáneo de desaparición de las tradiciones artesanales y de veloz transformación tecnológica y productiva, con un proceso edificatorio mediatizado por una cadena de decisiones que el arquitecto no origina ni controla, **¿cómo aprehender a construir ideas arquitectónicas?; ¿cómo elegir coherentemente los materiales y las técnicas apropiadas?; ¿cómo relacionarlos unos con otros y ajustar idea y realización lo más estrechamente posible?; ¿Cómo, finalmente, integrar las intenciones con los conocimientos sectoriales en una única concepción, salvaguardando la unidad de los problemas?**

Estos son los interrogantes que la Cátedra intenta responder operando en el proceso de mediación entre la idea y la obra, con la pretensión de generar conocimiento constructivo genuino de su interacción permanente, sin subordinaciones deformantes en uno ú otro sentido.

Propuesta Pedagógica

Dentro del complejo campo de La Construcción, el Taller de Procesos Constructivos nº 2 ha articulado sus tres niveles de complejidad mediante la siguiente secuencia, intentando preservar, no obstante, el pensamiento arquitectónico integral.

Así, en el 1er. Nivel se acentúa "**Lo proyectual**," entendido como el modo más directo e inmediato de internalizar en el alumno la necesidad de atender a la materialidad desde la concepción inicial. En el 2do. Nivel se acentúa "**lo Constructivo**", la identificación de los sub-sistemas constitutivos del artefacto arquitectónico, su sistematización interna, el estudio y resolución de la parte y de las técnicas de unión. Finalmente, en el 3er. Nivel se pone el énfasis en "**Lo Productivo**", es decir, en la incidencia determinante de las condiciones de producción material en las lógicas del proyecto.

El Trabajo Práctico a desarrollar durante el año – un ejercicio de arquitectura en base a un programa proporcionado por la Cátedra- se divide en dos partes:

La primera, que ocupa aproximadamente la mitad del tiempo disponible, está dedicada a la estructuración general del partido arquitectónico, donde cobran principal importancia dos problemas centrales:

- Un planteo estructural coherente con la propuesta arquitectónica.
- La elección adecuada de los principales materiales y técnicas de ejecución.

La segunda parte, que ocupa el resto del año lectivo, está centrada en el problema del Cerramiento y el Sistema Constructivo, y por lo tanto, en el estudio de los Detalles constructivos críticos que hacen a la sistematización del proyecto con vistas a su materialización.

En ambas, el contenido teórico intenta acompañar al proceso práctico del alumno lo más sincrónicamente posible, aportando tanto información técnica básica como reflexiones teóricas que sugieran las vastas proyecciones y vínculos que lo técnico teje con lo específicamente arquitectónico.

Primera Parte:

PARTIDO Y MATERIALIDAD

1 - PARTIDO Y MATERIALIDAD

1.1. – Partido arquitectónico

Mediante el “Programa de Necesidades”, la Sociedad plantea a la arquitectura una serie de “problemas”, es decir, de contradicciones entre aspiraciones y condiciones de materialización que sólo un Partido Arquitectónico está en condiciones de satisfacer: **el “problema” siempre es de origen social, pero tiene “destino arquitectónico”.**

A su vez, éste desencadena en el arquitecto algunas preguntas fundamentales: ¿“Qué debo hacer”?; ¿“qué puedo hacer”?; ¿“qué quiero hacer”?; interrogantes éticos, prácticos y estéticos que se traducirán en “Intenciones arquitectónicas”: **las “Intenciones” siempre son de origen subjetivo (las pone el arquitecto) pero tienen “destino social”.**

Estas “Intenciones” son inicialmente “expresiones de deseo” que no encuentran fácilmente, por el mero hecho de su enunciación, su correspondiente traducción a formas arquitectónicas tangibles. Junto a consideraciones sociales ó psicológicas sobre la función, los modos de vida ó el entorno, surgen imprevistas intuiciones acerca de como organizar el programa, el espacio ó la imagen; al lado de evaluaciones prácticas sobre posibilidades y límites de la realización, coexisten una voluntad poética personal ó prejuicios de algún “sentido común”.

Todas esas impresiones y reflexiones, valiosas en sí mismas como primera reacción ante el problema planteado (y a las que conviene atesorar), conviven sin embargo en una especie de magma que necesita ser ordenado; se necesita algo que sirva de guía para las decisiones fundamentales: se necesita **una “Idea Rectora”**. Pero para tener “ideas” hay que generar “intenciones”, y para generar intenciones hay que sumergirse en el “Problema”. (Y así, “el perro se muerde la cola”). Esto, que así dicho parece muy lineal, es en realidad un proceso de múltiples entradas, idas y vueltas.

a - La “Idea Rectora”

Un edificio es un hecho material que empieza por una Idea, pero: ¿de qué naturaleza es esta “idea”?

Esta idea no es meramente un concepto. Es, sobre todo, la **“visualización de un orden”** que prefigure lo que va a ser el proyecto, estructurándolo en un “todo coherente”. Es, en suma, una especulación híbrida entre el pensamiento y el lápiz.

Pero: ¿cómo hacer para generar esta idea, para provocar su “alumbramiento”, su visualización?

Responder a esta pregunta es quizás lo más difícil de explicar. Puede aparecer de muchas formas (a través de algún organigrama funcional y circulatorio, de una impronta estructural ó constructiva, de una imagen general, de un esquema de implantación, etc.), pero le pondremos dos condiciones:

- **Que se considere el “Problema completo”**, en todos sus aspectos (sociales, culturales, históricos, técnicos y formales, etc.)

- **Que se lo haga poniendo en relación** las “Condiciones Objetivas” del problema con las “Intenciones Subjetivas” del proyectista.

Para ilustrar este proceso con un ejemplo, vamos a apelar al proceso de creación que se intuye a través de una serie de bosquejos y dibujos realizados por Le Corbusier para el Palacio de Justicia de Chandigarh:

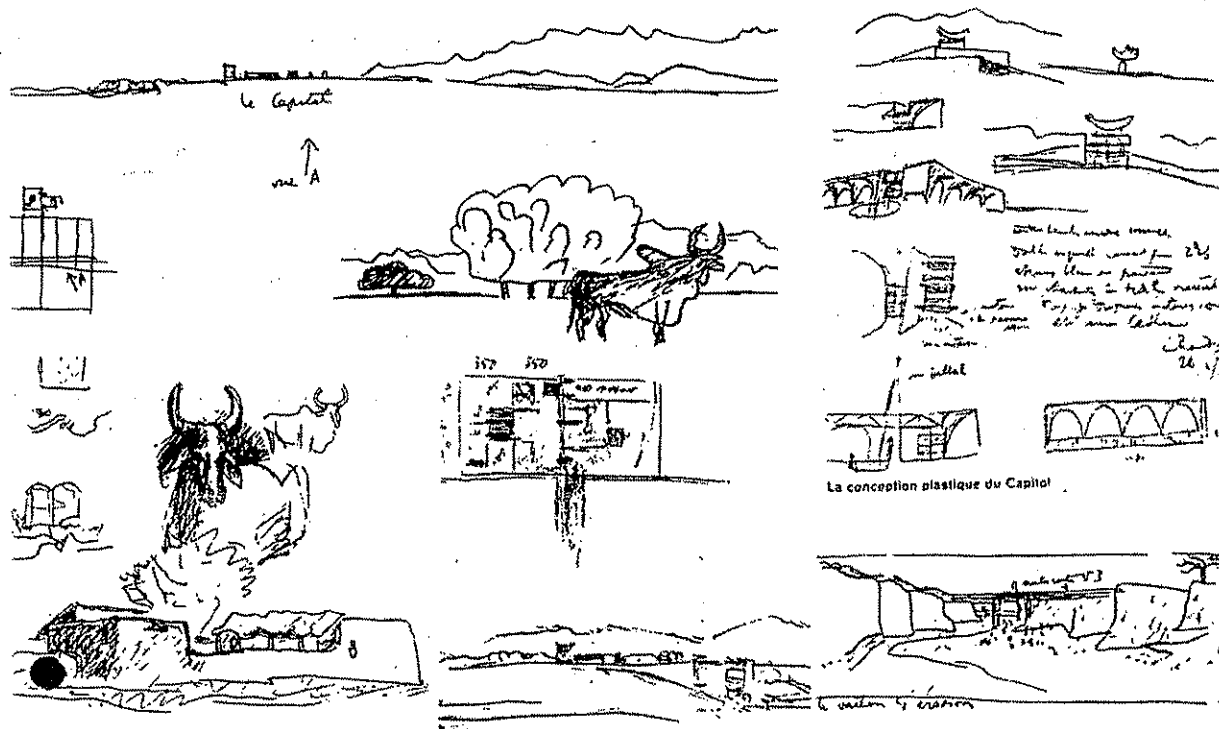


Fig. 1: Bocetos de Le Corbusier para Chandigarh

El Sitio:

En estos croquis, Le Corbusier va tomando nota de una serie de características, tanto naturales (topografía, vegetación, clima, etc.) como culturales (costumbres, modos de vida, tradiciones, instituciones, etc.) del sitio, tratando de captar su contenido: Usuario, Ámbitos, Actividades, Movimientos, realizados en el espacio-tiempo histórico y cotidiano. Le Corbusier ha calificado al Sitio como **“el plato de la composición arquitectónica”**, agregando: “Desde el exterior, la obra se unirá al sitio, pero desde el interior, lo integrará. **La arquitectura expresa el sitio**”.

Pero es evidente que para Le Corbusier el sitio es algo más que un espacio geométrico: **el sitio es un “Lugar”**, un ámbito donde sucede algo significativo para el que lo habita. Lo propio de la noción de “lugar” es ser algo que tiene **un carácter, una Identidad** propia; es ser algo **“memorable”**.

¿Y por qué se prenden a la memoria estos lugares? Porque de ellos se desprende una atmósfera, un clima, una esencia particular. (A medida que se progresa en la carrera, iremos viendo como la correcta caracterización del Sitio se vuelve cada vez más importante (y cada vez más sutil), constituyéndose en una de las fuentes principales de la creación arquitectónica).

Si esto es así, el proyecto debería nutrirse del sitio para poder expresarlo, para integrarlo, para formar con él una unidad. El objeto a proyectar no debe ir del tablero al sitio sino a la inversa, del sitio al tablero; **el Sitio es un objeto arquitectónico en sí mismo, de él salen los primeros “materiales” del proyecto.** Es por ello que su registro no puede agotarse en el mero relevamiento burocrático ó catastral sino hasta captar la esencia de sus rasgos generales, su cualificación arquitectónica esencial y el esbozo de una primera estrategia para articularse con él con una intención definida.

Volvamos al ejemplo de Chandigarth.

Criterios de Unidad:

Paralelamente, vemos surgir los primeros esbozos de la solución arquitectónica:

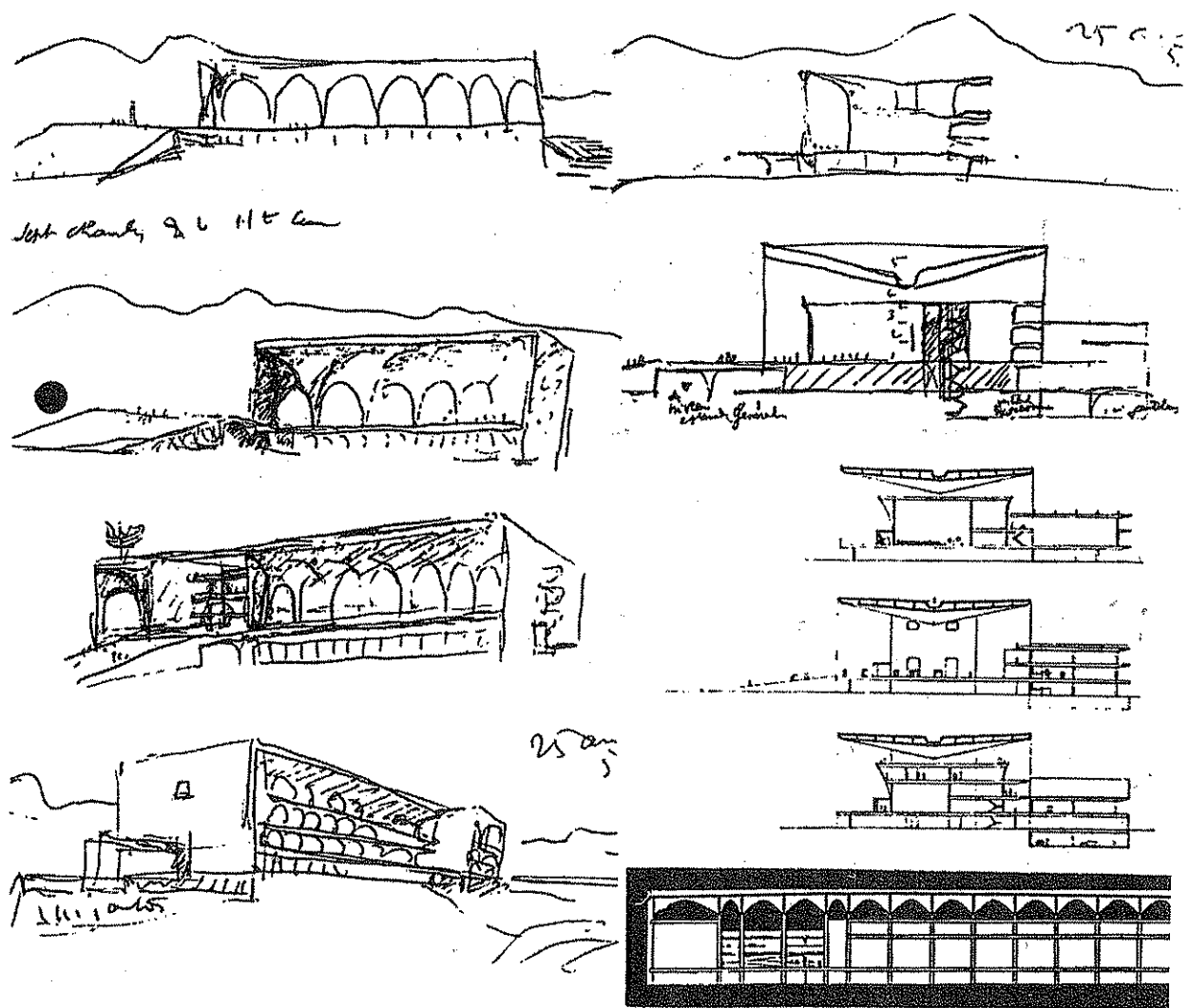


Fig. 2: Ideas preliminares para el Palacio de Justicia de Chandgarth

Acompañando las fluencias espaciales y visuales del lugar, el volumen neto del edificio se implanta frontalmente al eje longitudinal del valle, soportado por una poderosa estructura de hormigón armado (a escala del paisaje) que remata en un gran techo "pasante" del mismo material, haciendo evidente la voluntad de conjugar la escala humana con la escala cósmica del lugar. Los primeros esbozos del corte, de la posición y forma del acceso, de la impronta estructural y los cerramientos se van particularizando más y más, incorporando elementos nuevos: un gran techo que recoge aguas de lluvia (bien escaso) y las atesora en una cisterna, un sistema de parasoles que regula los rigores climáticos, etc., etc.

Así, podemos inferir de estos croquis un proceso continuo de "síntesis sobre síntesis" cada vez más inclusivas, desde las cuestiones más generales (la posición del acceso, el esquema circulatorio, el perfil de los arcos del techo, la explanada del basamento y su relación con el conjunto urbano-monumental, etc.) hasta su progresiva particularización en una organización más afinada del corte, de la planta, de las fachadas; en definitiva, en la definición de los subsistemas Estructural, de Cerramiento y Constructivo. En este ejemplo, vemos como La "Idea Rectora" -atendiendo a "lo general" del problema- **rige la forma del "Todo"**, lo ordena según una "lógica propia". (Pues, como dice Louis Kahn, "nada juega si el Todo no juega").

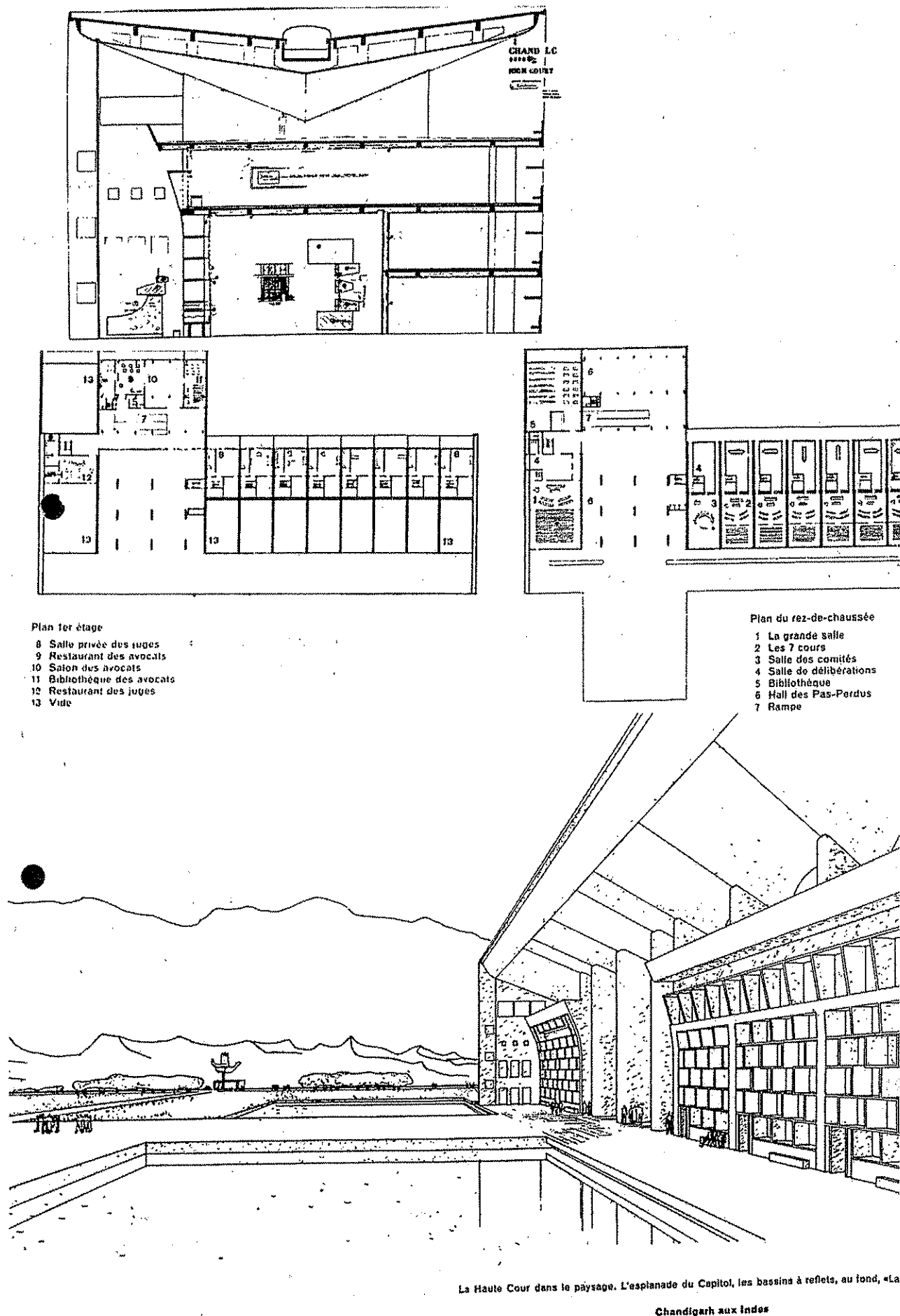


Fig. 3: Anteproyecto definitivo del Palacio de Justicia de Chandigarh

1.2. - Materialidad

Para la elaboración del ejercicio arquitectónico —materia prima básica del curso— la Cátedra alienta y reclama del alumno la mayor creatividad (tal como en los Talleres de Arquitectura), alejándose lo más posible de la burocrática actitud de “cumplir” con una materia “complementaria” más.

Pero nuestra materia trata específicamente de la “Materialidad” de la Arquitectura, es decir, del reconocimiento de esa dimensión esencial del hecho arquitectónico, que se resume en tres exigencias inexorables: “Sostener”, “Cerrar” y “Construir”. Por lo tanto, de lo que se trata es de incorporarlas y asumirlas conscientemente desde la concepción inicial del Proyecto.

A este objetivo está encaminada la Propuesta Pedagógica del primer curso. De la actitud creativa y responsable del alumno ante su proyecto depende en gran parte el éxito del proceso pedagógico propuesto. Para tal fin, la Cátedra sólo le reclama el compromiso previo de esforzarse para integrar a su práctica proyectual dichas exigencias que —para ser considerado como tal— el objeto arquitectónico deberá cumplir:

a - Tres Exigencias:

- **La de Sostener** el conjunto de cargas actuantes **de acuerdo a un comportamiento estructural definido**, con aquellos materiales aptos para absorber los esfuerzos a que serán sometidos.

- **La de Cerrar** los espacios habitables de acuerdo a los requerimientos a que serán destinados (climáticos y ambientales, económicos, de uso y mantenimiento, etc.), **mediante la aplicación racional de los recursos proyectuales y materiales más aptos.**

- **La de Construir** lo proyectado, sintetizando la resolución de la Estructura y del Cerramiento en un Sistema Constructivo coherente, **enraizado en el contexto histórico-social** en que la obra se inserta.

Estas exigencias, signos inequívocos de la condición material de la arquitectura, se hallan presentes en toda propuesta arquitectónica de valor, pero como toda síntesis, no es fácil establecer el modo de su inclusión en el proceso de proyecto, requiriendo del alumno una especial conciencia de su complejidad.

Por caso, esas exigencias podrían ser catalogadas superficialmente como tres “sub-sistemas” (“Sub-sistema Estructural”, “de Cerramientos”, y “Constructivo”), y a renglón seguido tratarlas por separado. Pero en un Partido todavía en ciernes, su tratamiento independiente —quizás válido para el análisis crítico de una obra ya plasmada— no agregaría mucho más que su mera enunciación, en la creencia —ingenua— de que la simple “suma” de sus virtudes acrecentaría el valor general de la propuesta. Pensamos que en el verdadero proceso creativo ocurre en verdad todo lo contrario, y **nada nos puede ahorrar el trabajoso y complejo proceso de la Síntesis.**

- **Despiece de la Ville Savoie de Le Corbusier:** Para su análisis, la obra es descompuesta en “Sub-sistemas”; Espacial, Estructural, de Cerramiento, Circulatorio, etc., que aporta alguna claridad a su comprensión. Pero nadie puede proyectar así, “por partes”, obviando indagar en el carácter sintético de sus interrelaciones, de la cual deberá surgir la lógica común donde se apoyarán los mencionados “subsistemas”.

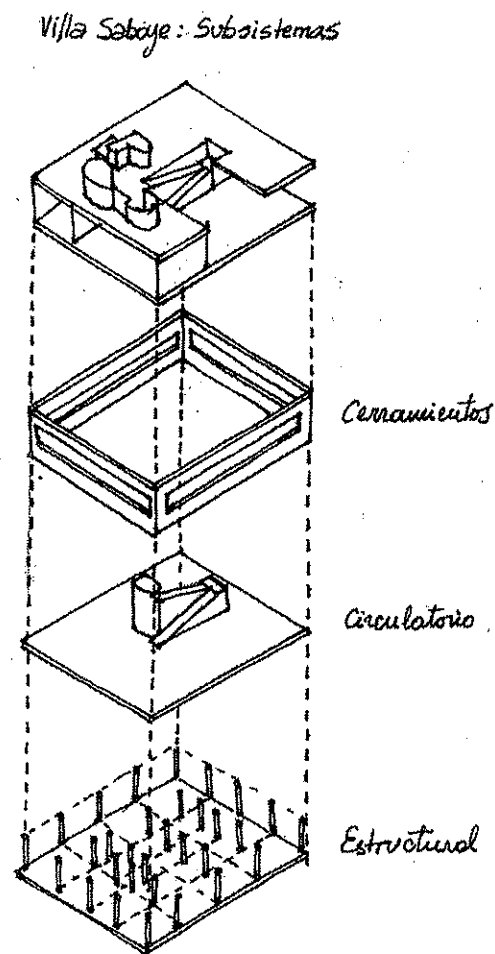


Fig. 4: Villa Savoye : subsistemas

No se trata, por ejemplo, de adoptar una retícula estructural de acero ú Hormigón por su supuesta "modernidad", ó atarse al valor plástico de una "Caja Muraria", pasando por alto el análisis de condicionantes tales como la flexibilidad y crecimiento que reclama la Función, la disponibilidad local de Materiales y Mano de Obra, la velocidad de ejecución requerida, las condiciones climáticas, históricas, geográficas ó del paisaje, las expectativas culturales, etc., condicionantes que en cada caso pueden conferirle a la obra su carácter e identidad particular, es decir, el ingrediente que las singularice. (p/ej.: casa Mathes)

De la misma manera, la elección de determinados materiales y tecnologías no puede estar sujeta simplemente al gusto individual sin pasar previamente por el análisis de los factores económico-sociales, productivos ó técnicos que los condicionan. Las inevitables modas, tendencias, ó gustos personales se establecerán así sobre un plano más objetivo y racional, dándole un sentido a la formación Universitaria.

b- Evolución de la Materialidad

En una rápida revista podemos constatar una evolución progresiva que, a favor de complejos factores histórico-sociales, técnicos y culturales, ha impulsado a la Arquitectura hacia la conquista de mayores libertades ante las leyes físicas y naturales, y consecuentemente, a una mayor amplitud del espacio, de apertura y de luz, como tratan de ilustrar los siguientes ejemplos:

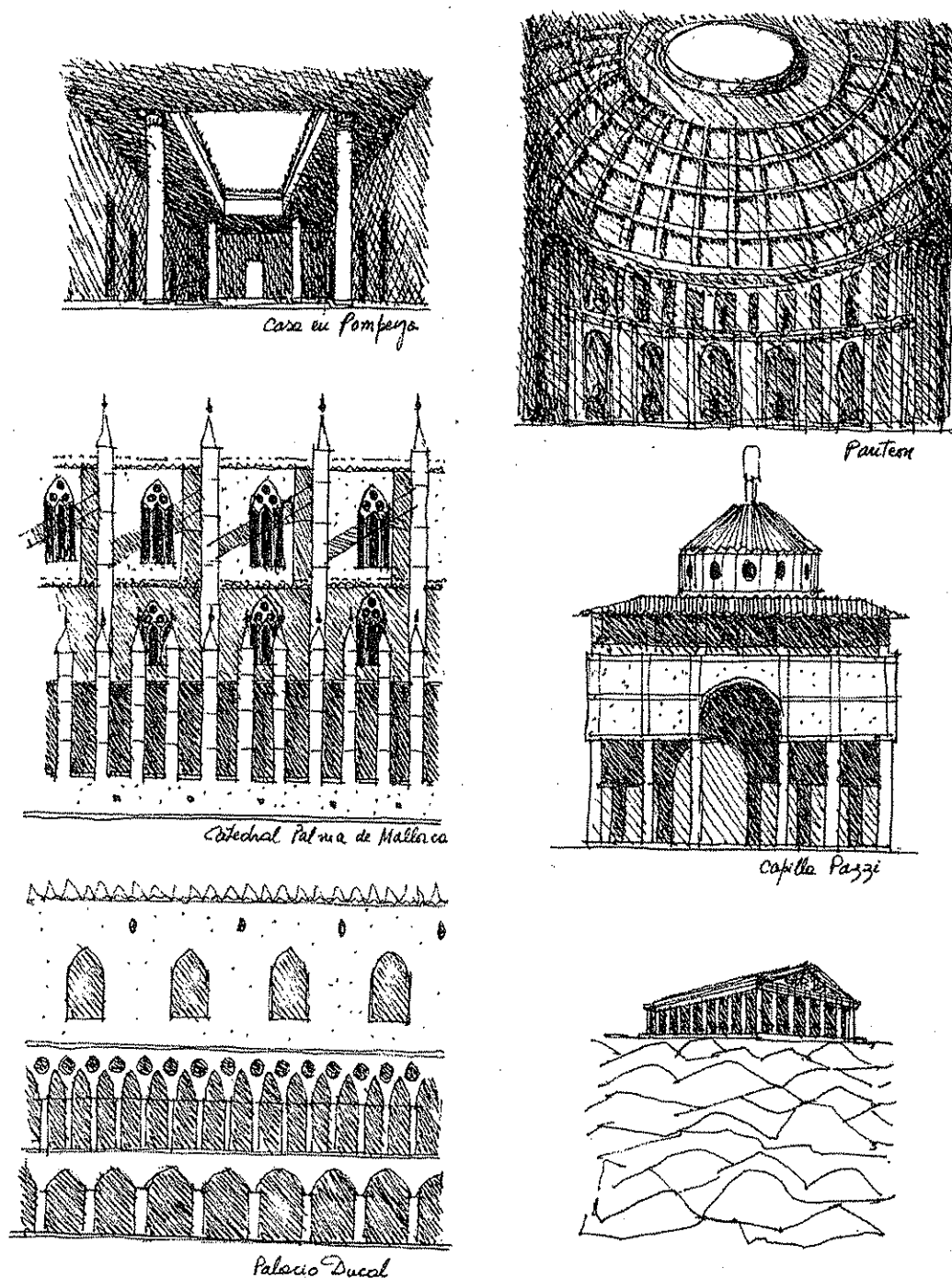
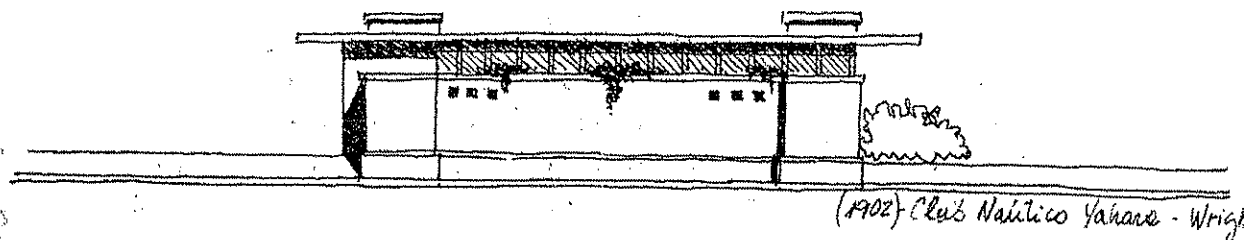


Fig. 5 — Casa en Pompeya — Panteón — Catedral de Mallorca — Capilla Pazzi — Palacio Ducal Venecia — Partenón

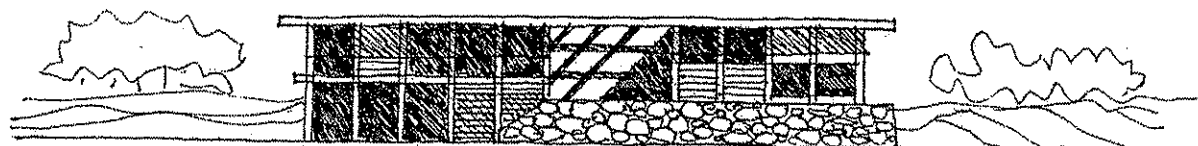
En la "Casa en Pompeya" y en el Panteón (mundo antiguo), dominan los muros estructurales ciegos, que cierran casi completamente las relaciones con el espacio público (a veces amenazante) cerrándose sobre sí mismas, abriéndose solamente a los "seguros" vanos cenitales.

El Gótico Medieval es en esencia la resolución de una contradicción entre las "condiciones objetivas" impuestas por la mampostería de piedra (apta solamente para compresión) y las "intenciones subjetivas" de ascensión y de transporte hacia la luz. En ese sentido, la Catedral de Palma de Mallorca da un indicio importante de esa búsqueda de libertad, insinuando mediante la sucesión de pilares la futura posibilidad de independizar la función estructural del cerramiento.

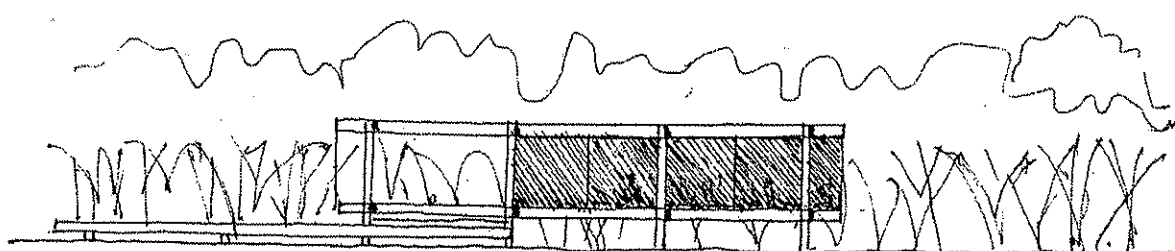
Haciendo recordar al paradigmático espacio público griego, en la Capilla Pazzi y el Palacio Ducal de Venecia (Renacimiento) la intensidad de la vida urbana permea las plantas bajas de los edificios, imponiendo la "desmaterialización" del muro de carga con una sucesión de arcos y columnas, invirtiendo así la tectonicidad tradicional. (lo "pesado" abajo; lo "liviano" arriba.)



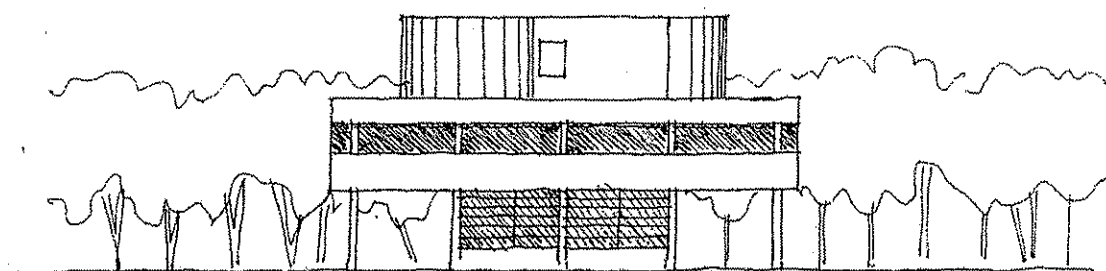
(1902) Club Náutico Yahara - Wright



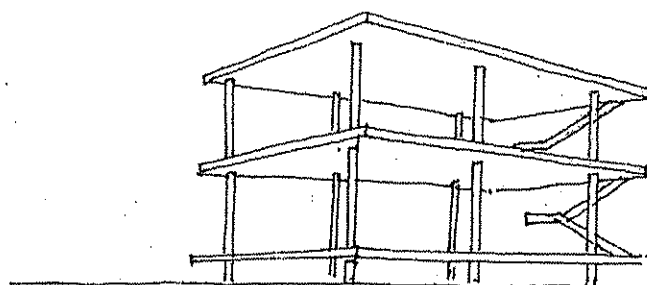
(1948) Casa Weiss - L. KAHN



(1950) - Casa Farnsworth - MIES



(1929) - Villa Savoye - Le CORBUSIER



(1919) - MAISON DOMINÓ - L.C.

Fig. 6: Club Yahara (Wright) – Casa Weiss (Kahn) – Casa Farnsworth (Mies van der Rohe) – Villa Savoye – Maison Domíno (Le Corbusier)

Asimismo, en ejemplos "Modernos" estas búsquedas de libertad y amplitud se perciben muy claramente:

En el "Club Náutico Yahara", de F. L. L. Wright, y la "Casa Weiss" de L. Kahn, sobre una base maciza y ciega, los edificios se alivianan y abren al horizonte en el nivel superior. Las casas Farnsworth de Mies y Villa Savoye de Le Corbusier, además de explotar al máximo esas aperturas) liberan el suelo gracias a la independencia efectiva entre la estructura y el cerramiento. Estas estrategias de diseño adquieren valor de ícono moderno de referencia en la "Maison Domíno" de Le Corbusier.

Progresivamente, una actitud más analítica y racional ayudó a liberar a la forma de los cánones tradicionales, induciendo la “descomposición” del objeto arquitectónico en “Partes”, “Funciones” y “Procesos”. Apoyado en el creciente conocimiento científico de los fenómenos naturales y la materia, el Objeto Arquitectónico fue pasible entonces de ser visto como un “organismo vivo” que tiende a la especialización funcional (Funciones de sostén, protección, aislación, circulación, aireación, etc.), mediante el análisis de cada una de sus partes ante requerimientos específicos.

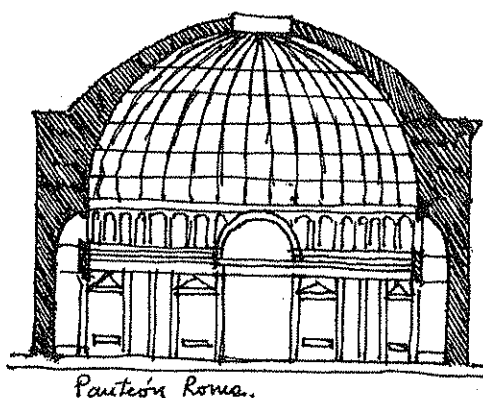


Fig. 7: Corte Panteón

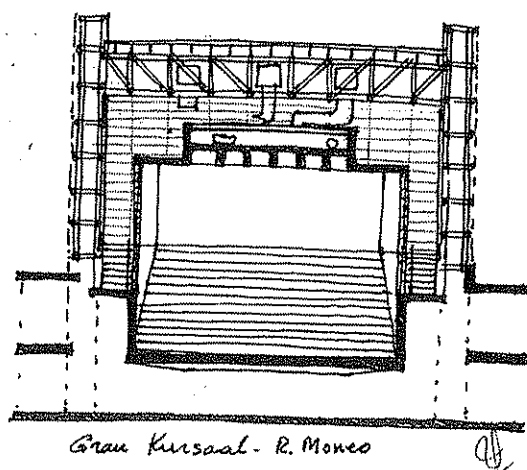


Fig. 8: Corte Gran Kursaal (Moneo)

La comparación entre los cortes del Panteón y del “Gran Kursaal” (de Rafael Moneo) es un ejemplo de esta progresiva especialización de los elementos arquitectónicos y constructivos: De la indiferenciación entre Estructura y Cerramiento del espeso muro cilíndrico del Panteón (donde se cumplen las funciones antedichas y las propias de la actividad ritual), hasta la compleja superposición de “pieles” que rodean el espacio principal –auditorio– en el edificio de Moneo, cada una cumpliendo separadamente las funciones estructurales, circulatorias, reguladoras de la luz, aislantes, acústicas, de aireación mecánica, etc.

Así, la **Función de Cerramiento** se “separa” de la **Estructura**, y un conocimiento más exacto y probado de sus funciones específicas permite concebirlo como una “**asociación coordinada**” de **materiales** donde cada uno cumple eficazmente su rol, realizando la “recomposición” de la envolvente arquitectónica sobre nuevos fundamentos. Estas estrategias de diseño son, en principio, deudoras de aquellos instrumentos conceptuales desarrollados por el Movimiento Moderno: La **descomposición** y análisis del objeto arquitectónico en Partes, Funciones y Procesos y su posible **especialización funcional** asimilable a un organismo vivo (Esqueleto, piel, sistemas circulatorio, respiratorio, etc.)

Así, de la primitiva indiferenciación entre “SopORTE” y “Cerramiento” propio de la Caja Muraria, y pasando por estados intermedios de parcial desmaterialización de los muros de carga, se ha llegado a la actual independencia entre el Sostén (el “esqueleto”) y el Cerramiento (la “piel”), en una evolución que seguramente no ha terminado.

A través de estos ejemplos hemos ido descubriendo hasta que punto es difícil separar lo que ellos tienen de “ideal” y de “material”, y por lo tanto, hasta que punto la “Idea Rectora” no es sólo algo abstracto sino también algo concreto y práctico, tangible. Entonces, la otra pregunta que nos queda por hacer es: ¿cómo “materializar” la idea rectora? (ó si se prefiere: “¿Cómo “idear” la materialidad del proyecto?”, pues ambas son dos caras de la misma moneda).

La respuesta a esta pregunta la encontraremos cumplimentando la segunda condición que antes habíamos propuesto:

Que los criterios de Sostén, Cerramiento y Constructivos surjan de “poner en relación” las

“condiciones objetivas” del programa con las “intenciones subjetivas” del proyectista:

- **Que los criterios de “Sostén”** surjan de compatibilizar los requerimientos estáticos y resistentes con las “intenciones” de apertura y expansión, de flexibilidad, de dinamismo e interrelación espacial, etc.

- **Que los criterios de “Cerramiento”** surjan de compatibilizar las necesidades de Aislación, Protección, Durabilidad, Apariencia, etc., con las “intenciones” de liviandad ó pesadez, transparencia ú opacidad, apertura ó cerrazón, etc.

- **Que los criterios “Constructivos”** surjan de compatibilizar las intenciones anteriores con las condicionantes geoclimáticas del sitio, del contexto histórico-social y las derivadas de la escala del problema.

Y todo ello para empalmar nuestra obra a la evolución de la materialidad en el punto en que la dejamos, pues, de no ser así, sería puro formalismo. Ante la velocidad de los cambios tecnológicos, para el arquitecto es vital **desarrollar la capacidad de diseñar estrategias de construcción consistentes** que lo pongan a tono con la evolución material.

Dentro del esquema del curso, el desarrollo del proyecto de arquitectura se ha dividido en dos grandes grupos de problemas: los de **la Estructura**, por la importancia que implica su impronta en la organización general del proyecto, y los del **Cerramiento**, que se concentran en el Estudio del Detalle.

En la búsqueda de “puentes pedagógicos” que vinculen operativamente las ideas e intenciones con su materialización, se destacan a nuestro juicio cuatro “momentos” (difíciles de ubicar rígidamente en la secuencia del proceso proyectual), pero que sin duda son instancias-clave para la integración de la que hablamos: nos estamos refiriendo a la **Estructuración Portante** del proyecto, a la **Elección del Material** (la llamada “opción tecnológica”), a la indagación en la compleja **“Relación Estructura-Cerramiento”**, y al consecuente **“Estudio del Detalle”**, que trataremos de desarrollar acompañando el proceso de proyecto.

2 - COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL *

** Gran parte del contenido técnico y de los ejemplos gráficos de este capítulo ha sido extraído del libro "Estructuras para Arquitectos", de Salvadori y Heller, citado en la bibliografía.*

Importancia de lo estructural

Las Estructuras pertenecen a una disciplina específica con sus propias reglas que debemos aprender a considerar en todo su rigor. Como tales, poseen la belleza propia de las matemáticas, una especie de armonía surgida de su apego a las leyes de la naturaleza. Pero si pudiésemos percibirlas aisladas del resto del edificio, también debería dejarnos algo de la idea arquitectónica subyacente, un indicio del "orden" que ha regido el proyecto. Existe una **cierta equivalencia entre forma y estructura**, ó más exactamente, entre "estructura de la forma" y "forma de la estructura", hasta tal punto dichos conceptos se penetran y confunden. Esto se debe a que en la trilogía "Sostener – Cerrar – Construir", la estructura juega el rol fundamental de ser referencia fija de la forma arquitectónica, y en particular, responsable principal de su tectonicidad.

El impacto de la impronta estructural es tan grande – como vemos en las arquitecturas de todos los tiempos – que su consideración no puede quedar relegada a una segunda instancia, "acomodada" según razones de menor rango ó transferida sin control a la competencia de los especialistas. Si bien éstos participarán activamente en la solución estructural definitiva, **los arquitectos deben desarrollar la capacidad de pensar, proponer y defender sus estructuras.**

Pero además, en arquitectura **todo material es estructural**, pues estará sometido a un tipo de exigencias (rigores del uso, durabilidad, buen mantenimiento y envejecimiento, etc.) que puede comprometer su permanencia y estabilidad. Por ello creemos necesario iniciar el presente capítulo insistiendo en que todo elemento arquitectónico (sea ó no portante) debe ser analizado y pensado también desde el punto de vista estructural.

2.1. - Finalidad

Las estructuras siempre tienen un carácter utilitario específico: cubrir, cerrar, delimitar uno ó una serie de espacios para el desarrollo de actividades humanas, en una situación geográfica, climática, económica e histórico-social particular. De esta situación particular se deriva la acción de un conjunto de cargas, que es necesario analizar también en particular:

a - Cargas:

El conjunto de las cargas actuantes sobre una estructura (producto del cúmulo de circunstancias anteriores), denominado "estado de carga" del edificio, sumado al conjunto de reacciones que provoca, constituirá en definitiva el conjunto de fuerzas incidentes sobre la estructura, que determinará, a la postre, su comportamiento estructural:

- Algunas de dichas cargas no cambian, ó cambian lentamente, razón por la cual se las considera actuando "estáticamente" y se las llama "**cargas permanentes**": (peso propio; carga útil; cargas térmicas; cargas de asentamiento), evaluándolas mediante un promedio estadístico. (Aunque algunas actúen temporariamente, como la lluvia, el hielo, la nieve ó el viento).

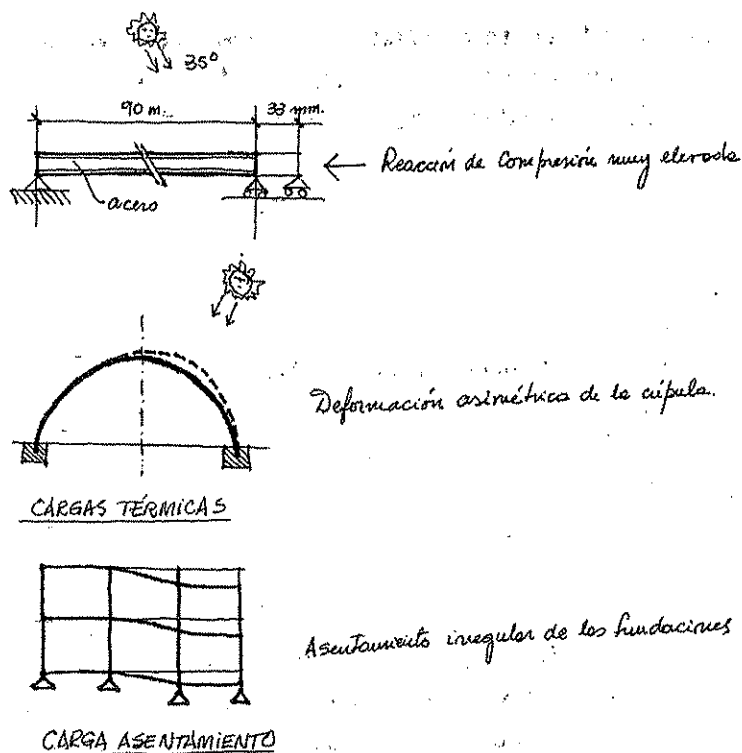


Fig. 9: Cargas Térmicas y de Asentamiento

- Las cargas cuyo valor varía bruscamente se las denomina "**cargas dinámicas**" (cargas de impacto; cargas resonantes), y su estimación se realiza mediante "cargas equivalentes" ó de forma experimental (tunel de viento, etc.)

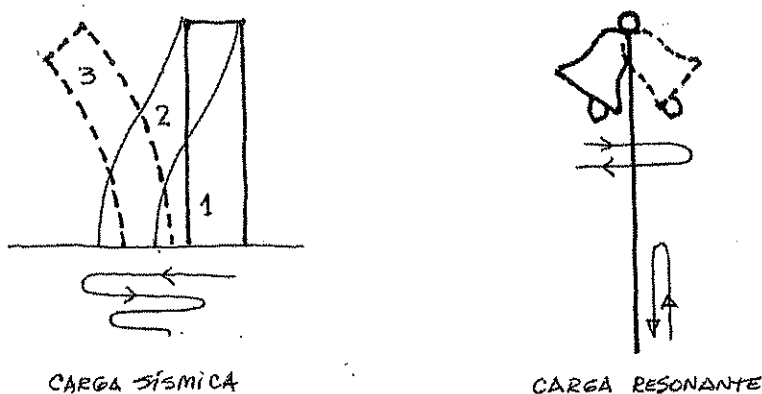


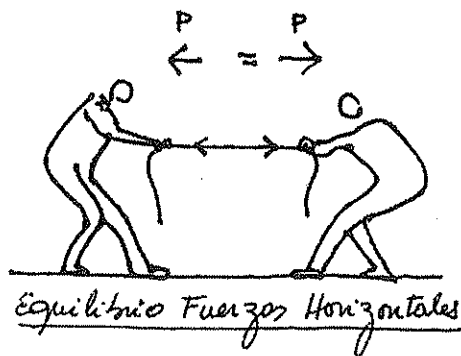
Fig. 10: Cargas Dinámicas

b - Exigencias estructurales

Pero el soporte de dichas cargas se debe realizar de manera tal de cumplimentar determinadas exigencias. Estas exigencias son básicamente tres:

Equilibrio: es la exigencia de que tanto el edificio en su conjunto como cualquiera de sus partes permanezcan inmóviles y sin deformación aparente alguna. Se aplican aquí las leyes de Newton que gobiernan el movimiento de los cuerpos, vigentes para todas las estructuras, independientemente de los materiales utilizados:

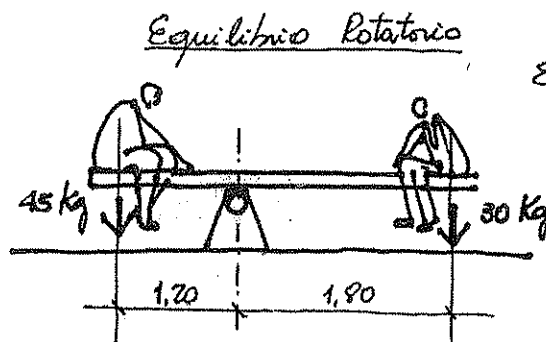
- Fuerzas de igual magnitud y sentido contrario garantizan el **equilibrio en una dirección dada**. Por lo tanto, la sumatoria de todas las fuerzas actuantes sobre la estructura en una dirección dada (horizontal, vertical, oblicua, etc.) debe ser igual a cero.



$$\text{Sumatoria de Fuerzas} = 0$$

Fig. 11: Equilibrio en una dirección

- Asimismo, se debe garantizar el **equilibrio rotatorio**, haciendo que los productos de las fuerzas actuantes por sus brazos de palancas respectivos, sean de igual magnitud y sentido contrario. Respecto de cualquier punto de la estructura, la sumatoria algebraica de dichos productos debe ser igual a cero.



$$\sum \text{Fuerzas} \times \text{brazo de Palanca} = 0$$

$$45 \times 1,20 = 30 \times 1,80$$

$$45 \times 1,20 - 30 \times 1,80 = 0$$

Fig. 12: Equilibrio Rotatorio

Estabilidad: es la exigencia de que el edificio, en su conjunto, no sufra movimientos inaceptables. Por lo tanto, las dos condiciones de equilibrio anteriores se aplican aquí al edificio como totalidad.

- Tienen que ver fundamentalmente con las condiciones de arraigo al suelo de fundación ante la acción de fuerzas exteriores, tales como el viento, resistencias no uniformes del suelo, terrenos en fuerte pendiente, etc., y toda aquella condición que ponga en peligro la exigencia de equilibrio.

Resistencia: es la exigencia de que la estructura, en cualquier punto de su desarrollo, no se rompa ante la acción de cualquiera de todas las cargas actuantes posibles.

- Por lo tanto, tiene que ver con las condiciones de carga más exigidas y la consecuente configuración de tensiones derivadas, a fin de prever material, forma y tamaño óptimos de los elementos componentes de una estructura dada.

c - Materialidad

Las estructuras se deben encarnar en determinados materiales cuyas características y propiedades fundamentales sean compatibles con los esfuerzos a los que serán sometidos. En las estructuras se emplean gran diversidad de materiales; mampuestos, madera, hierro, hormigón, etc. cuyo comportamiento estructural fluctúa en función de algunos parámetros fundamentales:

- **Elasticidad** : Es la capacidad de un material de cesar su deformación una vez cesada la acción de la carga. Todos los materiales estructurales son elásticos en un cierto grado, aunque no totalmente. Por lo común, los materiales estructurales se utilizan dentro de su rango elástico.

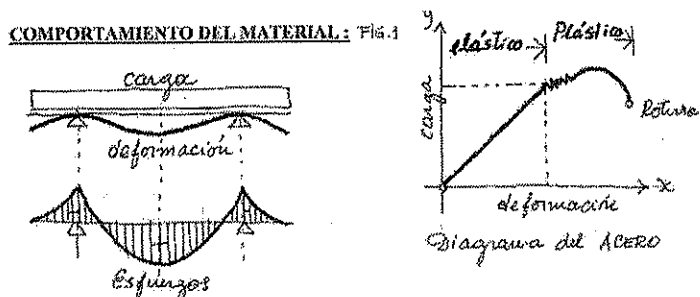


Fig. 13: Deformación y Momentos Tensión y Deformación del Acero

- **Plasticidad** : Es la propiedad de ciertos materiales de mantener una deformación permanente una vez desaparecida la acción de la carga. Más allá de su "límite de elasticidad", todos los materiales estructurales se comportan de manera "plástica", y esto permite prever la posibilidad de su colapso. Los que no tienen periodo "Plástico" (vidrio, Hierro fundido, algunos plásticos) no son aptos para fines estructurales.

- **Isotropía** : Es la propiedad de algunos materiales modernos cuya resistencia no depende de la dirección en la cual se aplican las cargas, como por ejemplo el acero y el aluminio.

- Otros, denominados "**anisótropos**", tienen distinto comportamiento según el tipo de esfuerzo y la dirección en que sea aplicado, tales como las piedras ó la madera, que tiene distinto comportamiento en dirección paralela ó perpendicular a la veta.

ISOTROPIA - ANISOTROPIA

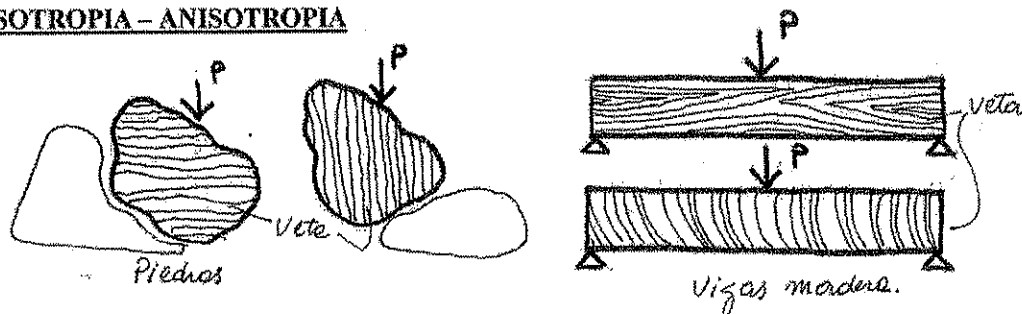


Fig. 14: Isotropía-Anisotropía

2.2. - Estados básicos de tensión

a - Tracción

Es el estado de tensión en el cual las partículas del material tienden a separarse. El caso típico es el de un cable sometido a dos fuerzas de igual magnitud y sentido contrario, en donde el cable tiende a alargarse. Pero éste no es el único efecto; simultáneamente, se angosta, disminuye el diámetro de la sección.

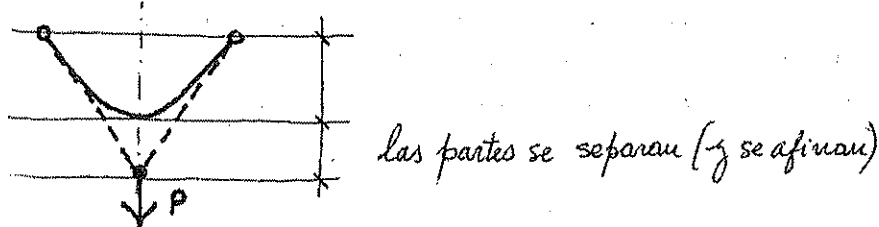


Fig. 15: Tracción

b - Compresión

Es el estado de tensión en el cual las partículas tienden a apretarse entre sí acortando la pieza, produciendo al mismo tiempo un ensanchamiento lateral. Al igual que en la tracción, dentro del periodo elástico del material, la deformación por acortamiento longitudinal y ensanchamiento transversal es proporcional a la carga.

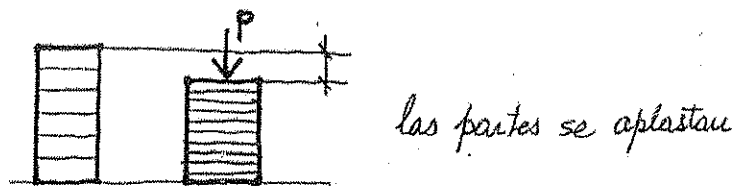


Fig. 16: Compresión.

c - Pandeo

Es el efecto típico que se produce en todos los elementos estructurales alargados, esbeltos, sometidos a compresión, tal como ha sido ejemplificado clásicamente por la deformación del bastón donde se apoya Carlitos Chaplin.

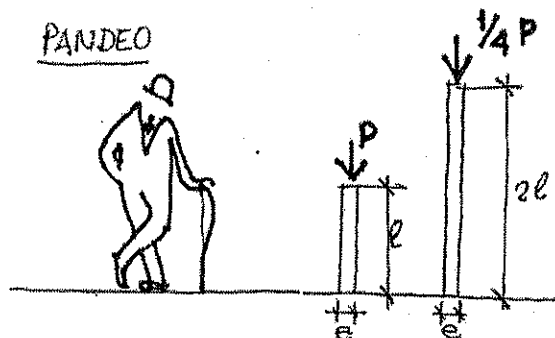


Fig. 17: Pandeo

- Éste, sometido a un esfuerzo de compresión (aunque sea menor que su capacidad teórica

de carga), en algún momento flexa lateralmente, "pandea" y por lo común se rompe. Esto se debe a la ley básica de la naturaleza de "seguir el camino más fácil": cuando la carga alcanza el valor de "pandeo", a la columna le resulta más fácil curvarse lateralmente que acortarse.

- Por ello, el peligro del pandeo no se vincula a la tensión admisible del material sino a las relaciones de proporción entre su ancho y su alto (esbeltez), a la forma de su sección transversal y a las condiciones de apoyo de sus extremos. La carga de pandeo es inversamente proporcional al cuadrado de la longitud de la columna.

d - Corte

- Es el estado de tensión en el cual dos secciones infinitamente próximas del material tienden a deslizarse entre sí (p/ej., El remache), deformando la pieza rectangular en un paralelogramo inclinado, con un alargamiento de una de sus diagonales y el acortamiento de la otra.

- Por esta razón, el corte podría considerarse como una combinación de tracción en la primera y compresión en la segunda de las diagonales, en ángulos de 45° respecto de la dirección del corte. Esta es la razón por la cual un material con baja resistencia a la tracción no puede ser resistente al corte. La *Torsión* puede ser considerada también como el sometimiento a un esfuerzo de corte puro.

- Una característica fundamental del corte es producir deslizamiento no en un solo plano, sino en dos planos perpendiculares entre sí.

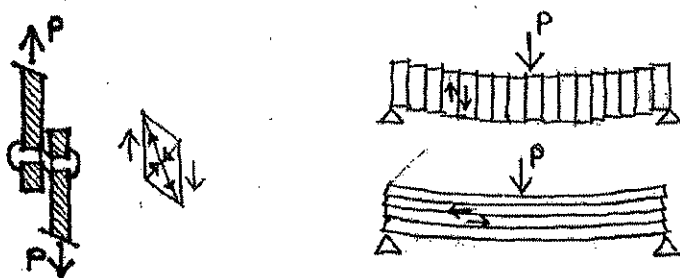


Fig. 18: Corte

e - Flexión

- Es el estado de tensión surgido de la necesidad de transferir cargas verticales mediante la flexión de un elemento horizontal, con el fin de salvar una determinada distancia entre apoyos.

Fig. 15 - FLEXIÓN

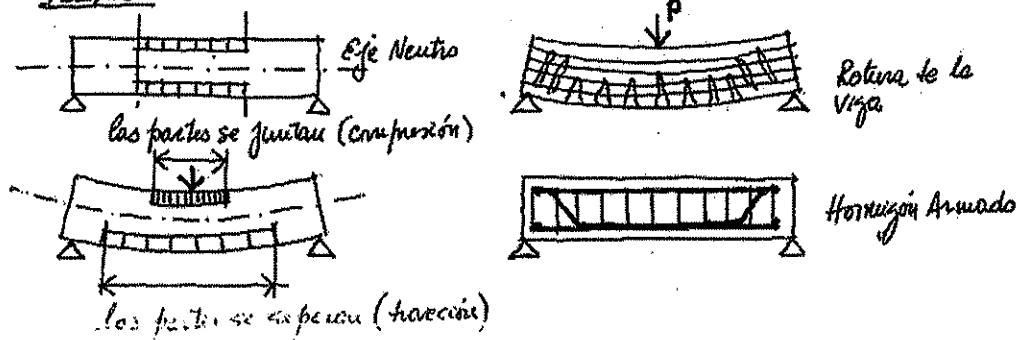


Fig. 19: Flexión

- Esta acción produce su "deflexión" mediante la acción de un par de fuerzas ("momento flector") que tienden a rotar el eje de la pieza. Ésta se resiste a ser deformada mediante la combinación de tensiones internas de compresión, tracción y corte, en **fibras distintas** del elemento flexado.

- Por lo tanto, un elemento capaz de trabajar a la flexión tiene que tener resistencias de tracción y compresión muy similares, lo que explica el predominio de la madera para absorber este tipo de esfuerzo entre los materiales naturales, y del acero y hormigón armado entre los artificiales.

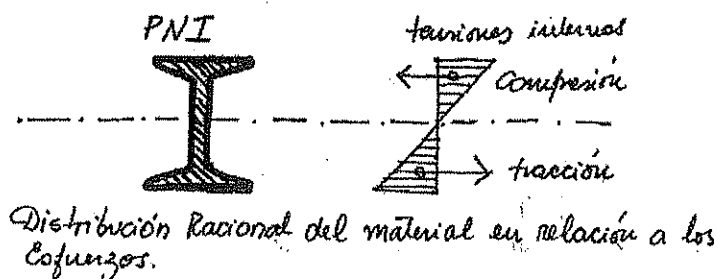


Fig. 20: Tensiones internas

2.3. - Tipos Estructurales

Desde el punto de vista estructural es habitual clasificar los tipos estructurales de acuerdo a los estados de tensión predominantes. Así, hablaremos seguidamente de **estructuras de Tracción y Compresión** (cables, arcos, cabriadas y reticulados), **estructuras de Flexión** (vigas, pórticos, entramados, placas lisas y nervuradas, plegados), y **estructuras que trabajan por Forma** (membranas y cáscaras delgadas).

Pero conviene advertir que, desde el punto de vista proyectual, el problema "determinante" es siempre qué "forma" de estructura conviene de acuerdo a los atributos arquitectónicos requeridos: si conviene una repetición de elementos lineales de cierta altura que salven la luz principal, ó una estructura que resuelva la transferencia de cargas dentro de su propio espesor, ó una estructura que cubra el espacio en cuestión mediante una forma singular. De acuerdo a este nuevo punto de vista, también podríamos hablar entonces de **estructuras unidimensionales**, de **estructuras bidimensionales** y de **estructuras por forma**.

Si bien por razones de mayor claridad expondremos la primera clasificación, creemos necesario advertir que ambos puntos de vista son complementarios, en la tarea siempre compleja de concebir el tipo estructural que mejor cuadre a las características arquitectónicas de cada proyecto.

a - Estructuras de Tracción y Compresión

- Cables

- Para comprender los mecanismos que se ponen en juego en estas estructuras, analicemos primero un cable tendido entre dos puntos, con una carga aplicada en el punto medio:

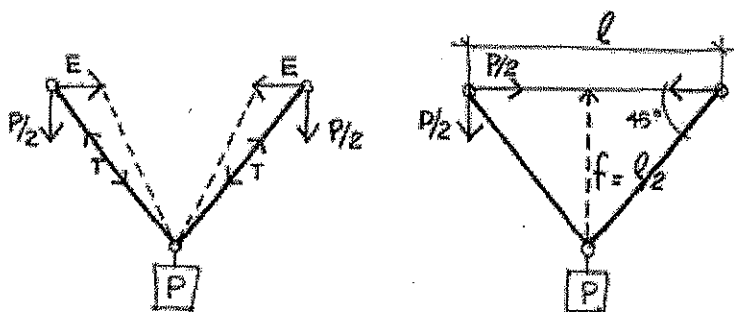


Fig. 21 : Cables

- El cable adopta una forma triangular, y cada mitad de la carga vertical es transmitida oblicuamente a los apoyos a lo largo de ambos tramos del cable, sometidos a **tracción simple**.

- Si los apoyos no estuvieran fijos, se desplazarían hacia el centro. Esto demuestra que esa tracción oblicua, al llegar a los apoyos, **se descompone en dos fuerzas: una vertical**, igual a la mitad de la carga, **y una horizontal, llamada "empuje"**.

- La **tensión de tracción** que soporta el cable es inversamente proporcional a la dimensión de **la flecha**: sin flecha, el cable no podría resistir ninguna carga vertical, pues ninguna fuerza horizontal (aunque llegara a ser infinita) podría equilibrar fuerzas verticales. Pero una flecha muy grande aumentaría mucho la longitud del cable, haciéndolo antieconómico.

- La **flecha óptima** para estas condiciones de carga es igual a la mitad de la distancia entre apoyos, con un ángulo de 45 grados en las barras, y un empuje igual a la mitad de la carga.

Polígono funicular:

- Si la carga centrada se desplaza del medio cambia la forma del cable, y por lo tanto; los apoyos reciben reacciones verticales distintas, pero igual empuje horizontal. A medida que, aumentamos la cantidad de cargas aplicadas a intervalos regulares, el cable vuelve a cambiar tomando la forma de "**polígono funicular**", que se transforma en "**curva funicular**" (parábola) si la carga es uniformemente repartida a lo largo del cable. Su **flecha óptima es igual a una tercera parte de la luz**.

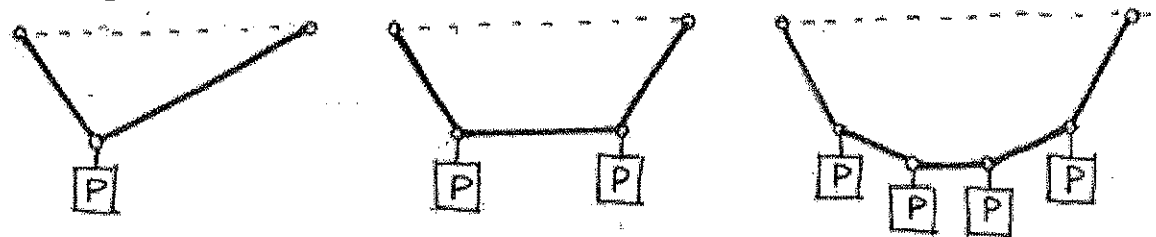


Fig. 22 : polígono funicular

- Las estructuras de cable son simples y económicas para salvar grandes luces utilizando materiales aptos a la tracción (el acero), tales como puentes colgantes y cubiertas tensadas muy diversas, tales como techos con forma de silla de montar, de rueda de bicicleta, cúpulas de tracción "Tensegrity", y otras.

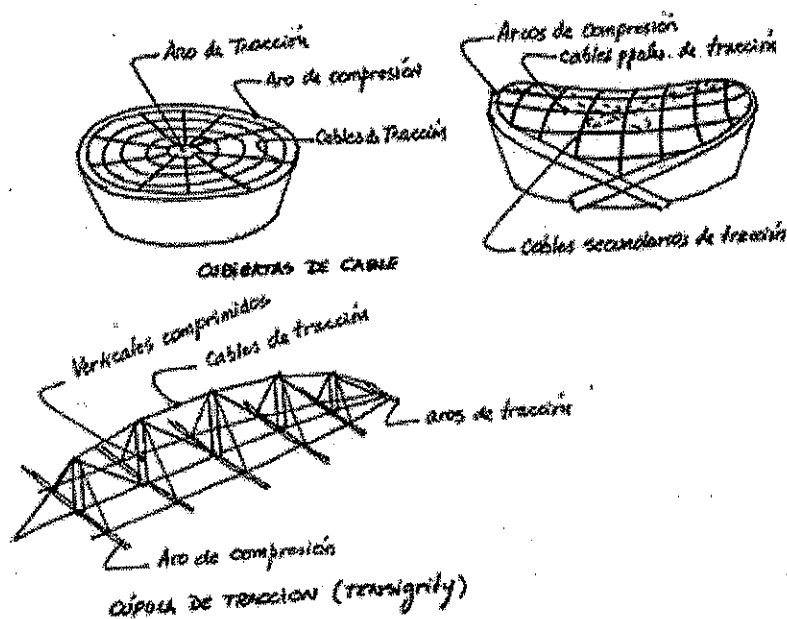


Fig. 23 : Cubiertas de cables

- Los **inconvenientes** principales de las estructuras de cable derivan de su flexibilidad: los cables son inestables ante la movilidad de las cargas ó la acción del viento, para lo cual requieren peso suficiente ó estructuras complementarias **que le confieran rigidez**.

Arcos

- Si se invierte la forma parabólica que toma un cable sometido a cargas uniformemente distribuidas, se obtiene **un arco** con forma de parábola que desarrolla sólo **tensiones de compresión**, y **empujes horizontales** que se dirigen hacia fuera.

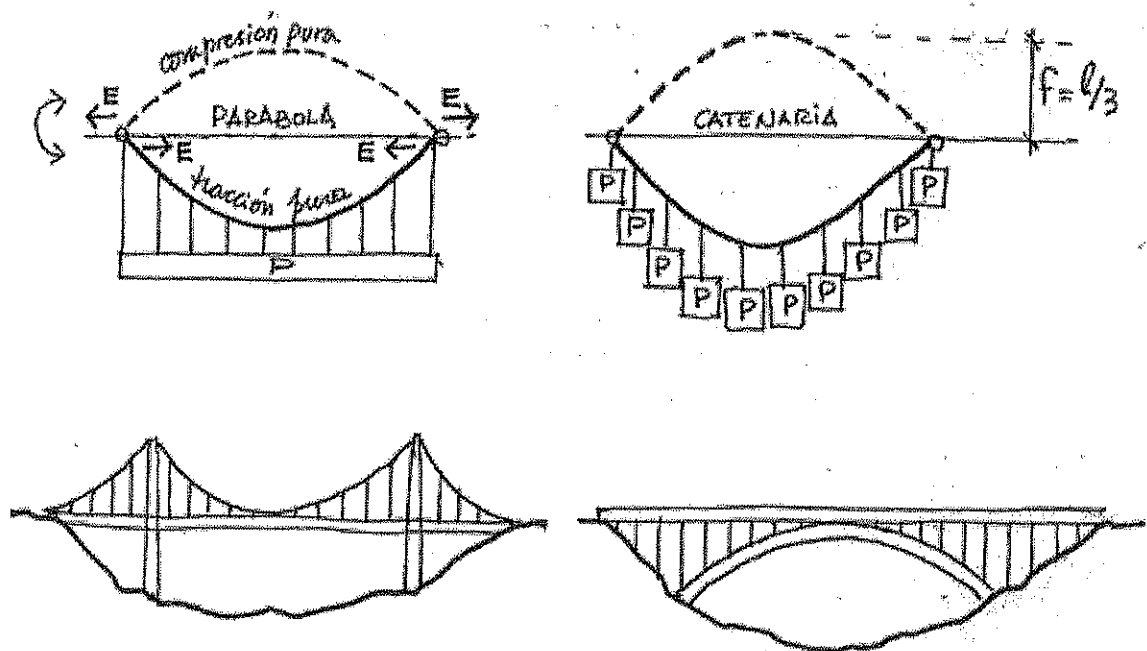


Fig. 24: antifunicular de las cargas

- Si en lugar de estar distribuidas en horizontal, las cargas se distribuyen siguiendo el eje de la pieza (p/ej., el peso propio) la curva resultante se denomina "**Catenaria**". (Este método fue utilizado por Gaudí para proyectar los arcos de la iglesia de la Sagrada Familia de Barcelona). La **flecha** óptima para estas dos condiciones de carga es aproximadamente un tercio de la luz.

- Un cable puede soportar cualquier sistema de cargas cambiando su forma, pero un arco no lo puede hacer por ser estable. Por ello, por lo general la forma del arco se elige de modo que corresponda al **funicular** de su peso propio.

- Si las cargas, en lugar de ser verticales convergieran a un punto (radiales), la curva funicular sería un arco de circunferencia sometido a compresión. Pero en razón de que las cargas que actúan sobre las estructuras son casi siempre verticales, los arcos semicirculares desarrollan cierta flexión.

- El arco es esencialmente una estructura para cubrir grandes luces utilizando materiales aptos a **compresión** (piedras, ladrillos, hormigón, etc.), y por ello fueron utilizados en gran escala por los Romanos y en las iglesias medievales, combinando arcos mayores, paralelos (de cañón corrido), diagonales, radiales, etc. con bóvedas de menor luz, todos a compresión.

- Con el moderno desarrollo de materiales resistentes a la flexión, se han podido realizar estructuras mayores, mediante arcos de madera laminada, acero, hormigón armado, etc., ó mediante "cáscaras" delgadas, cuyo comportamiento estructural se explica más adelante.

Estructuras Trianguladas

Si invertimos la figura triangular formada por un cable con carga central, veremos que las barras inclinadas pasan a trabajar a la **compresión**, y los **empujes** se dirigen hacia fuera. Si vinculamos los apoyos mediante un tercer elemento, éste absorberá los empujes mediante **tracción**.

SOLUCIONES DE "TRANSICIÓN"

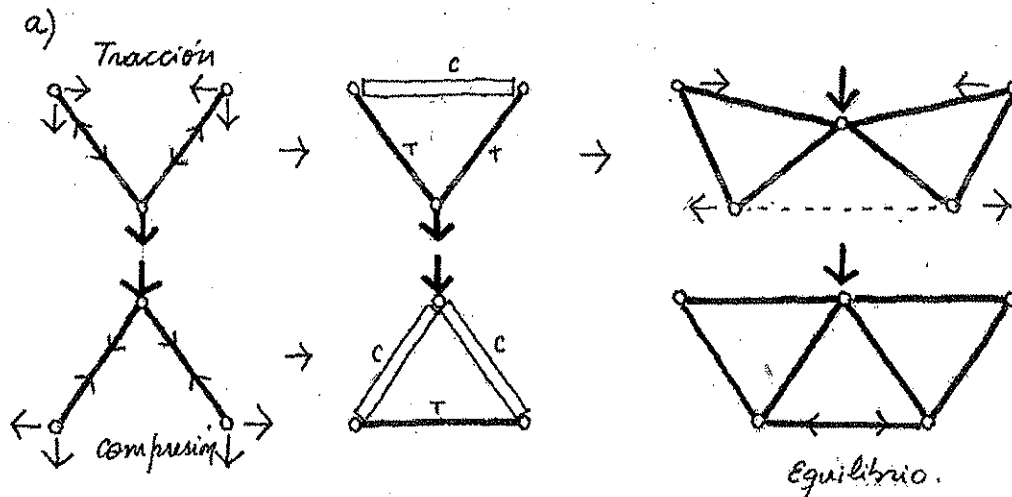


Fig. 25: Triangulación

Se configura así un **triángulo indeformable** que, ante la aplicación de cargas en su vértice, las transmite solo por compresión y tracción. Uniendo una sucesión de estos triángulos se pueden cubrir grandes luces con elementos constructivos de pequeña sección, trabajando a **compresión** ó **tracción** según las distintas configuraciones posibles. Por su **esbeltez**, los elementos comprimidos pueden **pandear**, por lo que hay que contemplar este esfuerzo.

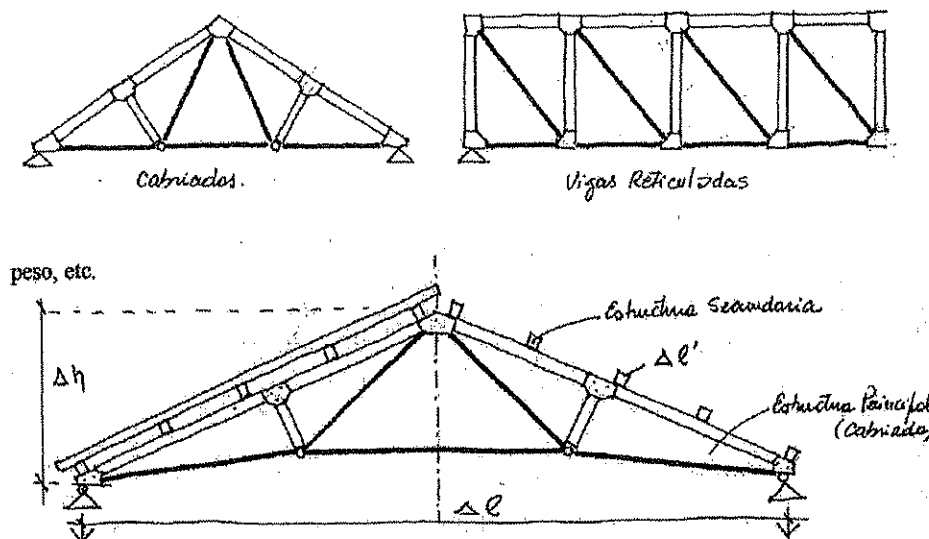


Fig. 26: Cabriadas y reticulados

- Las uniones de estos elementos ó barras se deben considerar teóricamente **articuladas**, (sin transmisión de momentos), aunque en la práctica desarrollan pequeñas tensiones de flexión y corte, debido a la rigidez de sus uniones (cartelas).

- Este mecanismo estructural es el fundamento de cabriadas y reticulados de las mas variadas configuraciones, de madera ó de acero, que se usan para salvar luces de hasta cientos de metros, servir de apoyo a otras estructuras simplemente apoyadas, disponerse en voladizo ó en forma vertical para contrarrestar la acción del viento en edificios altos.

Estructuras espaciales

- Una doble grilla ortogonal, cuyos nudos son conectados diagonalmente entre sí, genera una sucesión de módulos piramidales vinculados por sus vértices que se comporta como una placa gruesa virtual, con sus **barras horizontales superiores trabajando a compresión** y sus **barras oblicuas y horizontales inferiores trabajando a tracción**, permitiendo estructuras planas que cubren grandes áreas sin apoyos intermedios.

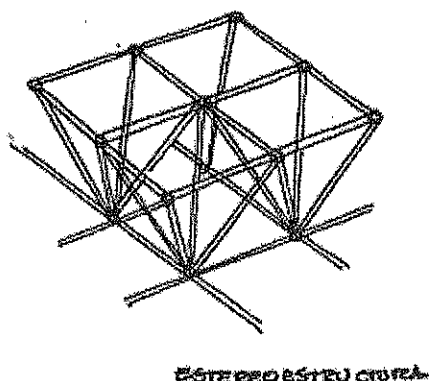


Fig. 27: Estereoestructuras

- Estas estructuras espaciales son armadas en el suelo, mediante elementos prefabricados metálicos soldados ó atornillados a conectores Standard, e izados por procedimientos mecánicos (gatos, etc.), sin requerir costosos andamios.

b - Estructuras de Flexión

La necesidad inherente a la arquitectura de cubrir un espacio, liberar el área de apoyos y salvar una luz requiere de elementos estructurales capaces de transmitir horizontalmente cargas verticales. Esto se puede conseguir utilizando los mecanismos anteriores de compresión y tracción ó apelando a las posibilidades de **flexión** de algunos materiales.

Estas estructuras se comprenden mejor si se analiza que todo elemento sometido a flexión se "deforma" según una determinada curva ó "**elástica de deformación**", poniendo en funcionamiento resistencias internas del elemento afectado que se oponen a esa deformación.

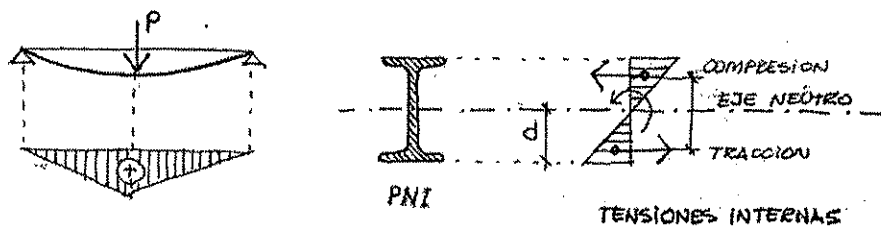


Fig. 28 : Flexión: Diagrama de momentos - Tensiones internas

La correspondencia entre la "**elástica de deformación**" y los "**diagramas de momentos**" permite

comprender la relación recíproca entre la deformación producida por las fuerzas exteriores y las resistencias internas suscitadas en el material.

Dentro de la pieza flexada, las fuerzas internas generadas en respuesta a la deformación se distribuyen linealmente desde un valor máximo de **compresión** ó **tracción** en las fibras más alejadas del eje de la pieza (**eje neutro**), a un valor cero en dicho eje. El producto de estas fuerzas internas por la distancia que las separa (denominado "**brazo de palanca**") genera un "**momento interno**" que se opone a la deformación.

La rigidez flexional de la pieza dependerá entonces de un atributo de la forma de la sección llamado "**momento de inercia**" que, si bien es lógicamente proporcional a la cantidad de material empleado, lo es mucho más según la forma en que esté dispuesta dicha sección en relación a la carga, puesto que aumenta al cuadrado de la distancia entre la fibra más alejada y el eje neutro. Se comprende entonces la importancia de la "forma de la sección" para una utilización racional del material.

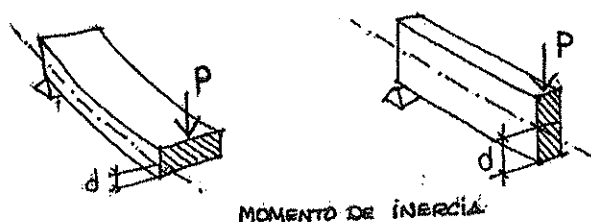


Fig. 29: Momento de Inercia

Ahora bien: En estas estructuras de flexión ha llegado el momento de establecer una diferencia entre aquellas que son "**unidimensionales**", es decir, que pueden transferir linealmente cargas en una sola dirección (**vigas y pórticos**), y aquellas que llamaremos "**bidimensionales**", aptas para dispersar la carga en un plano (**entramados, placas ó losas y plegados**).

b.1. – Flexión Unidimensional

- **Vigas:** De acuerdo al tipo de vínculo con sus apoyos, se las puede considerar:
- **Vigas simplemente apoyadas :**
- cuando se apoyan en ambos extremos de modo tal que éstos tienen libertad de girar, **transmitiendo al apoyo solo compresión**. Tanto la deformación como la tensión disminuye a cero en los apoyos.

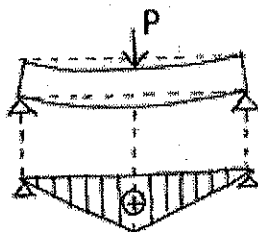


Fig. 30: Viga simplemente apoyada

Vigas Empotradas

- Cuando el apoyo restringe completamente el giro, éste recibe además de compresión un **momento flector negativo**, que puede llegar a ser hasta el doble de las registradas en el punto medio (en el caso de estar doblemente empotrada y uniformemente cargada).
- Como consecuencia del empotramiento, la viga no puede girar y resiste la deformación

cerca de los apoyos, invirtiendo su curvatura ("puntos de inflexión"), y por lo tanto, el sentido ó signo de sus tensiones.

- Como en los puntos de inflexión la tensión es igual a cero, se puede considerar a la viga con una luz menor (entre esos puntos) y dos extremos en voladizo.

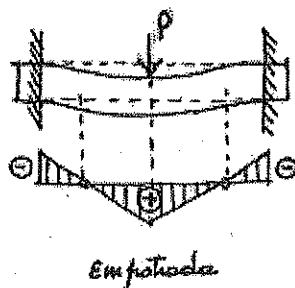


Fig. 31: Viga Empotrada

Vigas Continuas

- La continuidad de una viga sobre varios apoyos introduce nuevos comportamientos: Si cada tramo estuviera simplemente apoyado, resistiría las tensiones de flexión por si sólo; La continuidad entre tramo y tramo, al combinar la libertad de giro de los apoyos simples con la restricción de los empotrados, genera puntos de inflexión cerca de los apoyos que "reducen" la luz teórica del tramo, aumentando así la rigidez.

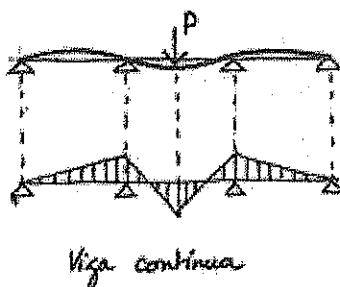


Fig. 32: Viga en Voladizo

Vigas en voladizo

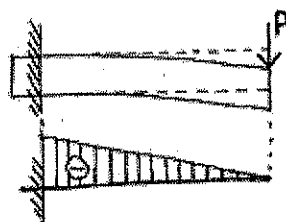
- La viga en voladizo supone necesariamente el empotramiento de su único extremo apoyado, ejerciéndose sobre él, además de una reacción vertical, un "momento" flector que varía desde cero en la punta a máximo en el empotramiento.

- La deformación constante de la viga en voladizo requiere el alargamiento de las fibras superiores y el acortamiento de las inferiores, produciendo un estado de flexión en todo su desarrollo.

- Estas tensiones de flexión varían en forma lineal desde un valor máximo de tracción en la fibra superior, hasta uno máximo de compresión en la fibra inferior, haciéndose cero en la fibra media (eje neutro).

- Por acción de su brazo de palanca, la carga tiende a hacer girar la viga hacia abajo; por reacción del brazo de palanca interno, la pieza tiende a girar hacia arriba reestableciendo el equilibrio rotatorio.

- La deflexión aumenta a medida que la carga se desplaza desde el empotramiento hacia la punta del voladizo; La deflexión aumenta rápidamente con la longitud, exactamente al cubo de la relación de longitudes.



Viga en Voladizo

Fig. 33: Viga en Voladizo

Pórticos

- Son los sistemas que se desarrollan en base a una “**unión rígida**” entre el elemento vertical de apoyo y el elemento horizontal. Esta unión, comportándose de manera “**monolítica**”, transmite “**momentos**” a los elementos por ella vinculados, permitiendo su mutua colaboración estructural en la resistencia de cargas, tanto verticales como horizontales.

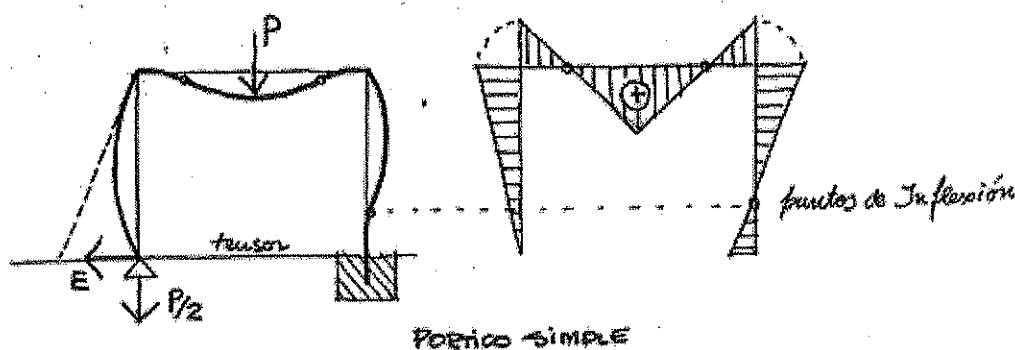


Fig. 34: Pórtico

- Por esta razón, los pórticos son más resistentes a cargas verticales que los sistemas de pilar y dintel, pero aún presenta mayores ventajas ante cargas laterales, tales como la presión del viento, por la colaboración estructural entre elementos horizontales y verticales.

- El hecho de vincular rigidamente los elementos horizontales y verticales tiene varias consecuencias:

- La viga tiene extremos elásticamente empotrados, se torna más rígida y puede resistir mayor carga a la flexión

- Las columnas están sometidas no sólo a las cargas de compresión sino también a tensiones de flexión debida a la continuidad con la viga.

- Para mantener al pórtico en equilibrio bajo la acción de cargas verticales se requiere una fuerza horizontal que tome el “**empuje**” hacia fuera de los elementos verticales, introduciendo compresión en la viga.

- Las deformaciones que sufre un pórtico empotrado ante la acción de cargas verticales demuestra que las columnas desarrollan un punto de inflexión y equivalen, por lo tanto, a un pórtico articulado con columnas más cortas.

- En contacto con la **fundación**, los pórticos pueden ser **empotrados** ó **articulados**. En el primer caso, la propia fundación debe contrarrestar el empuje horizontal; en el segundo, un tensor deberá tomar ese empuje.

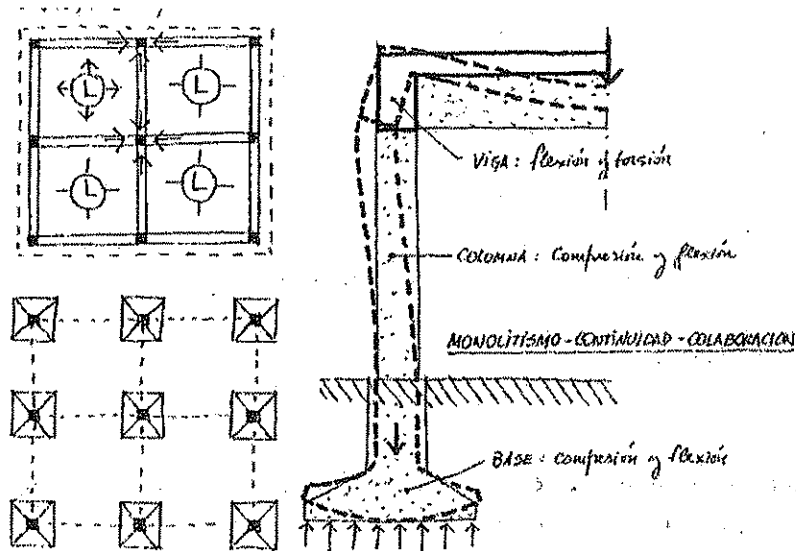
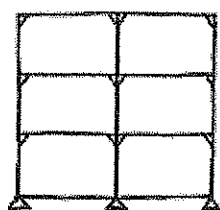
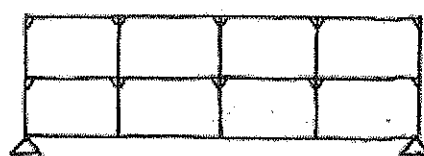


Fig. 35: Monolitismo

- Los pórticos pueden ser **simples** ó **múltiples**; en este último caso se cuenta con ventajas adicionales similares a las de las vigas continuas, como así también la posibilidad de constituir reticulados en el plano ó en el espacio para cubrir grandes luces, como las llamadas vigas Vierendeel.



PÓRICO MÚLTIPLE



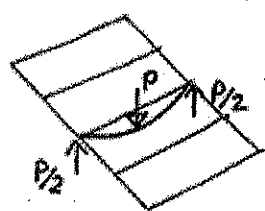
VIGAS VIERENDEEL

b.2. – Flexión Bidimensional

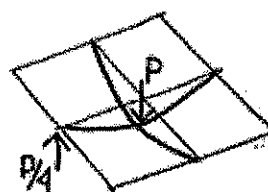
Las estructuras unidimensionales de flexión anteriores son eficientes para "salvar una luz", pero su eficiencia se reduce mucho cuando se trata de "cubrir un área" determinada mediante una serie de ellas, porque ante una carga sólo flexiona la afectada, quedando las demás inertes.

Desde el punto de vista estructural, sería más eficiente tener una transferencia bidireccional de cargas, de manera de que el conjunto reaccione como un todo. Esta dispersión bidireccional de la carga se puede obtener mediante Entramados y Placas que combinen **flexión con torsión** actuando en el plano.

La transmisión bidireccional es más eficiente si ambas direcciones son aproximadamente iguales, reduciendo a la mitad la carga en los apoyos.



FLEXIÓN UNIDIRECCIONAL



FLEXIÓN BIDIRECCIONAL

Fig. 36: Flexión Uni y Bidimensional

Entramados

- Es posible cubrir un área rectangular por medio de un entramado de vigas perpendiculares entre sí, unas encima de las otras, y obtener transferencia de carga en los dos sentidos, de manera que las superiores actúen como vigas continuas sobre los apoyos flexibles constituidos por las inferiores.

- Pero se obtiene mejor reacción recíproca "entretegiéndolas", de modo que sus posiciones relativas se inviertan en cada intersección. En la práctica, se obtiene igual resultado por medio de conexiones soldadas ó remachadas entre los dos sistemas de vigas. Los entramados son particularmente eficientes para transferir cargas concentradas, haciendo que toda la estructura participe.

- Cuando los lados del área a cubrir son muy diferentes, se puede lograr un mejor resultado mediante el empleo de entramados oblicuos. Mediante esta forma, se aproximan las longitudes de ambas series, de manera de evitar que la acción bidireccional se pierda por las notables diferencias de longitud de una y otra.

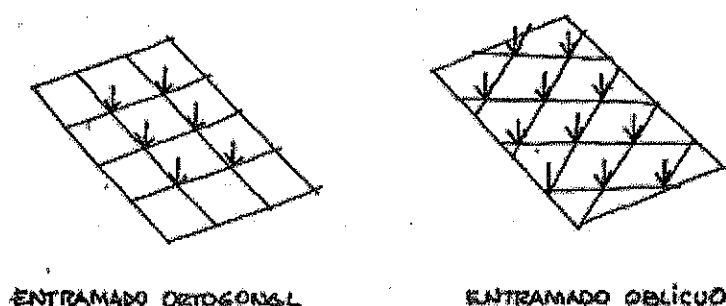


Fig. 37: Entramados

Placas (Losas) Lisas

- Una placa (ó losa) es un elemento estructural monolítico de espesor relativamente pequeño, usado para cubrir un área determinada. Como en el caso anterior de los entramados, se considera toda franja de placa en una de las dos direcciones como una viga, y lo mismo para otra franja de placa en la dirección perpendicular. Como las dos actúan al mismo tiempo, la **flexión** de una de ella produce **torsión** en la otra.

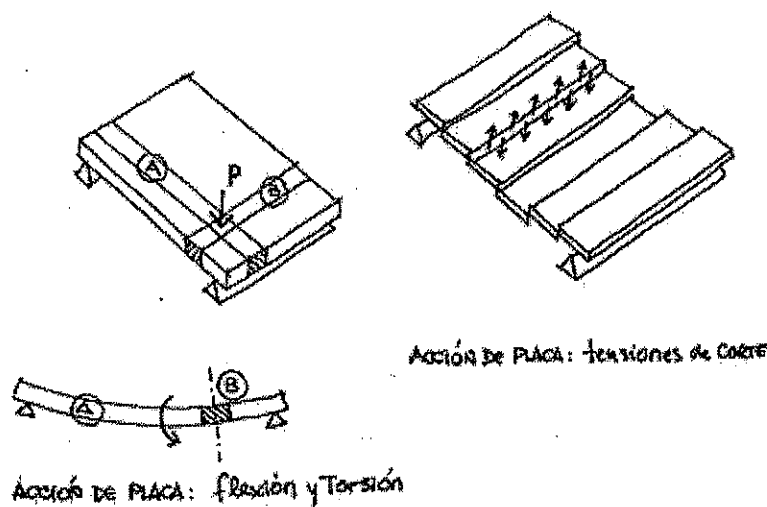


Fig. 38: Acción de Placa

- El trabajo de una placa ó losa es análogo al de un entramado de vigas soldadas formado por un número infinito de vigas infinitamente pequeñas, actuando juntas en cualquier dirección; cuando se las somete a una carga, todos los puntos de la placa sufrirán **flexión, torsión y corte**, donde el trabajo de Torsión es lo característico de la placa, pues a él se debe un buen porcentaje de su capacidad de carga.

- Al igual que los entramados, la placa pierde la mayor parte de su efecto bidireccional cuando uno de sus lados es mucho más largo que el otro, por lo cual la proporción ideal de una placa es aproximadamente cuadrangular.

- Por lo común, las losas se apoyan por dos, tres ó cuatro lados sobre paredes ó vigas, pero también es posible hacerlo sólo en "puntos de apoyo" tales como columnas. La unión entre columna y placa debe absorber el efecto de perforación de la losa por la columna llamado "Punzonamiento", requiriendo para ello "capiteles" de distribución. Para evitarlos, a menudo se emplean "conectores de corte de acero" incluidos dentro del espesor de la losa.

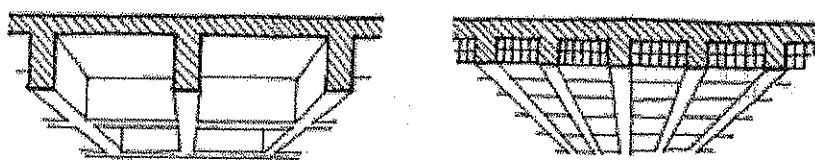
- Cuando se trata de losas de gran inclinación (45°), éstas resisten parte de la carga por tracción ó compresión, y parte por flexión perpendicular al plano de la placa.

Placas Nervuradas

- La eficiencia estructural de la placa se ve disminuida debido a que en el punto de mayor esfuerzo, sólo las fibras superior e inferior de la placa pueden desarrollar las mayores tensiones. Para ello se recurre a aumentar la altura de la placa mediante "**nervaduras**" dispuestas en una, dos, tres direcciones, alejando así el material del eje neutro de manera de agrandar el brazo de palanca y aumentar su inercia.

- Estos "**Nervios**" contendrán las armaduras de hierro, y los espacios vacíos entre ellos podrán ó no ser rellenos con ladrillos cerámicos huecos ú otros materiales estructuralmente inertes.

- El material más práctico para estas estructuras es el Hormigón Armado, aunque también se lo puede combinar con otros materiales, tales como perfiles de acero y encofrados perdidos de chapa plegada.



LOSAS NERVURADAS

Fig. 39: Placas nervuradas

Placas Plegadas

- Igual resultado al de las nervaduras puede lograrse plegando las placas. El plegado de la placa aleja el material de la sección de su plano medio aumentando el brazo de palanca de las tensiones de flexión.

- La acción de la placa plegada es una combinación de viga transversal y longitudinal. Una franja transversal al plegado se comporta como una viga continua apoyada en los pliegues. En el sentido longitudinal del plegado, las losas actúan como vigas en "v" de gran altura. Por su altura significativa, se usan principalmente para techos, y pueden realizarse en diversos materiales.

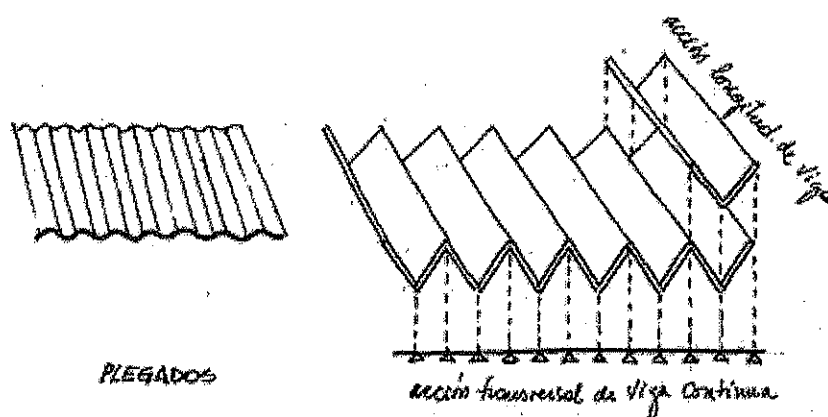


Fig. 40: Placas Plegadas

c - Estructuras Resistentes por Forma

Además de las anteriores, se han desarrollado estructuras más complejas que trabajan **por forma**. Nos referimos a **las membranas y las cáscaras**, cuyo estudio y cálculo estructural es complejo, tanto en lo que concierne a la distribución de tensiones como a las geometrías particulares de su forma.

Como es de suponer, el desarrollo de estas formas es espacialmente importante, razón por la cual generalmente estas soluciones estructurales son adoptadas para espacios singulares de gran exigencia de áreas libres, aunque también es posible pensarlas como soluciones modulares de repetición con vistas a su prefabricación.

Membranas

- Una membrana es una hoja de material que, para todo fin práctico, puede desarrollar solamente **tracción**. Aunque es una estructura bidimensional, no puede desarrollar tensiones apreciables de flexión y torsión como la placa, pues su espesor es muy pequeño comparado con la luz.

- Como estructura, la membrana presenta una característica geométrica esencial: el "**Alabeo**", es decir, una diferencia en las pendientes de sus lados opuestos, lo que genera "**curvaturas**". Así, las membranas resisten las cargas normales por medio de tres mecanismos separados: **la acción de cable (tracción)** debido a la curvatura en una dirección, **la acción de cable (tracción)** debido a la curvatura perpendicular a la anterior, y **la acción de corte** en su propio plano debida al alabeo. (tensiones tangenciales de corte). Las dos características esenciales de la acción de membrana son:

- La acción de la membrana depende fundamentalmente de dos características geométricas de su forma: **las curvaturas y el alabeo**.

- Las tensiones características, tanto de tracción como de corte, se desarrollan siempre en la superficie y nunca en dirección perpendicular a ella.

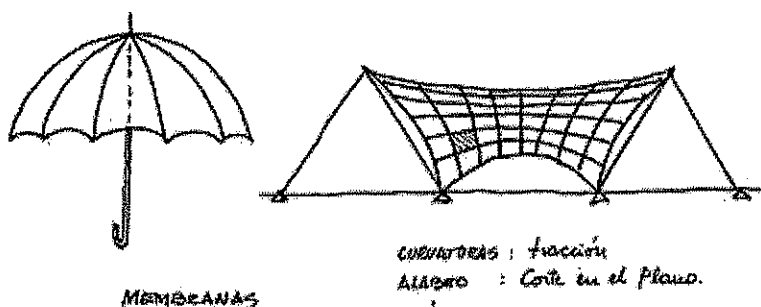


Fig. 41: Membranas

- En general, al igual que las estructuras de cable las membranas deben estabilizarse, por lo que su uso en estructuras permanentes está limitado exclusivamente por su movilidad, que puede reducirse, pero no eliminarse. Ejemplos habituales de estructura de membrana son, las carpas de circo, el paraguas, el kayak esquimal, y las llamadas estructuras neumáticas, pretensadas por presión interna, tales como ciertos globos.

- Los materiales mas usados en su construcción son las telas plásticas, el acero, el aluminio y el hormigón reforzado.

Cáscaras

- Una membrana invertida sería el **antifunicular bidimensional** de las cargas originales, y desarrollaría sólo **compresión**, constituyéndose en **Cáscara**. En ella, todas las desventajas propias de las membranas se evitan (inestabilidad), y la mayor parte de sus ventajas se conservan.

- Las cáscaras son estructuras resistentes por forma, suficientemente delgadas para no desarrollar tensiones apreciables de flexión, pero también suficientemente gruesas para poder resistir cargas por **compresión, corte y tracción**. Aunque se las pueda construir de madera, acero y materiales plásticos, son ideales para construirlas de hormigón armado. Permiten la construcción económica de cúpulas y otros techos de forma diversa, de excepcional resistencia mecánica.

- Como las membranas, **las cáscaras** deben su eficiencia a la **curvatura y el alabeo**, puesto que de las curvaturas depende el trabajo a tracción y/o compresión, y del Alabeo el trabajo al corte, todos en el propio plano, esenciales para la acción de cáscara.

- Por ello, sus complejas características geométricas deben ser especialmente buscadas en la intersección de planos con superficies de revolución ó de traslación, superficies regladas, etc.

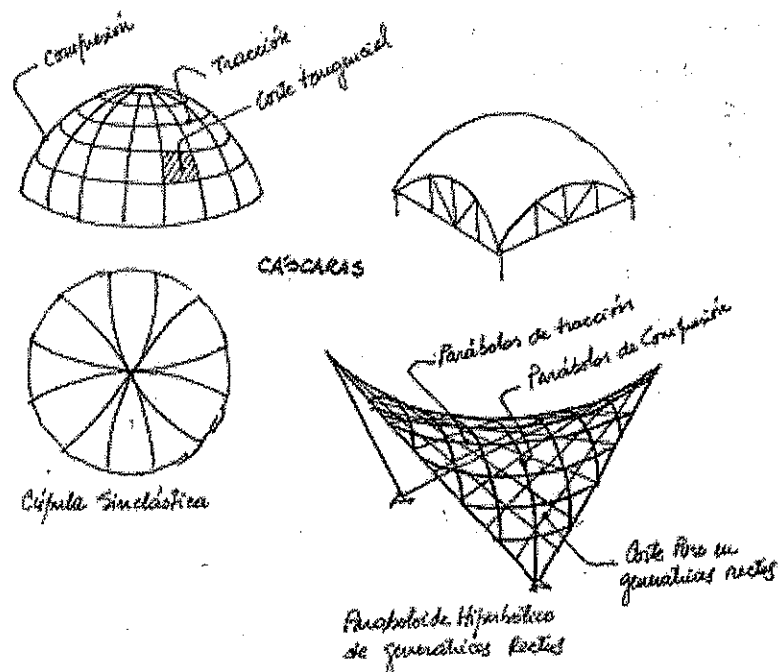


Fig. 42: Cáscaras

2.4. – Fundaciones

El conocimiento del volumen y de los pesos por m^3 de los materiales utilizados permiten determinar el peso propio de la construcción, mientras que los usos a que estará destinada la construcción permite conocer la carga útil ó sobrecarga, que sumados, nos dará la carga total del edificio sobre el terreno.

Las Fundaciones están destinadas a repartir sobre el terreno el peso de la obra. La Carga Total se irá distribuyendo a través de la Estructura en formas y magnitudes diversas de acuerdo a la conformación del proyecto y a las características de los apoyos previstos (lineales ó Puntuales), hasta incidir sobre el suelo de fundación. Finalmente, esas cargas se deberán repartir sobre las “superficies de contacto” entre la Fundación y el terreno, de tal manera que el peso transmitido sobre dichas superficies sea menor ó igual que la resistencia (capacidad portante) del terreno. (en kg/cm^2)

Para determinar su tipo y tamaño conveniente es necesario conocer previamente la **resistencia y composición del suelo** sobre el que descansará la construcción, pues ello condicionará los apoyos proyectados. Eventualmente, según el grado de rigor de sus condiciones, son las características portantes del terreno las que llegan a determinar el sistema de apoyos y con ello, gran parte del esquema portante.

a - Tipos de Fundaciones

Los principales tipos de fundación responden a la forma en que el peso del edificio se reparte en el terreno, es decir, si se reparte de manera uniformemente lineal (muro de carga) ó si, por el contrario, lo hace de manera concentrada en puntos (Columnas; pilares):

Zapatas corridas

- bajo muros de carga, de mampostería ú hormigón, que reciben linalmente la carga todo a su largo, ensanchándose bilateralmente lo necesario según la relación peso-resistencia del terreno.

Bases aisladas

- para pilares y columnas de mampostería ú hormigón, que reciben cargas concentradas las que, a partir del centro de apoyo, se expanden de forma centrada ó excéntrica según las condiciones del proyecto. (medianeras)

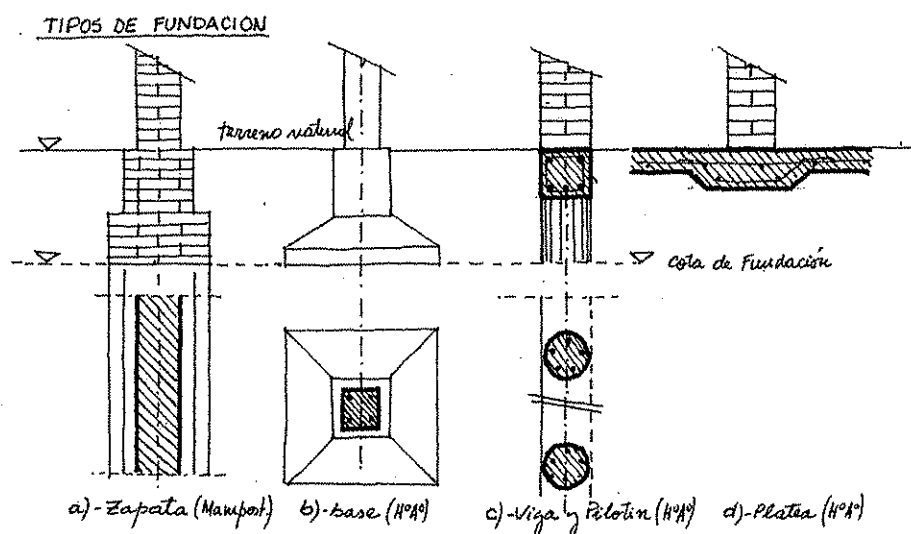


Fig. 43: Tipos de Fundación

Asimismo, para los casos en que el suelo apto para fundar se halla a considerable profundidad, cuando la presencia de arcillas expansivas pueda producir una subpresión de abajo hacia arriba, ó por razones de economía de material y mano de obra se han desarrollado :

Pilotines y Vigas de Fundación

- Sistema que muchas veces reemplaza -con ventajas económicas- a las zapatas corridas. Los pilotines se realizan mediante perforaciones puntuales hasta alcanzar suelo firme, a escasa distancia entre sí (1,5 a 2 m.) hasta alcanzar el suelo firme. Las perforaciones, de aprox. 2 m. De profundidad, son rellenadas con Hormigón, previa colocación de armaduras de hierro. (como una columna), Las propias paredes de tierra del pozo se usan como encofrado. Sobre el extremo superior de estos pilotes descansa una viga de Hormigón armado que sirve de apoyo para el muro de carga.

Plateas

- Son losas de Ho.Ao., con refuerzos en las líneas de carga, que como consecuencia de la escasísima resistencia del suelo permiten repartir la carga sobre una gran superficie de contacto, trabajando como un piso invertido.

Fundaciones Especiales

- Para casos de muy diverso tipo, que pueden responder a terrenos con mucha presencia de agua, fundaciones sometidas a subpresiones por la acción de empujes hidráulicos, así como cuando el terreno resistente se halla a gran profundidad, ó en general a configuraciones especiales del suelo de fundación, existen una variedad de opciones a considerar con los especialistas respectivos. (pilotes hincados ó moldeados in situ, pozos romanos, y otros).

Agregado a lo anterior, se deberán tener en cuenta algunos fenómenos que pueden incidir, tales como heladas, la presencia de corrientes de aguas superficiales ó subterráneas, las pendientes de las diversas capas geológicas, etc. Por ello, **la profundidad de Fundación** deberá ser tal que el plano de contacto entre ellas y el terreno esté fuera del alcance de éstos fenómenos, particularmente de las Heladas (de 5 a 8cm. Por grado, por debajo del 0 grado).

Para evitar posibles **deslizamientos**, se deberá disponer en todos los casos que el plano de asiento de las fundaciones sea perpendicular a la dirección de los esfuerzos transmitidos. Asimismo, se deberán realizar adecuados **Drenajes** en caso de presencia de agua, evitando en lo posible el uso de materiales no resistentes a la acción del agua, tales como madera ó hierro, salvo bajo adecuadas y severas condiciones de protección.

b - Suelos de Fundación

Los **Ensayos de Suelo** permiten medir el hundimiento de una superficie de terreno bajo la acción de una carga, que se aumenta progresivamente hasta determinar su capacidad portante. Evidentemente, este análisis debe realizarse en profundidad, es decir, no sólo al nivel del plano de cimentación sino también por debajo del mismo. Es así que para zapatas continuas la profundidad del estudio de suelo debe ser, como mínimo, dos veces el ancho de la zapata y para bases aisladas, de 3 veces el ancho de la base. En general, pueden considerarse buenos terrenos de fundación aquellos que son duros, sólidos, sin infiltraciones de agua y constituidos por capas casi horizontales. Una simple clasificación puede ser la siguiente:

- *Limo, turba* (0 kg/cm²) - Descartable
- *Tierra vegetal* (0,5 kg/cm²) - Muy variable
- *Arcilla expansiva* (0,3 a 1 kg/cm²) - Cambia su volumen según el contenido de agua del suelo
- *Arena muy fina* (0 a 2 Kg/cm²) - Debe evitarse el escurrimiento encerrándola en un Recinto
- *Greda arenosa - Arcillas* (1,5 a 3 kg/cm²)
- *Arena seca - Gravas* (2 a 5 kg/cm²)
- *Marga-Arcilla-Tosca* (3 a 5 kg/cm²)
- *Rocas blandas* (7 a 10 kg/cm²)
- *Rocas duras:* (10 a 20 kg/c)

3 – LOS MATERIALES TRADICIONALES

3.1. - Naturaleza de los Materiales

La Arquitectura, y no la mera construcción, es lo propio del hombre. Éste, al mismo tiempo que establece correlaciones funcionales con la Naturaleza (el color de la piel ó el de los ojos, etc.), entabla con ella correlaciones simbólicas, representaciones imaginarias del espacio en que vive. Así, la Naturaleza se transforma en Paisaje, la Extensión en Escala y Proporción, la Materia en Textura, Transparencia, Vibración. La arquitectura se fundamenta en esa doble relación -funcional y simbólica- en la que el hombre, transformando a la naturaleza, se va transformando a sí mismo. Ha recurrido a ella para proveerse de los materiales necesarios pero los ha transformado de acuerdo a su sensibilidad, con técnicas y procesos productivos que, perfeccionados por el ingenio y la razón, constituyen lo que podríamos llamar una “Segunda Naturaleza”.

Desde el comienzo, entonces, vemos que no ha sostenido ante la naturaleza una actitud pasiva sino propositiva, de interacción creadora: al propio tiempo que abandona su primaria condición de sujeto aislado para integrarse como sujeto social, la naturaleza virgen se va transformando en “Ambiente”, y ese contacto del hombre con su ambiente va forjando una Técnica. A esta integración de Sociedad, Ambiente y Técnica convenimos en llamar “Industria”.

a - Naturaleza – Sociedad – Cultura

Es la Industria la que, racionalizando incesantemente los procesos productivos, provee las formas y medidas de los materiales que la obra requiere, fijando sus modalidades de fabricación, sus medios de transporte, sus sistemas de comercialización y sus innovaciones, de acuerdo al desarrollo histórico alcanzado. Pero la conformación del universo de técnicas y materiales no se limita sólo al campo de lo pragmático, pues es la sociedad la que asigna prioridades y recursos según su propia escala de valores, muchas veces en contradicción con aquella racionalidad meramente utilitaria. Esos recursos están sujetos a las tensiones de la época, a través de las cuales se transforman. Al respecto dice Mies Van de Rohe:

“La tecnología está arraigada en el pasado, domina el presente y tiende hacia el futuro. Es un movimiento histórico real: uno de los grandes movimientos que forman y representan a la época. Sólo es comparable al descubrimiento clásico del hombre como persona, a la voluntad de poder Romana, y al movimiento religioso de la Edad Media”.

Entonces, ante la pregunta de cuál es la verdadera naturaleza de los materiales de construcción, vemos que sólo por su origen y por una suerte de vínculo atávico y familiar podemos referirlos como “naturales”, pues en todo lo demás participan plenamente de la evolución histórica. Los materiales de la arquitectura se definen no tanto por su carácter natural, “en bruto”, sino por la manipulación expresiva y técnica que el hombre ha sabido hacer de ellos, llegando a conformar valiosas tradiciones constructivas y una cultura arquitectónica específica.

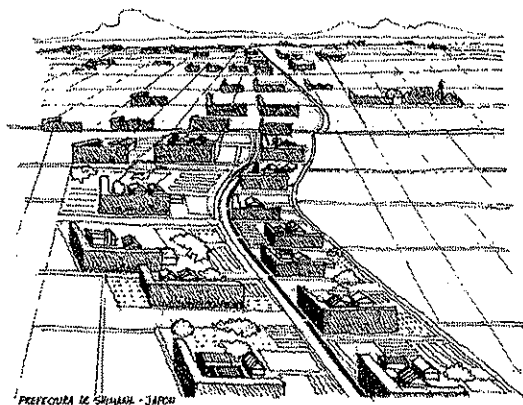


Fig. 43 - Prefectura de Shimane, Japón



Fig. 44 - Aldea subterránea en Loyang, China.

La Revolución Agrícola del Neolítico -y la Revolución Urbana que trajo aparejada- produjo un cambio fundamental en las formas del establecimiento humano. De la utilización temporaria de cavernas y refugios naturales para abrigo y protección -en los que tanto materia como forma son producto directo de la naturaleza- los imperativos de la actividad agrícola exigieron el arraigo a un lugar y enfrentar las condiciones adversas del ambiente natural, imponiendo respuestas nuevas -de un nivel superior a la mera supervivencia- a esta nueva situación. Esta necesidad de arraigo a un lugar y una voluntad de reunión y cooperación social inherentes dan fundamento desde entonces tanto a la Casa como a la Ciudad, impregnando las obras humanas con tres características fundamentales, particularmente patentes en el hecho arquitectónico:

- **Un carácter de Permanencia y Estabilidad** de sus edificaciones, tanto en el espacio como en el tiempo. ("Sostener")
- **Una Protección y Control de los Fenómenos naturales**, antes librados al capricho de la Naturaleza. ("Cerrar")
- **Una necesidad moral de Crear un Ambiente**, más favorable para la vida individual y social. ("Construir")

Fundamentado en ellas, Sostener, Cerrar y Construir se han constituido en algo consustancial al hacer arquitectónico, impresas por derecho propio en su naturaleza.

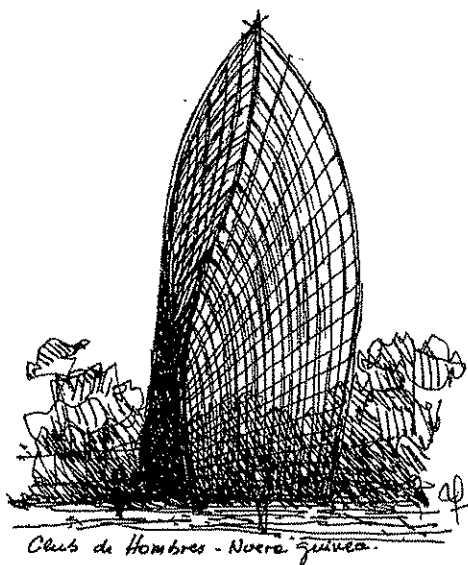


Fig. 45 - Club de hombres en Nueva Guinea -
Entramado de cañas de bambú cubierto con espinos.

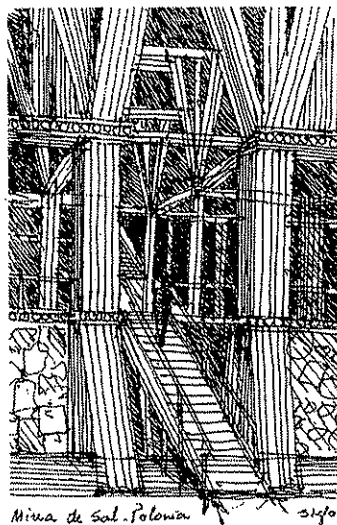
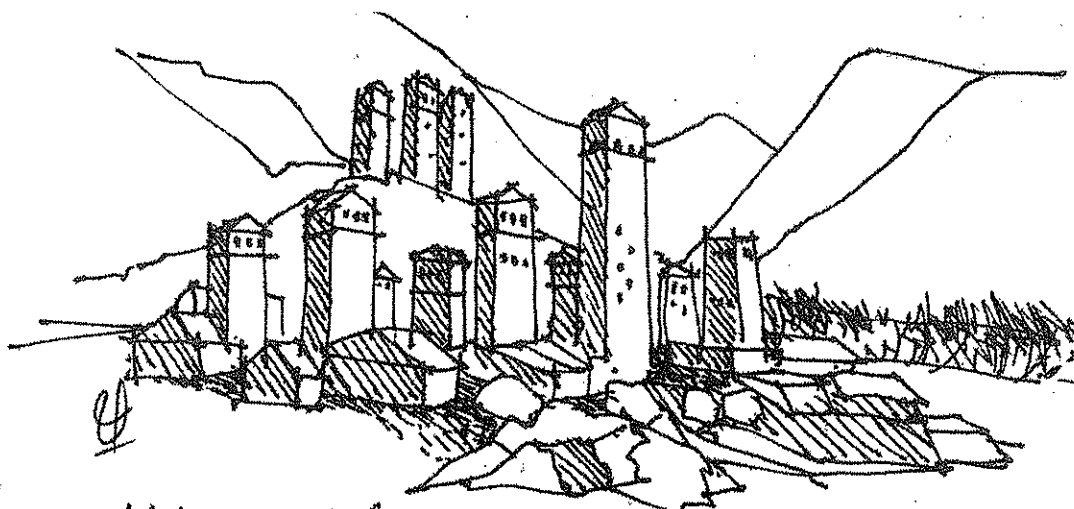


Fig. 46 - Interior de una mina de sal en Polonia
Puntales de troncos - Siglo XI

b - Criterios de Valor

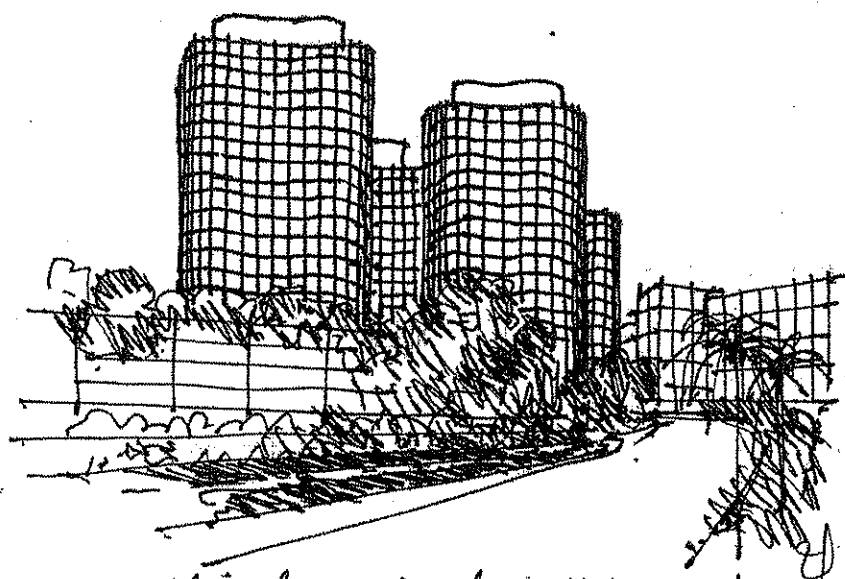
Por lo dicho, vemos que la relación Materia-Proyecto no es mecánica sino dialéctica, en la que ambos términos están profundamente imbricados, provocando cambios tanto en las concepciones arquitectónicas como en la evolución material. Cuando Material y Técnica se hacen uno con la Idea, cristalizan arquitecturas que reflejan no sólo un estado de desarrollo de las fuerzas productivas (Sociedad Esclavista, Feudal, Burguesa, etc.) sino también un sistema de valores y creencias, no exento de contradicciones con aquellas. Por eso, continúa diciendo Mies, *"Es cierto que la arquitectura depende de hechos, pero su verdadero campo de actividad está en el reino de los Significados"*.

La Arquitectura es testimonio y expresión de una concepción del mundo, de una época; los cambios que llevan de la arquitectura de adobe a la piedra, de la piedra al hierro, del hierro al hormigón, etc., reflejan las transformaciones de este conjunto de fuerzas productivas, sistemas de relación social y sistemas de valores que se han plasmado en esas arquitecturas. El campo de trabajo del arquitecto se ubica en el medio de esas presiones, identificando y proyectando esas líneas de fuerza históricas en cada una de sus obras.



Aldeas Fortificadas en Svanetia : S. XII

Fig. 47 : Aldeas fortificadas en Svanetia: realizadas con piedra del lugar. S. XII



Complejo oficinas Barcelona - J.A. Coderch

Fig. 48 : Complejo de Oficinas en Barcelona - J.A. CODERCH : HºAº., metal y vidrio. S.XX

Pero estos criterios van cambiando en función de los valores que la sociedad instala. Por muchísimo tiempo y aún hoy, el “valor” de la arquitectura ha permanecido asociado a la utilización de materiales raros, exclusivos ó costosos. Un “material noble” era aquel que proveía a las obras de unos signos de representatividad y prestigio como materiales de permanencia inusitada y “eterna”, expresándose en unas jerarquías de pulidos y de brillos que establecían su nivel en la escala social. Otros materiales, comunes, abundantes y baratos no eran considerados “dignos” de la arquitectura, y eran relegados a la esfera de “lo popular”

Pero a principios del siglo XX, Adolf Loos postula: *“El artista sólo tiene una ambición: dominar de tal modo el material que independice su obra del valor del material en bruto”*, trasladando el concepto tradicional de valor como “costo, exclusividad,” etc., a la noción de energía intelectual puesta en la concepción, independiente del material utilizado.

Desde entonces, y aunque la tendencia a endilgar a los materiales caracteres “nobiliarios” de ningún modo haya desaparecido, debe confrontar con la actitud arquitectónica que hace de la calidad de la intención y de la concepción, del acierto en la caracterización del problema planteado y de la responsabilidad social con que se enfoque, un nuevo –y progresivo– criterio de valor.

Este es el punto de partida de un debate permanente –crítico para la formación universitaria– acerca del rol de la profesión de arquitecto como práctica social, de cómo aplicar esa energía y de las responsabilidades de ello derivadas.

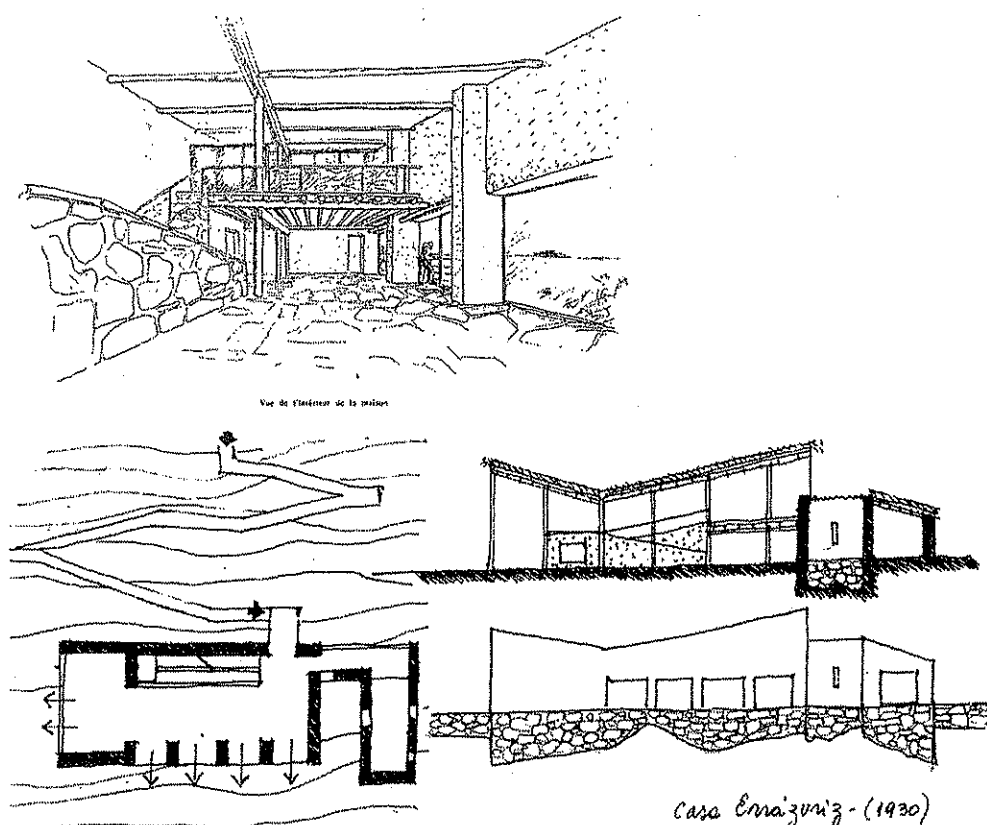


Fig. 49 : Casa Errázuriz, Chile – Le Corbusier.

En la casa Errázuriz, ubicada en la ladera de la cordillera que mira al mar en Chile, Le Corbusier asume positivamente la difícil accesibilidad del sitio utilizando solamente materiales locales: muros y pisos de piedra del lugar, estructura de troncos desbastados, techumbre de paja, recreando interiormente –mediante la rampa– el movimiento zigzagante del acceso.

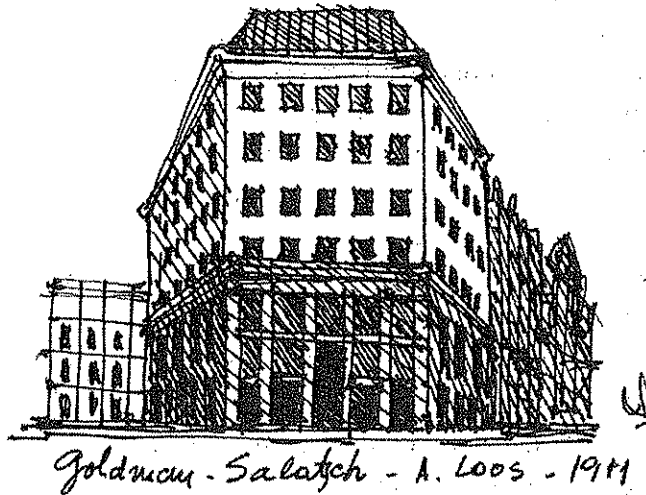


Fig. 50 : Edificio Goldman Salasch, Viena – Adolf Loos – 1909

En el edificio Goldman Salasch, en Viena, la utilización de materiales “nobles” (piedra) en las plantas bajas es confrontada con la utilización de materiales corrientes propios de la edificación urbana anónima en las viviendas de arriba.

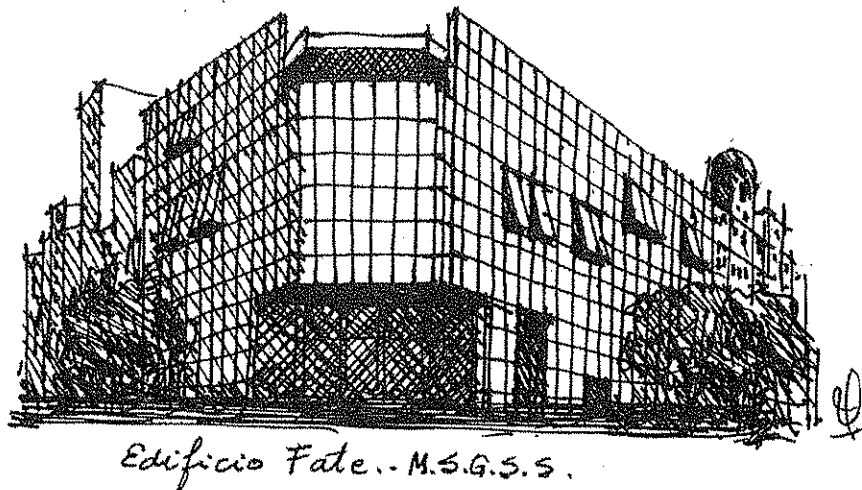


Fig. 51 : Edificio Fate, Buenos Aires, 1964 – Manteola, Sánchez Gomez, Santos, Solsona

En el edificio FATE, refuncionalización de un edificio existente, una envolvente constituida íntegramente por paneles prefabricados de Hormigón juega con la rígida modulación conformando una imagen potente y unitaria.

c - El Proyecto de Arquitectura

Miguel Angel elegía en la cantera los mármoles para sus edificios, e incluso definía personalmente los cortes de los bloques de piedra. En los edificios de Antonio Gaudí todavía se percibe la realización de la obra como un lento crecimiento orgánico, producto inescindible del artesano y del artista. Pero esta antigua relación visceral del arquitecto con la Materia ha desaparecido y no podrá ser recuperada.

La Revolución Industrial distanció el contacto antes estrecho entre Materia y Creación, trasladando las posibilidades de expresión arquitectónica al modo en que se ensamblan unos elementos constructivos previamente definidos por la Industria. Paralelamente, los saberes acumulados por la experiencia y el oficio tradicionales van siendo desplazados por el creciente conocimiento científico, la investigación

tecnológica y la especialización, imponiendo su racionalidad inherente a través de métodos de cálculo y procesos de fabricación cada vez más exactos y eficaces. Cambiando aquel contacto directo -casi "escultórico" con la Materia- por una operación de combinatoria, de montaje de elementos en gran parte predefinidos por la Industria, pasa así a primer plano **el rol del proyecto como anticipación, como exacta "construcción intelectual" previa a su ejecución real.**

Pero también hemos visto que no podemos resignar la **Síntesis entre "lo práctico" y "lo significativo"**, reduciendo el proyecto al dictado de una razón meramente utilitaria. Si no queremos declinar nuestro rol ante el peso casi inapelable de los especialistas, debemos ser capaces de concebir, proponer, defender y concretar, en beneficio de esa síntesis, las soluciones propuestas.

Para ello debemos esforzarnos en incorporar a nuestra formación un conocimiento profundo de los múltiples fenómenos incidentes (Estructurales, Climáticos, Ambientales, Constructivos, etc.), así como de las propiedades específicas exigibles a los materiales de construcción, de acuerdo a las diversas demandas a las que serán sometidos.

La variedad de materiales de construcción viene creciendo aceleradamente, con procesos de producción cada vez más complejos y sofisticados que pertenecen más al dominio de la industria que al de la arquitectura. Sin embargo, y por esa misma vastedad, se hace cada vez más necesario conocer sus fundamentos, a fin de poder evaluar y decidir la conveniencia de su elección de acuerdo a su efectiva prestación.

3.2. – Propiedades de los Materiales

a – Generalidades

Vimos anteriormente que como consecuencia del arraigo definitivo del hombre al sitio tres caracteres esenciales se incorporan a la Arquitectura: un carácter de **Permanencia y Estabilidad** de las construcciones; una voluntad de **Control y Protección** de los Fenómenos Naturales, y una intención de **Crear un Ambiente** más favorable para la vida individual y social. De una u otra manera, estos caracteres constituyen el marco general de las condiciones exigibles a los materiales de construcción, lo que habitualmente denominamos sus "**Propiedades**". Si -como ya se ha dicho- Sostener, Cerrar y Construir son por derecho propio caracteres permanentes de la arquitectura, hablar de los materiales tradicionales significará entonces hablar de las **consecuencias arquitectónicas** de todo orden que se derivan de sus propiedades (estructurales, aislantes y constructivas), y de los **condicionamientos técnicos** que ellas plantean.

Estructura Molecular

En general, esas propiedades y condicionamientos se derivan de la composición de su estructura interna, tanto macroscópica (materiales compuestos por otros materiales: p/ ej.: el Hormigón Armado) como microscópicos (materiales primarios ó naturales):

- **De estructura Cristalina:** moléculas minerales en forma de poliedros regulares simétricos (Rocas – metales- aleaciones)
- **De estructura vítrea:** materiales rocosos amorfos no cristalizados (cerámicos, vidrios)
- **De estructura Coloidal :** cuerpos pequeños (micelas) dispersos en un fluido formando una solución (plásticos – caucho – resinas – asfaltos – barnices)
- **De estructura Capilar :** materiales pulvulentos (cementos – arcillas – tierras – cales)

- De estructura Fibrosa : (maderas-textiles, etc.)

Ensayos

El otro factor que ayuda a procesar esas propiedades son **Los Ensayos**. Los Ensayos pueden ser realizados tanto en Laboratorios como en Obra, y sirven tanto para establecer y cuantificar la aptitud de un determinado material (sometido a un esfuerzo mecánico, a la acción del agua ó el fuego, etc.) como para verificar y fiscalizar dicha aptitud en obra, ó para realizar comparaciones entre diferentes materiales ante exigencias similares.

Siguiendo métodos normalizados por Institutos específicos mediante muestras e instrumental técnico de laboratorio, ó mediante verificaciones prácticas al pie de obra, de fábrica ó depósitos, permite aceptarlos ó rechazarlos con objetividad, según sean sus rendimientos exigidos. El sentido de oportunidad de los Ensayos, su consignación en los pliegos respectivos así como su interpretación son facultades claves para la función ejecutora del arquitecto.

b - Propiedades

No se pretende presentar aquí una exhaustiva clasificación de las propiedades de los materiales — enormemente variada— sino ofrecer un criterio de ordenamiento que tenga en cuenta la respuesta a un tipo de demanda dominante, habida cuenta que los materiales de construcción participan de más de una propiedad específica, y cuyo balance en definitiva habrá que evaluar en cada caso particular. Por lo tanto, hemos optado por agruparlas en cuatro grandes grupos, de acuerdo a los requerimientos más habituales:

- Un primer grupo lo constituyen las **Propiedades Estructurales**, atendiendo principalmente a los esfuerzos mecánicos a que son sometidos de acuerdo a la función de "Sostén".
- Un segundo grupo lo conforman las **Propiedades Aislantes**, referidas a las aptitudes para evitar la propagación de efectos a través de los "Cerramientos".
- El tercer grupo lo constituyen las **Propiedades de Durabilidad**, que hacen a la estabilidad y permanencia de sus prestaciones en las condiciones deseables.
- Y por último, las **Propiedades de Protección**, que son aquellas que permiten prever y combatir ataques a su integridad como material.

Estructurales

Los materiales de construcción demuestran mayor ó menor aptitud para ofrecer resistencia específica a estas acciones en función, como ya dijimos, de su estructura micro y macroscópica, producto de su conformación natural ó artificial:

- En general, se puede decir que todos los materiales resisten compresión. Algunos, como el acero, resisten igualmente a la compresión, a la tracción y al corte (y por lo tanto a la flexión); otros, sólo compresión (piedra). Los materiales aptos para resistir tracción resisten corte, mientras que los que resisten sólo compresión no resisten corte.
- Los materiales aptos para recibir cargas deben ser, en general, parcialmente elásticos y parcialmente plásticos, a fin de que la deformación creciente —aún sin aumentar la carga— sea un signo anticipado de su posible colapso. Los materiales que no tienen un período plástico pasan sin preaviso de la resistencia a la rotura.

El progreso de la Ciencia y la tecnología mejora su comportamiento y permite, mediante una combinación adecuada, compensar las propiedades ampliando su campo de aplicación. Como ejemplos merecen citarse la creación del Hormigón Armado mediante la combinación de las propiedades del hormigón (compresión) y el Hierro (tracción); la madera laminada que combina maderas de pequeñas dimensiones adheridas con resinas plásticas; los materiales plásticos combinados con fibra de vidrio; el hormigón pre ó postensado, incorporando tensión de reserva; el ferrocemento, etc.

Elasticidad – Plasticidad:

- Todo material se “deforma” hasta cierto punto de acuerdo a las exigencias y condiciones de aplicación: esta deformación será “**Elástica**” si una vez eliminada la causa del esfuerzo, el material recupera su forma original, y “**Plástica**” si, por el contrario, la deformación se mantiene.

- Por lo tanto, **Elasticidad** es la propiedad de ciertos materiales de tener “**Período Elástico**” (Maderas, aceros), es decir, de mantener una proporcionalidad entre el incremento de las tensiones y las deformaciones producidas, recobrando su forma original al cesar la fuerza que lo ha deformado.

- La **Plasticidad** (Plomo, Plásticos) es en cambio, la propiedad inversa de mantener – y aún incrementar- la deformación aunque haya cesado la fuerza que la produjo.

Tenacidad-Fragilidad:

- Complementando el punto anterior, la **Tenacidad** (Aceros) designa la propiedad del material de poseer –además de un inicial periodo elástico- un periodo Plástico que le permite soportar deformaciones permanentes importantes antes de la rotura. (aceros; maderas).

- **Fragilidad** (Hierro de fundición, Vidrio) es, a la inversa, la propiedad de ciertos materiales de no poseer “Período Plástico”, es decir, en los que sobreviene la rotura sin deformaciones importantes previas.

- (Ambas propiedades no designan su resistencia específica (que puede ser grande) sino su comportamiento, más ó menos previsible, “avisando” por lo tanto la posibilidad del colapso.

Isotropía-Anisotropía:

- Podemos considerar como materiales **Isótropos** (Metales) a aquellos cuya resistencia no varía al aplicar el esfuerzo en cualquier dirección de su masa, y **Anisótropos** (Mampuestos, Maderas) cuando, por el contrario, la resistencia varía según sea aplicado en una u otra dirección. (La madera, paralela ó perpendicularmente a su estructura fibrosa; las piedras sedimentarias, según la dirección de sus vetas, los ladrillos, según su proceso de moldeo, etc.)

Aislantes

Densidad – Porosidad :

- La **Densidad** (Plomo, Hierro, Hormigón) mide la masa (cantidad de materia) de un material contenida en la unidad de volumen. La **Porosidad** (Ladrillos, Corcho), a la inversa, mide la cantidad de vacíos entre las partículas en la misma unidad de volumen. **El Peso Específico** es, en cambio, la relación entre el peso de un cuerpo y el volumen que ocupa, la cantidad de masa por unidad de volumen.

- Peso, llenos y vacíos son características determinantes del comportamiento aislante (hidráulico, térmico y acústico) de un material, en virtud de cómo dificultan ó favorecen la propagación del agua, del calor ó del sonido. Un material denso y pesado será un buen aislante acústico, porque se opone a la posibilidad de vibración, pero un mal aislante térmico, pues facilitará

la conducción del calor a través de su densa masa. Un material poroso y liviano, al contrario, será un buen aislante térmico pero no acústico, por las razones inversas.

Impermeabilidad – Capilaridad :

- La **Impermeabilidad** (Asfaltos, Plásticos) es la propiedad de algunos materiales de no dejarse penetrar por el agua, por no ofrecer vacíos ó conductos comunicados con el exterior. Un cuerpo cuyas partículas están dispersas en un fluido sin solución de continuidad, actúa de manera impermeable. (son los de estructura coloidal : asfalto, plásticos. Etc.)

- La **Capilaridad** (Ladrillos) es la capacidad de ciertos materiales de absorber agua por medio de su estructura de vasos capilares, pequeñísimos conductos que, formando un sistema de vasos comunicantes, se impregnan de agua por efecto de la presión atmosférica. (el ladrillo).

- Estas características son importantes cuando lo que se trata es de aislar las construcciones de la acción del agua en todas sus formas de incidencia. Un material impermeable es imprescindible como barrera contra el pasaje del agua ó vapor, pero puede ser perjudicial si se trata de evitar otros fenómenos, como la condensación en locales interiores, donde es deseable un cierto grado de absorción de la humedad ambiente.

- A la inversa, un material altamente higroscópico es negativo como aislante del agua exterior, pues acrecienta la conductibilidad térmica, eléctrica, provoca degradaciones, etc., aunque si se lo mantiene seco, es muy bueno como aislante térmico y para permitir que la superficie "respire". (revoques a la cal, etc.)

De Durabilidad

Dureza, Desgaste

- En general se define a la **Dureza** (Granitos) como la resistencia que ofrece un material a ser rayado por otro, propiedad que en general dependerá del grado de su cohesión molecular. **Desgaste** (calcáneos) es a la inversa, la característica del material de ser rayado por otro y en general, de ser poco resistente a la **abrasión**.

- Estas propiedades tienen, por lo tanto, una especial influencia en la durabilidad y apariencia de los elementos constructivos, en particular a aquellos expuestos al uso exigente y continuado, sea bajo los efectos del desgaste gradual por abrasión (areas de pisos muy transitados, ventanillas de banco, etc.), por golpes (lugares de trabajo pesado) ó por la acción de fuertes cargas estáticas durante largo tiempo (Depósitos, etc.)

Solubilidad:

- La **Solubilidad** (yesos, cales) es la propiedad de ciertos materiales de dejarse diluir por la acción del agua luego de un tiempo de exposición. La solubilidad afecta principalmente la Durabilidad, favoreciendo la erosión y degradación del material en el tiempo. Un material como el vidrio ó el granito son insolubles en agua; por el contrario, el Yeso es degradado rápidamente.

Resistencia al impacto, Fatiga, Creep:

- La resistencia al **Impacto** (Aceros) es importante para prevenir posibles daños producto de golpes, choques, etc. que dependen esencialmente de la capacidad del material de tener período plástico. Una columna de acero y otra de Hierro de fundición, capaces ambas de resistir la misma carga estática, ante una carga dinámica (un impacto lateral) responden de distinta ma-

nera; la primera se doblará, manteniendo gran parte de la resistencia, mientras que la segunda se quebrará.

- La resistencia a la **Fatiga** (Metales) mide la capacidad de un material de resistir el esfuerzo repetido, de acciones momentáneas. Salvo las producidas por vibraciones, es poco común en edificios pero muy común en maquinarias y mecanismos. (es bueno aclarar que si las condiciones de trabajo se encuentran dentro del período elástico del material, puede ser tensionado un número infinito de veces.)

- El efecto **Creep** (escurrir, deslizar) (Hormigón, Materiales Termoplásticos) es una característica de ciertos materiales de deformarse lenta y progresivamente con el paso del tiempo (aunque la carga permanente aplicada sea pequeña), quedando una deformación remanente aunque sea quitada la carga. En algunos materiales el efecto es despreciable, pues la tensión de trabajo (por los coeficientes de seguridad) es muchísimo menor que la carga que produciría este efecto (p. Ej. El hormigón) pero en otros, en especial los termo-plásticos, sus tensiones de trabajo están limitadas precisamente por las del Creep admitido, en particular si hay exposición a aumentos de temperatura.

De Protección

Corrosión:

- La Corrosión (Hierros) es la acción destructiva causada por una acción química ó electroquímica sobre algunos metales y aleaciones, favorecida por la presencia de un medio corrosivo: el agua, las atmósferas contaminadas, el aire marino, líquidos químicos ó productos volátiles, pero también el empleo de materiales no apropiados ó el contacto de materiales incompatibles entre sí.

- Por caso, el Cemento Pórtland protege al hierro, pero ataca al plomo, al aluminio ó al zinc. Las cales atacan al aluminio y al hierro, al zinc y al plomo. Los ladrillos ó los suelos, pueden contener sulfatos solubles que pueden ser altamente corrosivos. Además, es conocida la acción galvánica (electroquímica) que se produce entre dos metales, en donde el que actúa como ánodo corroe al que lo hace como cátodo (p.ej. el hierro con el aluminio).

- Los problemas que plantea la corrosión en los elementos constructivos metálicos requiere la atención de una serie de precauciones:

- Proveer de adecuada protección (galvanizados, pinturas, etc.) a materiales con riesgo.
- Evitar los fenómenos de condensación, ó cuando es imposible, facilitar su ventilación.
- Evitar el contacto entre metales susceptibles de formar cuplas electrolíticas.
- Procurar el escurrimiento rápido y eficaz del agua con las pendientes adecuadas.

Acción del Fuego:

- La acción del fuego es analizable desde tres puntos de vista:
- Si el material arde ó no
- Si arde, como se comporta: si desprende ó no llamas.
- Si no arde, como lo afecta la exposición al calor próximo.
- Algunos materiales arden fácilmente: maderas, productos asfálticos. Otro permiten la rápida propagación de las llamas: maderas delgadas, tableros aglomerados, productos bituminosos. La mayoría de los materiales de construcción no arden, pero son dañados por el fuego ó pierden resistencia con el calor. Las temperaturas de los incendios varían entre los 900 y los 1300 grados centígrados, sobrepasando la temperatura de fusión de muchos materiales.

- **En los metales**, la pérdida de resistencia por efecto del calor es notable y muy rápida. Las piezas de Fundición se comportan mejor que las de acero, pero al ser enfriadas bruscamente se rompen rápidamente. Las piezas de acero sufren distorsiones produciendo colapsos inmediatos. Por esa razón las estructuras de acero fueron durante mucho tiempo recubiertas con obras de albañilería ú hormigón. Actualmente existen productos especiales de recubrimiento que protegen el alma resistente de la estructura sin necesidad de ocultarla.

- **El zinc** arde rápidamente (300 grados) ayudando a propagar el fuego. Por esa razón, cuando es posible se incorporan "Cortafuegos", elementos constructivos realizados con materiales que no arden (ladrillos, hormigón, etc.) cuya función es producir una discontinuidad para evitar la propagación del fuego entre techos vecinos. (Ej. Las cargas de mampostería en los techos de viviendas en hilera, etc.)

- **La madera**, de fácil combustión, cuando la pieza es de importante sección presenta la particularidad de arder superficialmente hasta carbonizarse en su exterior, pero esa misma carbonización hace de capa protectora de la zona interior que se quemará mas lentamente, prorrogando su colapso hasta agotar sus reservas de resistencia.

- **Las piedras, ladrillos y el Hormigón** ofrecen en general una buena resistencia al fuego, y como se dijo, son utilizados como barreras "Cortafuegos". El asbesto ó amianto son materiales aptos para soportar altas temperaturas, y se los usa como aislantes ante el peligro de fuentes de calor importantes.

Heladas:

- El agua, por debajo de cero grado, se hiela y aumenta su volumen un 10%. Si se ha infiltrado en un material determinado, ó penetrado en la junta entre dos materiales, al helarse y aumentar su volumen al cabo de varias acciones repetidas llega a introducir tensiones de tal magnitud que el material ó la junta infiltrados son incapaces de soportar.

- Esta es la razón por la cual está vedado hormigonar por debajo de los 5 grados, pues el peligro de que el agua que forma parte de la mezcla se hiele traerá como consecuencia la inutilidad de la estructura hormigonada. La infiltración sobre otro tipo de materiales no estructurales, trae como consecuencia la lenta pero segura degradación del mismo a través del tiempo.

3.3. - Los Materiales Tradicionales

a - Mampuestos

Ligados al origen mismo de la arquitectura, **Los Mampuestos** (elementos cuyo nombre alude a la mano y a su colocación) nos remiten al momento en que el hombre abandona la caverna natural y se adentra en la aventura de definir el espacio vital con mayor autonomía. Por lo tanto, no podemos hablar en rigor de un solo material, sino de un conjunto de materiales (naturales y/o artificiales) signados por un desarrollo técnico-histórico particular ligado a su ubicación geográfica.

El material básico del mampuesto ha sido tanto de origen orgánico (tierras vegetales) como inorgánico (Piedras naturales). Esta característica ha definido su "permanencia" y "apariencia", y en general, ha servido para medir la trascendencia de las obras en las sociedades del pasado. Así, tierras mezcladas con fibras vegetales, amasadas con agua y secadas (el adobe) utilizadas generalmente en la vivienda popular fueron presa del paso del tiempo por la incidencia de factores naturales, mientras que las piedras, al poseer mayor durabilidad y permanencia fueron consideradas materiales "nobles, eternos", siendo

utilizados en templos religiosos y funerarios, edificios del poder, etc. El desarrollo Industrial, al producir materiales cada vez más durables (ladrillos cerámicos, bloques de cemento, etc.) y más recursos de protección, así como una valoración social distinta de la idea de "eternidad", ha transformado esta última consideración en objetivamente obsoleta.

Condicionamientos Técnicos

Estructurales:

- Los Mampuestos son materiales aptos para ser sometidos únicamente a **compresión**. Su resistencia a la tracción es menor al 10% de la resistencia a compresión, y por ello, no es apto para trabajar al corte ni a la flexión.

- Por la misma razón, no es apto para trabajar al **pandeo** (flexión lateral). La posibilidad de que se produzca el efecto de pandeo depende de la **esbeltez** del muro, es decir de la relación entre su grosor y la altura, dando como resultado el característico grosor y pesantez de las mamposterías.

- Las razones anteriores, sumadas a la falta de homogeneidad del material por su procedencia natural, su **anisotropía**, su forma manual de ejecución, etc., hacen que su mayor eficiencia estructural radique en la repartición uniforme de la carga a lo largo de un desarrollo lineal. Si bien puede admitir cargas concentradas sobre pilares, éstos deben tener la suficiente sección para absorber las cargas y evitar el efecto de pandeo y la consiguiente aparición de tensiones de tracción.

- Asimismo, sus limitaciones a tracción y corte hacen que sólo admita cargas verticales simplemente apoyadas, sin empotramiento, debiendo asegurarse la **rigidez** de la estructura ante la aparición de esfuerzos horizontales mediante su **arriostramiento horizontal** (encadenados), siendo importante a estos efectos la colaboración de las trabas con muros perpendiculares, fundamento de la llamada "**Caja Muraria**".

De Cerramiento:

- El conjunto de condiciones anteriores – en particular la repartición lineal de la carga y el espesor necesario para evitar el pandeo – han provocado que desde siempre la función específica de "Cerramiento" (aislación, protección, etc.) haya quedado subsumida en la función de sostén, cuyo sólo espesor garantizaba la función aislante. No obstante, como material de cerramiento, podemos analizar sus condiciones específicas de aislación desde la propia estructura molecular del mampuesto a utilizar:

- La "**Porosidad**" del material, es decir, la cantidad de vacíos que contiene en su interior, es decisiva para la Aislación térmica, retardando el pasaje del calor (por conducción) en proporción directa a la cantidad de vacíos que contiene. Asimismo, la "porosidad superficial", tanto del material en si como del conjunto murario, es importante para aumentar la Absorción Sonora.

- Su "**estructura capilar**", es decir, la presencia de vasos capilares y su comunicación con el exterior, es decisiva para la impermeabilidad. Aquellos materiales higroscópicos (permeables al agua) deben ser protegidos por revoques y pinturas para evitar su degradación.

- En contraposición, su creciente "**Densidad**" y "**Peso específico**" aumenta la velocidad de pasaje del calor, y por lo tanto, conspira contra una buena aislación térmica, pero mejora sustancialmente la aislación sonora, al ofrecer mayor resistencia a las vibraciones. Además, aumenta obviamente su dureza resistiendo al desgaste y a la degradación por penetración del agua.

- Finalmente, la diversidad de mampuestos, aparejos, revoques, revestimientos y técni-

cas de ejecución amplía enormemente las posibilidades de trabajar su "apariencia". (muros vistos; revocados).

Constructivos

- Vinculados a un lugar y un tiempo histórico determinado, los mampuestos han caracterizado con sus atributos (textura, color, formas de ejecución, etc.) las arquitecturas populares como quizás ningún otro material de construcción. Constituyendo una tradición constructiva, la disponibilidad de Materiales y Mano de Obra del lugar ha provisto desde siempre una variada gama de elementos constructivos y una técnica "universal" ha asegurado una obra integrada:
- Su ejecución por simple **apilamiento manual**, realizada por un albañil y ayudante, (salvo las piedras naturales, que requieren de mano de obra especializada, cortes, pulido, labrado en taller, etc.) es sencilla y no exige herramientas ni equipos especiales, salvo el control del aplomo y trabazón entre mampuestos, la disposición cuidada de juntas de acuerdo a determinados **aparejos** y la distribución pareja del **mortero de asiento**, que asegura la cohesión y garantiza el contacto pleno de los mampuestos para transmitir compresión.
- Asimismo, requieren frecuentemente la aplicación de diversos **revoques** (aislantes, de emparejamiento, de acabado, etc.) de acuerdo a la naturaleza de los diversos mampuestos a utilizar.
- Todas estas condiciones de ejecución confieren a la mampostería el carácter de la típica "**obra húmeda**" realizada "**in situ**", caracterizada por una falta de "limpieza" y prolijidad transitorias y una duración prolongada.
- Con vistas a la mayor racionalización posible del material utilizado es posible prever la **coordinación modular** del proyecto en base a sus medidas estandarizadas, previendo trabas, juntas, encuentros con otros muros u otros elementos (carpinterías, antepechos, dinteles, etc.) a fin de no desperdiciar material.

Consecuencias Arquitectónicas

Como vemos, este material nos remite fundamentalmente a un elemento estructural muy simple que, mediante la técnica del simple apilamiento manual unifica el triple rol de sostener, cerrar y construir en una forma constructiva primaria: el "**Muro de Carga**".

- El **Muro de carga** es un plano extenso y continuo, espeso y opaco, realizado con un mono-material solo apto para la compresión (y por lo tanto, atado a una **verticalidad** sujeta a la Gravedad), determinando sobre la planta **trazas lineales continuas** siguiendo una lógica bilateral ó perimetral en sus apoyos.

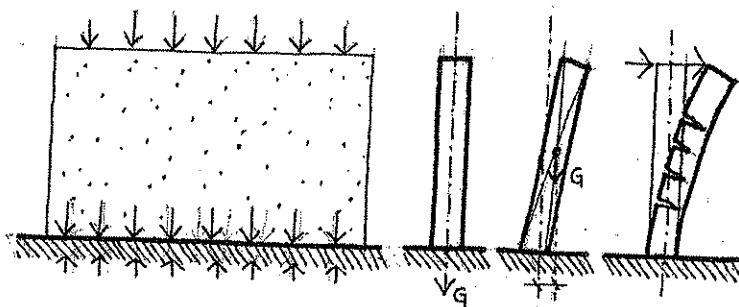


Fig. 52: El Muro

- Esa lógica de los apoyos, unida a la necesidad de **garantizar la rigidez** de la estructura ante empujes horizontales (que introducirían tensiones de tracción incompatibles) mediante trabas de paredes y "encadenados", determina la conformación de "**recintos**", espacios autónomos cuyo conjunto constituirá la llamada "**Caja Muraria**".

- Por estas condicionantes constructivas, en la arquitectura muraria tiende a predominar el volumen y el lleno sobre la profundidad y el vacío, una relativa independencia del interior respecto del exterior, la presencia de límites muy marcados y direcciones dominantes en el *fluir* espacial, dentro de una envolvente de potente tectonicidad.

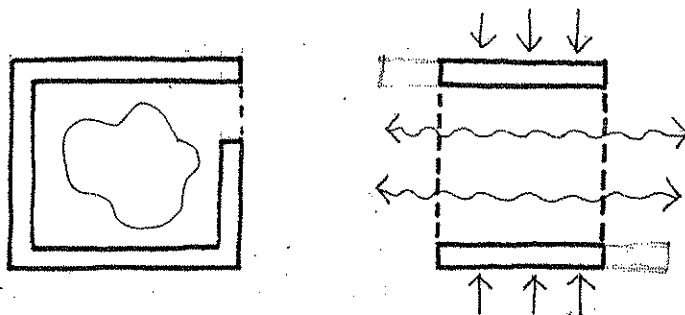


Fig. 53: Recinto - Trazas

- Hablar del muro es simultáneamente hablar del **vano**, como su complemento necesario. El muro "separa" pero no siempre para clausurar sino también para cualificar los vínculos entre el interior y el exterior (iluminar, pasar, mirar) y en ello, el **Vano** y el **Dintel** juegan un papel muy importante. Entre muro y vano se establece una tensión contradictoria: si ampliamos al extremo las dimensiones del vano, la función portante del muro desaparece.

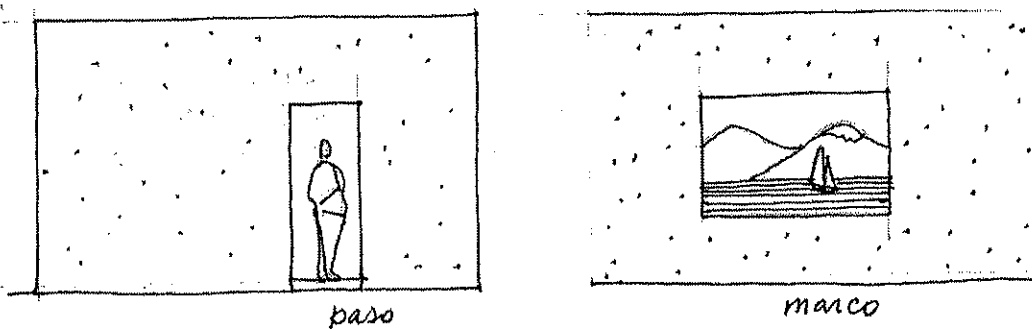


Fig. 54: El Vano

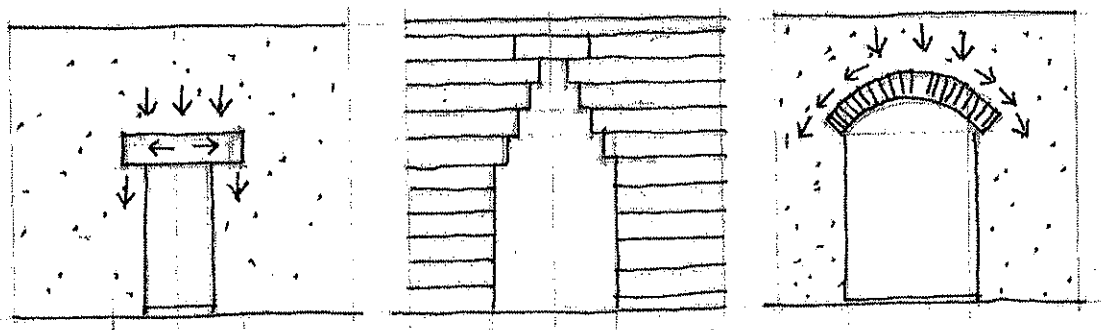


Fig. 55: Arco-Dintel

- En esta tensión se juega un aspecto significativo de **las posibilidades expresivas del plano murario**: proporción, simetrías, equilibrios entre muro y vano; series, ritmos, intervalos de los vanos sobre el muro como plano de fondo.

- El otro aspecto lo constituyen los **acabados superficiales**: las posibilidades de la mampostería a la vista (piedras, ladrillos, bloques, etc.) con sus diferentes formas y tamaños, juntas, sombras y texturas abre una amplia gama de posibilidades figurativas ó “naturalistas”. La mampostería revocada, en cambio, afirma su carácter de “plano abstracto” y los juegos de composición antes mencionados.

A lo largo de la historia, la arquitectura nos brinda ejemplos paradigmáticos de este material:

1 – Como Sostén:

- **Las Pirámides**, como expresión del principio del apilamiento y los dictados de la ley de gravedad en grado absoluto; la “tectonicidad” máxima, expresión de estática eternidad.

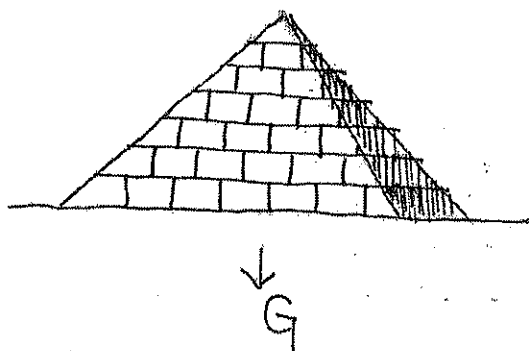


Fig. 56: Pirámides

- El curioso “error” estático del **Partenon**, que con sus dinteles de piedra (no apta para flexión) obligan a una sucesión de columnas muy juntas, creando un inédito elemento de transición interior-exterior: el “Muro virtual”, tamiz entre el estar “adentro” y el estar “afuera”.

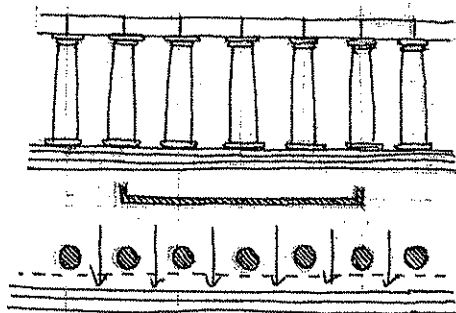


Fig. 57: Templo Griego

- La racionalidad de **La Catedral Gótica**, que en su intento de horadar el Muro en busca de la luz apela a la combinación de arcos y contrafuertes transversales (“arbotantes”), absorbiendo los empujes laterales con un material que sólo trabaja a la compresión.

CATEDRAL GOTICA

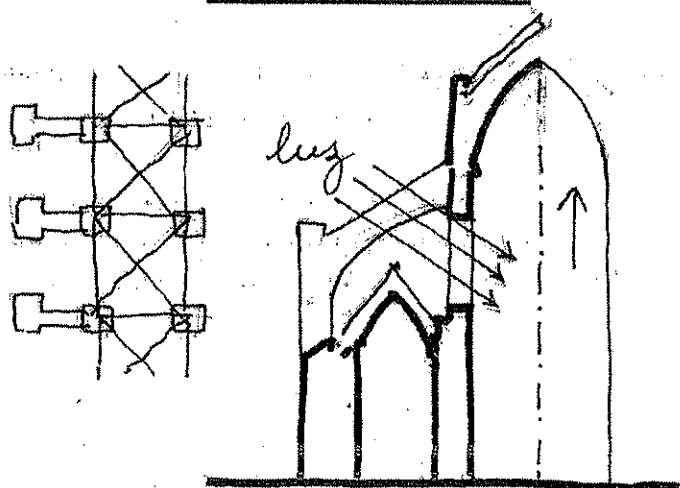


Fig. 58: Catedral Gótica

2 – Como Cerramiento:

- Las magistrales lecciones sobre las relaciones (complejas y diversas) entre muro y vano, límite y marco, sostén y cerramiento, que nos da Le Corbusier en **La casa del Lago Lemán** para su madre, o en la **Villa Mathes**.

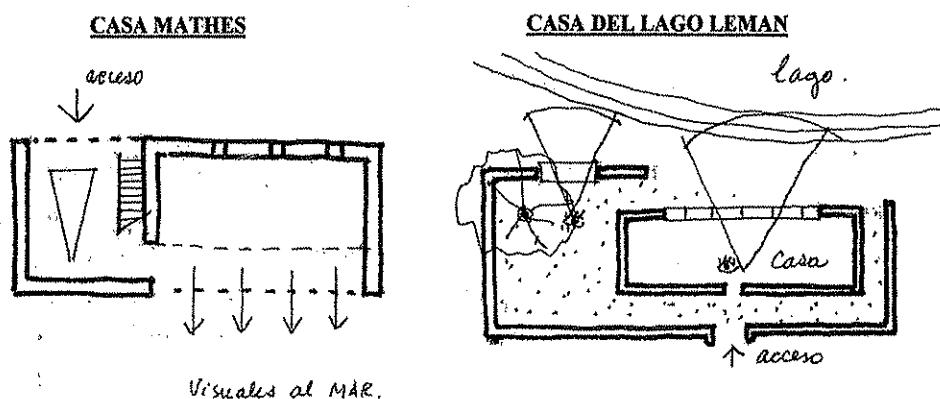


Fig. 59: Casa Mathes – Casa del Lago Lemán – Le Corbusier

- O las igualmente magistrales de Mies en sus “Casas con patio” ó en el **Pabellón de Barcelona**, sobre el valor del muro como “trazas” que simultáneamente “cierran y abren”, limitan y comunican el interior con el exterior.

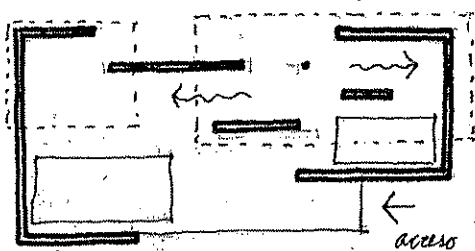


Fig. 60: Pabellón Barcelona – Mies

b - Maderas

Como material natural disponible en abundancia, la Madera ha estado desde siempre ligada a la arquitectura aportando el material **de Flexión** necesario, particularmente para un problema central: la resolución de Cubiertas.

Esto ha sido así hasta tal punto, que huellas formales de su uso ancestral han quedado incorporadas al tratamiento decorativo de arquitecturas de piedra en toda el Asia, (templos y palacios del Japón, India, etc.) y en los Templos Griegos, visible en sus frisos longitudinales (triglifos), llegando hasta la arquitectura contemporánea en obras realizadas con hormigón armado que la evocan (Kenzo Tange, Paul Rudolph, y otros).

A su vez, primitivas construcciones de forma abovedada de Bambú (en Nueva Guinea; en Irak), como manojos de cañas gigantes trabajando a la flexión desde su arranque hasta la clave, pueden haber inspirado, invirtiendo su trabajo de flexión por compresión, las primitivas estructuras en arcos de ladrillo y piedra posteriores. Es así como recursos constructivos y posibilidades formales se influyen profundamente, trascendiendo la mera practicidad.

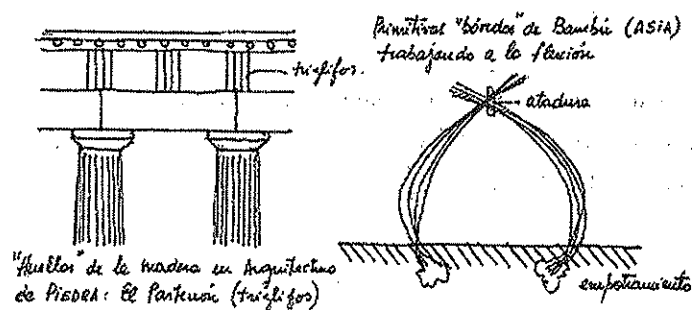


Fig. 61: Huellas de la Madera en la Piedra

La Madera, como material natural y orgánico, nos remite en primer lugar al árbol, y en particular al **tronco**, su parte más usada en construcciones. Su constitución está dada por un **Tejido tegumental** de defensa (la Corteza), un **Tejido Vascular** conductor de savia (madera clara) y un **Tejido de Fibras alargadas** (Madera oscura) que le aporta resistencia, conformando el dibujo típico de las vetas de la madera.

Las vicisitudes de su nacimiento y desarrollo de acuerdo a las zonas donde prospera, su clima y suelo, las características morfológicas de sus raíces, los modos de implante de su ramaje y su follaje, así como la forma y condiciones en que se la tala, se la transporta, se la estaciona y se la aserra, su estibaje, aireación, humedad ambiente, insolación, etc., definen sus características principales.

Condicionamientos Técnicos

Estructurales :

- Material natural especialmente apto para la **flexión**, su resistencia a la tracción es algo mayor que a la compresión, siendo su resistencia a flexión un promedio entre ambas.
- Como material "**anisótropo**", su resistencia es mayor si el esfuerzo se aplica en dirección paralela a las fibras, sobre todo en tracción.
- Su **resistencia** es mayor cuanto mayor es su **peso y densidad**, dependiendo de la constitución de sus tejidos.
- Su **resistencia** es muy variable, tanto por su origen orgánico (constitución de sus tejidos, lugar de procedencia, nudos, etc.) como por factores productivos (procedencia, cortes, estacionamiento, conservación, etc.) que hacen que su constitución **no sea homogénea**. Por ello se trabaja con un alto coeficiente de seguridad.

- Por su **origen natural**, los largos disponibles están limitados (máx.: 5,70 m.), de acuerdo al tipo de árbol. Para salvar luces mayores, debemos apelar a la **estructuras trianguladas** (Cabriadas y Reticulados) ó a elementos de alma llena de factura industrial. (**madera laminada**, etc.)

- **Los vínculos** entre elementos de la propia estructura ó entre éstas y otros materiales son básicamente **articulados** (permiten el giro) y/o **simplemente apoyados** (permiten el desplazamiento). No son empotrables.

- Al ser estructuras unidireccionales actuando en su plano, necesitan **arriostramientos** transversales que las vinculen entre sí, impidiendo el volcamiento lateral. (cruces de San Andrés, etc.)

- Su **bajo peso** y su capacidad de trabajar a flexión las hace ideales para cubiertas.

De Cerramiento :

- **Aislación térmica**: Mayor en maderas secas y blandas; menor en maderas duras ó húmedas.

- **Aislación hidrófuga**: baja por su absorción de agua, sus movimientos reversibles y el peligro de putrefacción por la acción de microorganismos. Necesita protecciones (pinturas)

- **Aislación sonora**: muy baja por su tendencia a vibrar.

- **Acondicionamiento Acústico**: apta para disipar el sonido por absorción, mediante revestimientos acústicos de variada conformación.

- **Durabilidad**: buena en condiciones de humedad constante. Las variaciones del tenor de humedad la afectan seriamente.

- **Apariencia** : Excelentes atributos visuales: Veta, color, pulidos, etc.

Constructivos:

- Dependen básicamente de tres factores:

- Las **herramientas y maquinaria** necesarias para los diversos "cortes" a utilizar, definen la **disponibilidad y tipificación** de los diversos elementos provistos por la industria maderera. (Tirantes, listones, tablas, tableros, etc.)

- Las **técnicas de unión** de las piezas de madera, y por lo tanto, el grado de especialización requerido de **la mano de obra**.

- Su proceso constructivo, definido fundamentalmente por sus técnicas de unión, que es básicamente de "**montaje en seco**", probablemente con algunas obras realizadas "**in situ**" (techos, entresijos, paramentos verticales) y otras "**en taller**" (aberturas, mobiliario, etc.), para lo cual se deben prever las coordinaciones necesarias en la **organización de la obra**.

Aplicaciones:

- **Cubiertas y entresijos**: de acuerdo a la magnitud de luces a cubrir, pueden ser realizadas con elementos simples (cabios, clavaderas) salvando pequeñas luces ó estructuras principales trianguladas a intervalos convenientes salvando luces mayores (cabriadas, reticulados), y estructuras secundarias más simples salvando la luz entre las primeras (correas).

- **Apoyos verticales**: como estructura puntual de esqueleto con columnas y vigas de gran sección (cargas concentradas), ó como entramado lineal de elementos de pequeña sección (cargas repartidas), formando tabiques portantes arriostrados en su plano.

- **Paramentos verticales**: posibilidad de constituir elementos autoportantes (con estructura propia) tipo sandwich, estructurales (Balloon Frame) ó independientes de la estructura de la obra, mediante tablas, placas aglomeradas, paneles de yeso, etc., alojando en su interior diversos materiales aislantes. (telgopor, lana de vidrio, otros)

- **Aberturas**: posibilidad de crear carpinterías para iluminación y ventilación, móviles ó fijos, opacos ó transparentes (en combinación con el vidrio), con diferentes perfiles elaborados

y ensamblados según los requerimientos de estanqueidad, movimiento, de control solar y de visuales (celosías, rejas, parasoles, etc.).

- **Entretechos:** planos de sostén de las diversas aislaciones.

Consecuencias Arquitectónicas

Las Propiedades y condicionamientos técnicos anteriores permiten inferir una serie de consecuencias arquitectónicas que influyen en los criterios de aplicación:

- La unidireccionalidad del comportamiento estructural y la linealidad de sus piezas constructivas imponen una **lógica de Entramado**, caracterizada por una serie de capas superpuestas cruzadas de distinto rango, que responde a las diferentes jerarquías portantes de acuerdo a las luces respectivas.

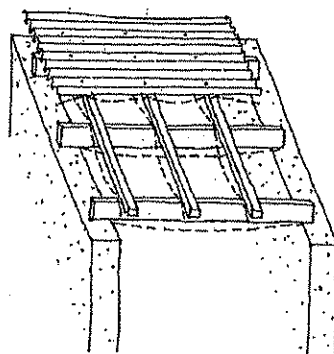
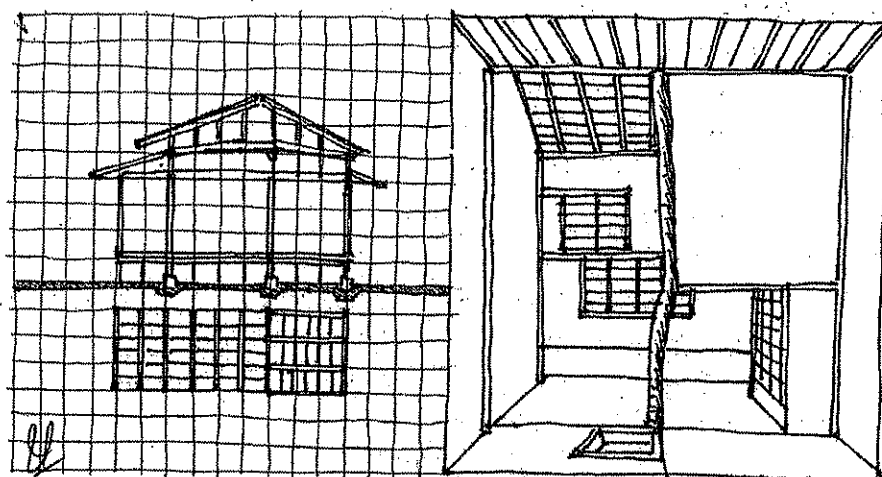


Fig. 62: Lógica de Entramado

- La **característica repetitividad** de sus elementos lineales, exige un riguroso esfuerzo de **sistematización de su modulación**, que debe compatibilizarse con la disponibilidad real de materiales (tipos de madera, resistencias, escuadrías y medidas máximas, etc.)

- La **livianidad y espacialidad** que le aporta el entramado dota a las estructuras de madera de una **identidad propia** que se destaca nítidamente de los demás componentes constructivos de la obra.

- Por su montaje en seco, la composición de las estructuras por sucesión de elementos ó triangulación, las técnicas de unión y de ensamblaje, la coordinación geométrica y modular de sus medidas, permiten una gran **flexibilidad** para admitir procesos de subdivisión, de cambio y crecimiento con alteraciones menores y a bajo costo.



Casa Tradicional Japonesa

Fig. 63: Casa Tradicional Japonesa

Casa popular japonesa, realizada con elementos muy livianos, madera, esterilla, papel, etc., en base a un módulo base llamado KEN (surgido en el Medioevo) formando una trama regular que determinaba el eje de las columnas. Del mismo modo, las dimensiones de las habitaciones se definían mediante la combinación de un número variable de "Tatamis", esteras para tapizar el suelo que eran módulos de dos personas sentadas o una durmiendo. De acuerdo al número de Tatamis por habitación se definía asimismo la altura del techo, multiplicando su cantidad por un coeficiente. A causa de su evolución, el Ken se constituyó no solo en módulo constructivo sino estético, y de esa manera influyó decisivamente en la arquitectura Moderna. (En la perspectiva interior, el "tronco natural" denota la sutil incorporación de la Naturaleza en la obra del hombre, propio de la arquitectura japonesa.)

c - El Hierro

Siendo uno de los materiales más abundantes en la corteza terrestre, y conocido desde la prehistoria, se usó muy poco en la antigüedad, porque al no poder hacerlo en estado puro su producción era difícil y escasa, siendo necesario para ello un cierto desarrollo industrial. A ello se sumaba el hecho de su rápido deterioro por corrosión ante los agentes atmosféricos que contrastaba con la aspiración de "eternidad" de las principales construcciones, siendo sustituido por el Bronce, más resistente. Pero eran conocidas sus propiedades de tracción y fue usado como elemento auxiliar en las iglesias medievales para tensores en bóvedas y elementos de unión de cabriadas de madera.

Las precondiciones para su producción industrial dependían, en primer lugar, del conocimiento de su estructura molecular. Se comprende entonces su poco uso en la antigüedad ya que recién a fines del S.XVIII, gracias al impulso de la Revolución Industrial y al desarrollo de las ciencias, fue posible crear los instrumentos científicos y materiales para comprender su composición y encarar su producción.

El hierro —como a la mayoría de los metales— no se lo puede utilizar en estado puro, por lo que se lo combina con otros elementos en las denominadas **Aleaciones** para conseguir determinadas propiedades. La Materia prima para la obtención del acero es el **Arrabio**, una aleación de hierro y carbono que mejora sustancialmente sus propiedades mecánicas. El contenido de carbono de la aleación define las características principales de los Aceros (de bajo contenido) y las Fundiciones (de alto contenido).

La Revolución Industrial revalorizó enormemente el hierro, inicialmente para la construcción de máquinas, para posteriormente generalizarlo al mundo de la construcción. El alto costo de su producción, que requiere del desarrollo de la metalurgia y de procesos siderúrgicos muy complejos, exigía un uso masivo y una producción de escala, y con ello la modificación de tradiciones arraigadas, de las concepciones de proyecto y de cálculo, y el desarrollo de nuevos elementos constructivos. El hierro, material-símbolo de la Revolución Industrial, tuvo en los Ingenieros, profesionales del cálculo y de espíritu práctico, los artífices principales de su incorporación al mundo de la arquitectura.

Estamos tratando con un material genuinamente "moderno", que produce un cambio fundamental: las grandes aglomeraciones sociales, las interacciones de personas, vehículos, máquinas, mercancías, propias de la revolución industrial, encuentran en el acero una solución para satisfacer las nuevas necesidades de la civilización "maquinista"; usar acero nos compromete con el espíritu de una época nueva.

Condicionamientos Técnicos

Estructurales

- El Acero es un material de gran resistencia mecánica, tanto a la **tracción** como a la **compresión** y al **corte**. Por todo ello, es excepcional para trabajar a la **flexión**.
- Material muy homogéneo, "**isótropo**", responde igual en cualquier dirección que se lo solicite.
- De gran **Elasticidad**, dentro de su periodo elástico no mantiene deformaciones permanentes una vez cesada la carga.
- Su gran periodo **Plástico** le permite seguir absorbiendo cargas con deformación permanente, posibilitando así prever su colapso.
- Muy apto para realizar estructuras de **grandes luces** trabajando a tracción y/o compresión (cables, arcos, reticulados, estereoestructuras, membranas, cáscaras)
- O soportar **pesadas cargas ó muchos pisos** trabajando a flexión (Vigas y columnas de Perfiles metálicos, Pórticos de alma llena, etc.).
- Su alto costo de producción exige diseñar y calcular estructuras con el mínimo material necesario. (Ejemplos: diseño de Perfiles Normales I, U, L, T. armaduras de tracción en estructuras de hormigón armado.)

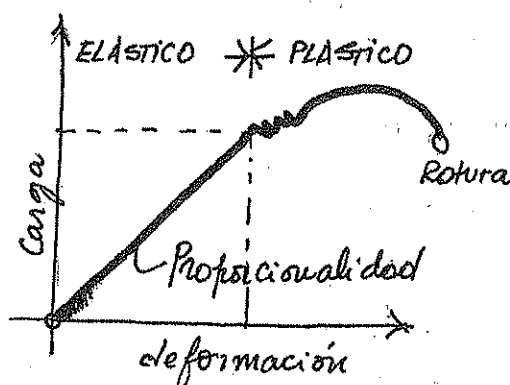


Fig. 64: Diagrama de tensiones del Acero

Sus inconvenientes principales son:

- La **corrosión**, que lo degrada,
- La **acción del fuego**, que le hace perder rápidamente su resistencia y colapsar.

De Cerramiento :

- **Aislación hidrófuga**: de gran impermeabilidad, es usado en cubiertas y cerramientos exteriores. Su punto débil son la discontinuidad de juntas entre elementos, requiriendo su estudio particularizado.
- **Aislación Térmica**: por su densidad y compacidad, es mal aislante térmico, causante de "condensación" y de "puentes térmicos".
- **Durabilidad**: de gran resistencia mecánica al desgaste, al impacto, etc., es no obstante vulnerable por el fenómeno de corrosión, principalmente a través de sus juntas. Necesita pinturas anticorrosivas ó tratamientos especiales, tales como el acero inoxidable ó el galvanizado.
- **Rigidez**: usado en planchas delgadas, necesita sub-estructuras sustentantes ó conformación de plegados que aumenten su momento de inercia.

Aplicaciones:

- **Cubiertas:** Su total impermeabilidad, su gran resistencia mecánica y las facilidades de su conformación lo hacen especialmente apto como elemento de cubierta, mediante gran variedad de plegados, desde la chapa ondulada común hasta diversos tipos de plegados para grandes luces.

- **Aberturas:** por su alta resistencia, muy apto para aberturas de gran dimensión. Combinando los perfiles normalizados ó mediante el doblado de chapa de acero, permite crear todo tipo de perfiles de carpintería de gran complejidad.

- **Paramentos verticales:** Diversidad de elementos integrales de cerramiento autoportantes, combinables con otros materiales complementarios (maderas, aislantes, placas de yeso, etc.)

Constructivos :

- La industria provee gran diversidad de productos normalizados, de aplicación en innumerales rubros de la obra de arquitectura. Perfiles normales, hierros redondos, planchuelas, chapas lisas, onduladas, plegados, tubos estructurales circulares, cuadrados, rectangulares, de diferentes calibres y dimensiones, son fuente inagotable para la imaginación constructiva. Como factores gravitantes, mencionamos los siguientes:

- **Las técnicas del trabajo metalúrgico:** que exigen ser realizadas en talleres ó in situ por mano de obra, maquinaria y herramientas especializadas. (dobladoras, cortadoras, soldadoras, perforadoras, etc.)

- **El proceso constructivo:** que, al igual que la madera, se caracteriza por el "Montaje en seco", con obras realizables tanto "en taller" como "in situ", para lo cual deberán preverse las coordinaciones necesarias en la organización de la obra.

Consecuencias Arquitectónicas

Liberados de las restricciones que imponía la Caja Muraria, los silenciosos claustros medievales se despejan de apoyos, invierten su uso y se convierten en Halles interiores de bullicio y movimiento. La estructura de sostén se independiza del muro de carga; sus posibilidades de resistencia multiplican los niveles en altura.

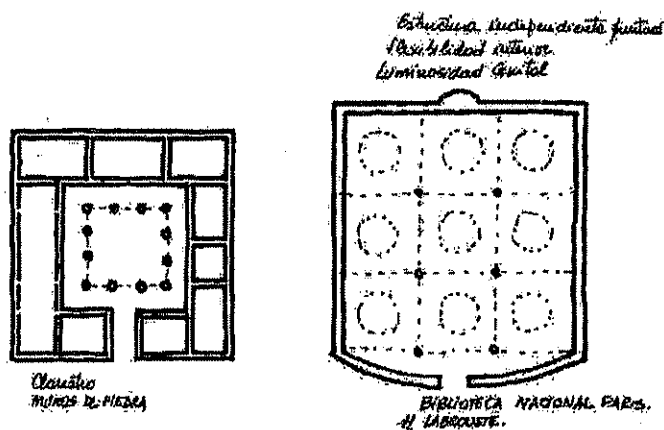


Fig. 65 : Claustro Medieval – Biblioteca Nacional de Paris : Henry Labrouste

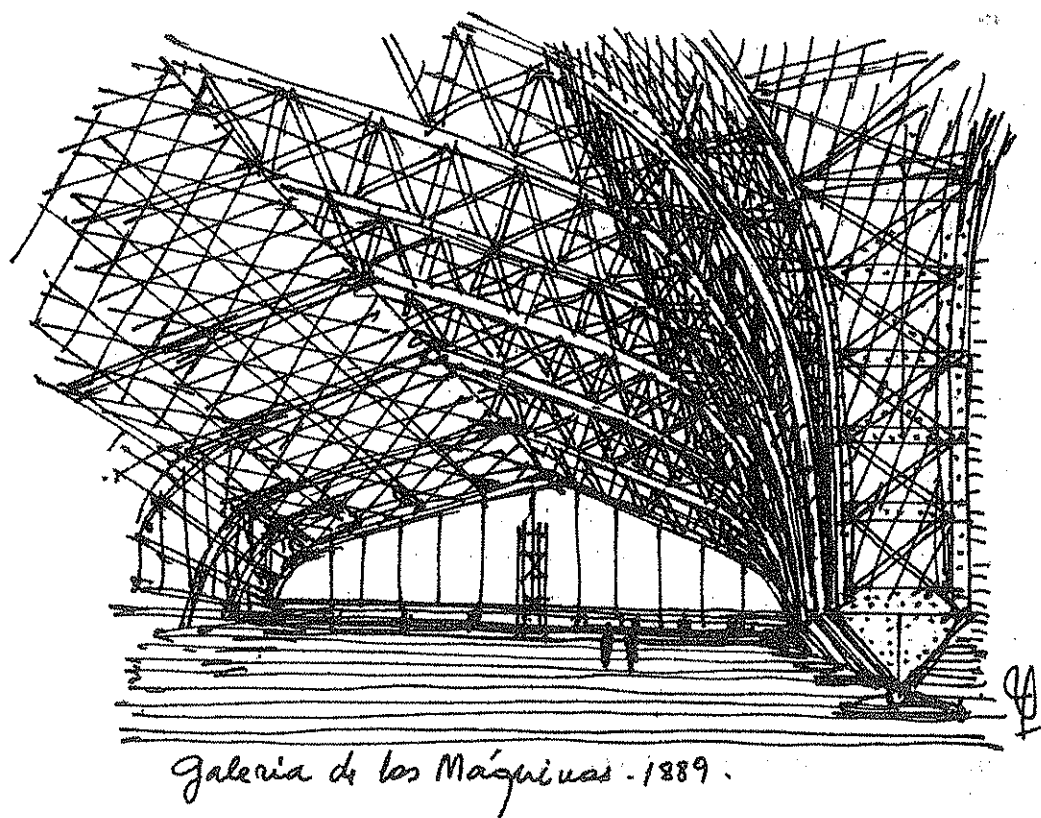


Fig. 66 : Galería de Máquinas :contamin y Dutert - 1889

La Impronta de los apoyos en planta, del “paso a paso” se convierte en el “salto” de la gran luz; las limitaciones del material de compresión se convierten en posibilidades del material de tracción, que permiten aumentar la distancia entre apoyos y despejar totalmente las áreas cubiertas, aportando así una mayor flexibilidad y cambio a la Función.

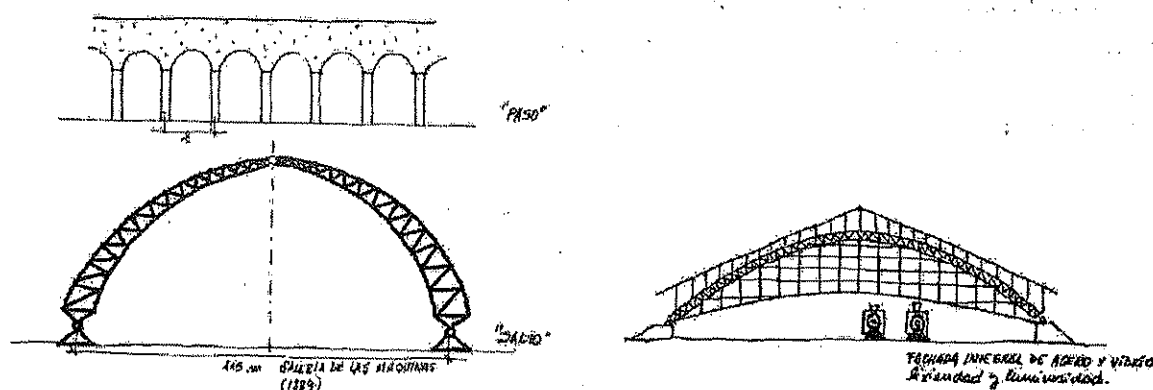


Fig. 67: Acero y Vidrio

En conjunto con su socio predilecto, el vidrio, produce una **revolución en los Cerramientos** al posibilitar fundir el interior con el exterior, ampliando enormemente las posibilidades de iluminación, accesos, expansión, tratamientos de la relación interior-exterior.

El acero inicia el **proceso de descomposición** de la “Caja muraria” y su recomposición a partir del análisis independiente de sus “partes elementales”: estructura, cerramiento, cubierta, etc., abriendo el camino para repensar lo arquitectónico al margen de los estilos.

Su sintaxis constructiva, como la de la madera, todavía responde a la **lógica de entramado**, la yux-

taposición en capas, cada una con su lógica geométrico-estructural. Pero La exactitud de los métodos de cálculo y de la ejecución con elementos normalizados permite una variedad inédita de estructuras e imágenes arquitectónicas asociadas:

- Las **estructuras trilíticas de perfiles normales**, arquitecturas "del ángulo recto" expresando una exactitud rigurosa en la forma general y en el detalle.
- Las **estructuras de triangulación**, como filigranas que proporcionan una imagen de levedad y espacialidad intersticial.
- Las **estructuras de alma llena**, que haciendo gala de audacia, se alejan de las pesadas formas de la arquitectura mamposteril adquiriendo tal variedad que comporta todo un nuevo universo formal.
- Al mismo tiempo, el concepto de inmutabilidad de lo adherido al suelo se transforma en **Flexibilidad**, desarmabilidad, crecimiento y cambio de la función.
- A partir de la posibilidad de traslado de parte del proceso de ejecución al Taller Metalúrgico, surge la posibilidad de prefabricación, de fecunda proyección posterior. Así, la obra húmeda se transforma en "**montaje en seco**", la lentitud en rapidez, la concatenación sucesiva del proceso de obra en simultaneidad. ("in situ" y "en taller")

d - Hormigón - Hormigón Armado

d.1. - Hormigón simple

El uso del hormigón en la construcción no es nuevo. Ya fue usado por los Romanos, que a fin de incrementar la masa de los apoyos de sus grandiosas construcciones con arcos, bóvedas y cúpulas, lo volcaban a granel dentro de recintos de mampostería y piedra, utilizando como aglomerante un cemento natural llamado "Puzzolana", disponible en las cercanías de Nápoles.

Pero la utilización en gran escala del hormigón no se generaliza sino hasta los primeros años del siglo XIX, cuando como consecuencia del proceso de Industrialización es patentado en Inglaterra un método Industrial para la producción de un aglomerante hidráulico artificial, al que se llamó **Cemento Pórtland** por su color similar a las piedras de la zona de Portland.

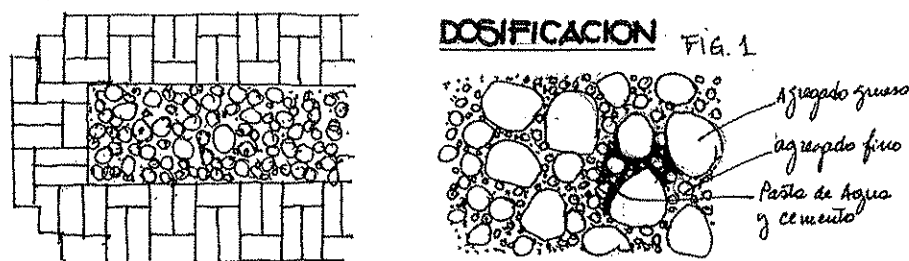


Fig. 68: Hormigón: Piedra Artificial

El Hormigón es un material de construcción artificial, resultante del endurecimiento dentro de moldes de contención de una mezcla fluída de **Aridos gruesos** (piedras, gravas) y **Finos** (arenas), un **Aglomerante hidráulico** (generalmente el Cemento, que endurece en presencia del agua) como el componente fundamental que le da cohesión, y el **Agua de Amasado**, en cantidad necesaria y suficiente para que la reacción química del cemento se realice.

Como "Piedra Artificial", la **Complementación Granulométrica** de sus componentes es esencial, pues de ella dependerá su **densidad y compacidad**, fundamental para la resistencia. En efecto, los vacíos que dejan entre sí los agregados más gruesos deben ser ocupados progresivamente por los más

finos, y todos ellos recubiertos por una pasta de cemento y agua que al fraguar (mediante la reacción química aludida entre el agua y el cemento), los cohesionan.

Como se comprenderá, las posibilidades que brinda el hormigón de variar a voluntad la **dosificación** de sus componentes, de incorporar otras sustancias con fines específicos y de realizar ensayos y verificaciones sobre "muestras", permite concebir una gran variedad de hormigones de acuerdo a necesidades específicas: menor ó mayor resistencia ó economía, aislación térmica e hidrófuga, resistencia a agentes químicos específicos, diversas apariencias, etc., así como retardar el frague incorporando aditivos, mejorar su trabajabilidad, incorporar aire a su masa, etc. De esta manera es posible concebir un "proyecto" racional del hormigón necesario, teniendo en cuenta los factores que inciden especialmente en su constitución.

d.2. - Hormigón Armado

Inmediatamente después de haberse logrado la producción industrial del Cemento, el Hormigón comenzó a ser asociado con Armaduras de Acero para mejorar su resistencia a la Tracción (y como consecuencia, a la flexión). Sin embargo, tuvieron que transcurrir casi 50 años antes que el análisis científico revelara la exacta relación de sus elementos principales asociados, acero y hormigón, y sus posibilidades de aplicación a la industria de la Construcción.

Durante todo ese tiempo todos los esfuerzos constructivos se dedicaron a las grandes construcciones de hierro. Pero el alto costo del acero, su vulnerabilidad ante la acción del fuego y la corrosión, y otros factores asociados a la urbanización acelerada que acompañó el proceso de la Revolución Industrial, impulsó el decisivo protagonismo del Hormigón Armado en la arquitectura contemporánea. Hacia principios del S. XX, su utilización se generalizó.

El Hormigón Armado es un material artificial que se obtiene asociando el Hormigón simple con **Armaduras Metálicas**. Como ya fue dicho, el hormigón absorbe bien los esfuerzos de compresión, a un razonable costo a partir de la producción industrial del cemento Portland. Pero su resistencia a la tracción y al corte es débil, producto de su constitución como agregado cementado.

En cambio las "armaduras", realizadas con barras de acero redondas, lisas ó estriadas, resisten muy bien los esfuerzos de Tracción y de Corte con bajo insumo de material: la forma y posiciones de la armadura de hierro viene dada por las tensiones que debe absorber, de Tracción y de Corte, derivadas de las solicitaciones a las que se verá sometida el elemento completo, según se deduce de su elástica de deformación. Además, se da la feliz coincidencia de que los **Coefficientes de Dilatación** de ambos materiales son similares, y desde luego, esto permite que actúen juntos.

Entonces, este nuevo material complejo creado por el hombre divide tareas entre sus componentes, maximizando las prestaciones de cada uno: **El Hormigón** absorbe los esfuerzos de **compresión**, y el **Acero** los de **tracción**, y juntos dan respuesta al problema estructural por excelencia de la arquitectura: **La Flexión**, mediante la conjunción de sus propiedades ventajosas que generalizaron su empleo.

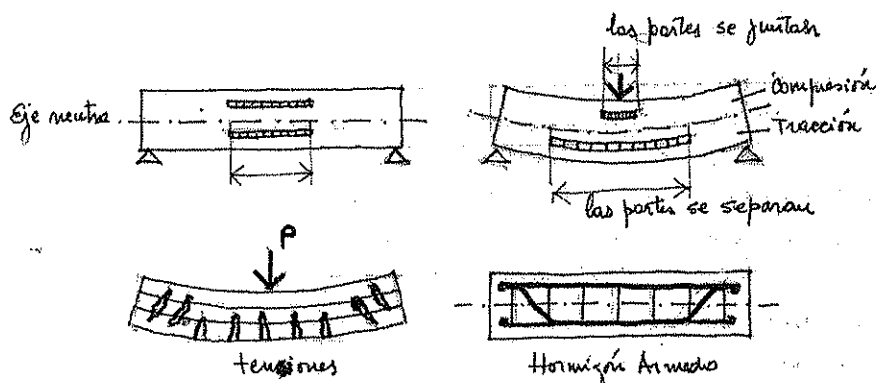


Fig. 69: Armaduras de tracción

Condicionamientos Técnicos

Estructurales :

- Resistencia: Como "**piedra artificial**", la Resistencia del Hormigón simple es fundamentalmente a la **compresión** (pues la resistencia a la tracción representa sólo un 10 % de ese valor), y depende fundamentalmente del contenido de **Cemento empleado**, de la cantidad de agua y de la duración y condiciones en que transcurre el período de endurecimiento.

- La incorporación de **armaduras de acero** en sus zonas traccionadas le incorpora la propiedad de trabajar a **flexión**, absorbiendo los esfuerzos de **tracción y de corte**.

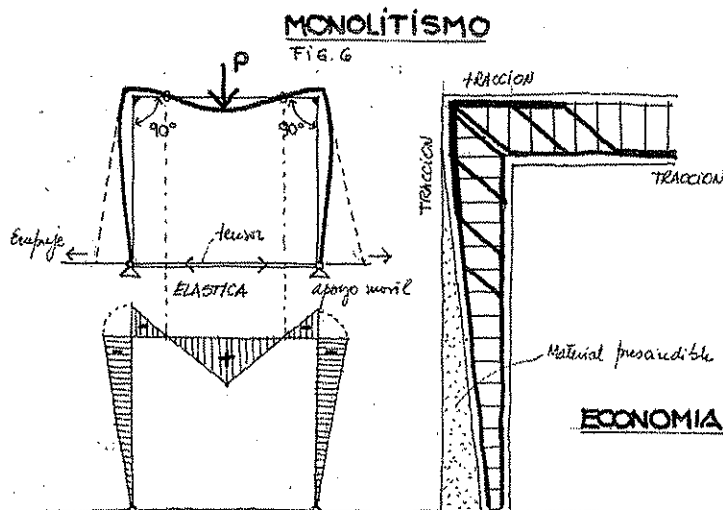


Fig. 70: Monolitismo del H^oA^o

- Debido a que su ejecución se efectúa por **moldeo** de un material fluido que al fraguar se solidifica, permite gran variedad de formas estructurales.

- Es destacable el **monolitismo** que consiguen sus uniones, confiriéndole continuidad a la transmisión de los esfuerzos y **colaboración** de todos los elementos de la estructura, con el consiguiente ahorro de material.

- La presencia de las barras de acero íntimamente unidas a la masa del hormigón permite su **Pre y Postensado** que, mediante el tensionado del acero previo ó posterior a su puesta en acción estructural, introduce en la masa del Hormigón tensiones adicionales de compresión como fuerzas "**de reserva**", aumentando su capacidad de trabajo.

- Las posibilidades de variar la **dosificación de sus componentes** le confiere una gran versatilidad ante distintos requerimientos, proveyendo hormigones específicos para cada necesidad estructural.

- Los **inconvenientes** estructurales que puede presentar están referidos a su **alto peso**, que naturalmente incide en los cálculos estructurales y a las **dificultades de reanudación** del hormigonado ante la necesidad de interrupciones.

De Cerramiento:

- **Aislación Térmica:** Su alta **Densidad** lo hace un mal aislante térmico, aunque con aditivos especiales que introducen alveolos en su masa puede mejorar su comportamiento, a expensas de su resistencia.

- **Aislación Hidrófuga** : Por la misma razón, la adición de hidrófugos al agua de amasado hace de él un buen material **impermeable**, apto para construcciones en contacto directo con el agua.

- **Aislación acústica**: Su alta Densidad y su **peso**, al oponerse a las vibraciones, lo hace un excelente aislante acústico, pero no funciona bien ante el acondicionamiento acústico por la baja absorción del sonido.

- **Durabilidad**: Con el correr del tiempo, el Hormigón aumenta su resistencia considerablemente, así como su Durabilidad, dependiendo esencialmente de su estructura capilar.

- **Apariencia**: su ejecución por moldeo permite **diversos acabados de la superficie**, desde el rústico característico del moldeoado in situ, con las marcas del molde de madera, hasta acabados más pulidos y perfectos característicos de los hormigones premoldeados, mediante moldes metálicos, ó su revocado posterior.

- **Prefabricación**: Su constitución en moldes de variadas medidas y diseños lo hace muy apto para construir diversos elementos prefabricados, **en obra ó en fábrica**, vigas y columnas, paneles portantes y de cerramiento, y su posterior **montaje** (con aislación térmica incorporada, terminación, etc.), con diseños a medida ó Sistemas Standard completos, que de acuerdo a la escala del proyecto pueden repercutir favorablemente en la economía y velocidad de ejecución.

Constructivos:

- **Como obra "in situ"**, El HºAº requiere un proceso de obra un tanto complicado debido a su carácter de "obra húmeda", su alto peso, la realización de los moldes (encofrado) de ejecución poco precisa, el mantenimiento del apuntalamiento del encofrado (28 días, que es cuando adquiere resistencia de trabajo) y el proceso trabajoso de llenado de los moldes,

- Gran parte de estos inconvenientes son superados cuando se trata de elementos de **hormigón premoldeado de montaje en seco**, reduciendo los tiempos tanto de montaje como de puesta en funciones estructurales.

- El cemento, componente principal del hormigón, **protege al hierro de la oxidación**, haciéndolo apto además para amurar todo tipo de piezas accesorias de ese material, tales como insertos, anclajes, grampas, etc.

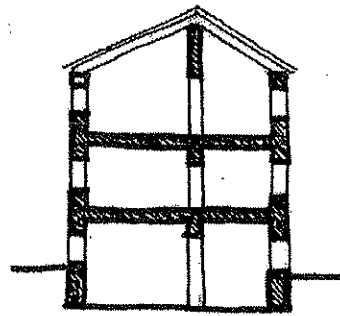
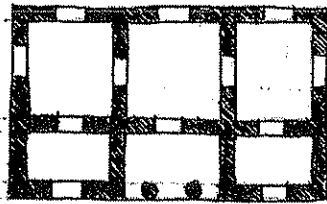
- Permite el **diseño de hormigones específicos**, de acuerdo a los diversos requerimientos de la obra: Hormigones pobres, para contrapisos, rellenos, etc.; Hormigón ciclópeo, para fundaciones y obras masivas de gran envergadura (muros de contención, etc.); Hormigones livianos, para aligerar peso en las estructuras; hormigones celulares, para aumentar su capacidad aislante térmica., etc.

- Asimismo, los diferentes tipos de cemento y aditivos permiten adecuar la ejecución a condiciones especiales (hormigonar bajo agua, en atmósferas agresivas, dar alta resistencia inicial, acelerar ó retardar el frague, impermeabilizar, etc.)

Consecuencias Arquitectónicas

Las grandes arquitecturas del pasado estaban limitadas por la disponibilidad de materiales sólo aptos para la Compresión. La flexión, esfuerzo inherente a toda cubierta, debía ser transformada en compresión mediante el arco, la bóveda, etc., con la masa crítica de compresión imprescindible para conducir las cargas al suelo. Como consecuencia, los espacios se hallaban limitados y los apoyos se hacían masivos, antieconómicos y poco flexibles. Primero la Madera, y luego el Hierro, vinieron a aportar soluciones a estos problemas, aunque su dificultoso mantenimiento y alto costo limitaron su aplicación masiva.

Identidad Estructura - Cerramiento
Apoyos masivos, poco flexibles.

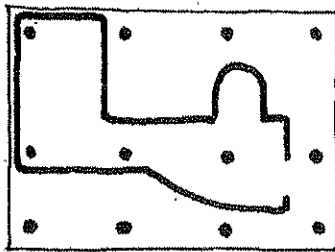


Muros de carga: compromiso

Fig. 71: Caja Muraria

La complementación entre el Hormigón como “masa muscular de compresión” y del Acero como “tendones de tracción”, establece analogías con el modo de obrar orgánico de la naturaleza. Gracias al monolitismo de las uniones, transforma las estructuras de pasivas en activas, abriendo posibilidades totalmente nuevas al diseño estructural:

Independencia Estructura - Cerramiento



Planta "libre" - flexibilidad
Fachada "libre"

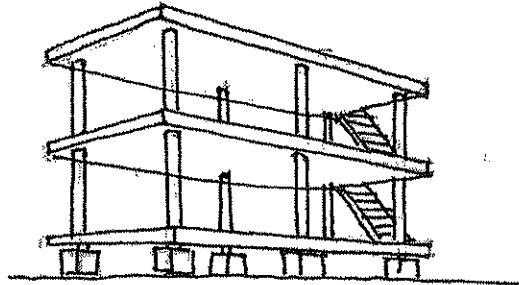


Fig. 72: Estructura Independiente

Como estructuras de “esqueleto y piel”:

- Estructura independiente del cerramiento
- Réticula estructural de “puntos de apoyo”
- Flexibilidad, crecimiento, cambio, en todas direcciones
- Liberación del cerramiento de compromiso portante
- Libertad en el diseño de plantas y fachadas
- Interpenetración espacial de los interiores y con los exteriores en las tres dimensiones del espacio, destruyendo el cepo de la “caja muraria”

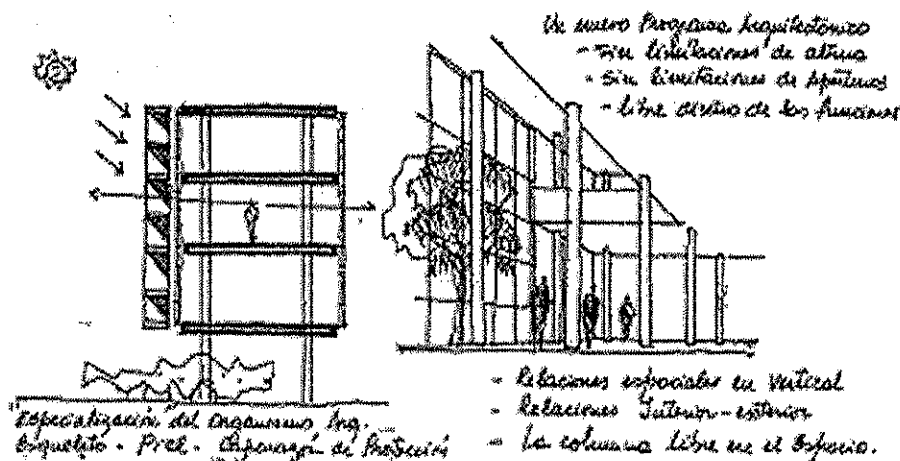


Fig. 73: Esqueleto y piel

Como Estructuras Celulares ó Fibrosas:

- Libertad de formas estructurales: mediante superficies alabeadas de doble curvatura, se siguen las líneas de flujo de las tensiones internas según la ley del Trabajo mínimo, con la economía de materia y energía propias de la naturaleza: membranas y cáscaras delgadas que inauguran con sus formas orgánicas y activas una nueva poética del espacio.

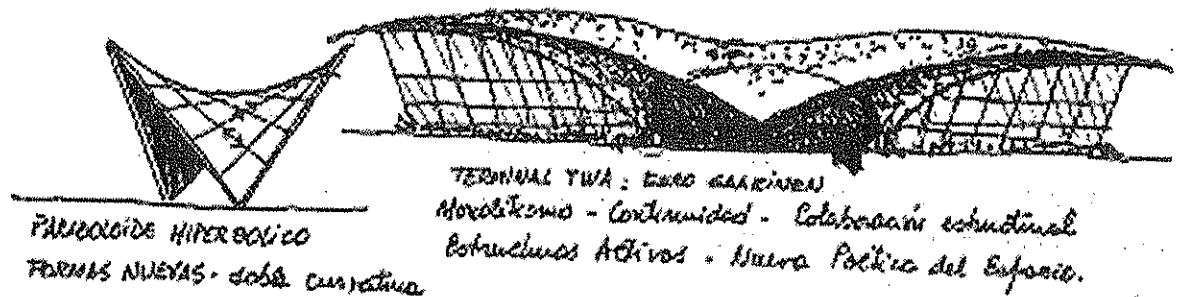


Fig. 74: Estructuras Celulares y Fibrosas

El Hormigón Armado trajo la respuesta más acorde a los problemas de masividad, escala, economía, flexibilidad, etc., de los programas contemporáneos (vivienda masiva, edificios varios en altura, etc.):

- La **Economía**, por el empleo masivo de materiales baratos en la masa de compresión que absorbe el Hormigón y el empleo exacto y necesario del acero (que es mucho más costoso) para los de tracción, sumado a la economía adicional que significa el empleo de una **mano de obra de baja especialización** para gran parte de las operaciones.
- La **Independencia** entre la estructura y el cerramiento, lo que permitió autonomizar ambos procesos constructivos y ampliar enormemente las posibilidades de iluminación y ventilación, aperturas y expansiones, crecimiento y flexibilidad.
- La **colaboración estructural** producto del monolitismo en las uniones, con el consiguiente ahorro de material.
- La **gran variedad de formas** que puede adoptar, consecuencia de su moldeo.
- El **valor agregado** que supone la aplicación de métodos científicos de cálculo y diseño, técnicas de prefabricación e industrialización, etc.
- Su **prefabricación**, que permite incrementar la velocidad de ejecución.
- Su **Industrialización**, que permite la producción de Escala, abaratando los costos, reduciendo los tiempos, y aumentando los controles de calidad y terminación



Fig. 75: Prefabricación

4 - TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES

4.1. - Mampuestos

a - Propiedades

Propiedades Estructurales:

Su **resistencia** básica es a la **Compresión**, que es directamente proporcional la densidad y a la cohesión interna de la estructura molecular del material. De acuerdo a esto, algunas de sus resistencias específicas a la compresión son las siguientes:

- Sillares de Granito : 60 kg/cm²
- Hormigón : 50 kg/cm²
- Sillares de piedra Caliza ó Arenisca: 30 kg/cm²
- Ladrillos de Ira. Clase : 15 kg/cm²
- Ladrillos de 2da. Clase : 10 kg/cm²

Pero como quedó dicho anteriormente, la forma estructural primaria que componen los mampuestos es el **muro**, en el cual, además de su resistencia a la compresión, es muy importante considerar la posibilidad del efecto de **Pandeo**.

El pandeo está en relación directa con la **Esbeltez** del muro, es decir, con la relación entre su espesor y su altura, y el con grado de homogeneidad del material con que está compuesto. Ante un esfuerzo de compresión determinado, la ley básica de la naturaleza de "seguir el camino más fácil" hace que la pieza comprimida (en este caso, el muro), antes de aplastarse por efecto de la compresión, acorte esa distancia mediante una flexión lateral. A esto contribuyen las inevitables imperfecciones en el muro y en el centrado de las cargas. El muro, constituido por mampuestos, no está en condiciones de soportar esa flexión lateral.

Dejando aparte algunas piedras naturales igneas (Granitos, Basaltos) que son **isótropas**, casi todos los materiales utilizados como mampuestos son **Anisótropos**, ó sea que poseen comportamientos diferentes según la dirección en que queramos evaluarlos. Las piedras sedimentarias, los bloques de hormigón y los ladrillos de arcilla han sido conformados (natural ó artificialmente) por compresión, según un sentido bien definido en la aplicación de las fuerzas, sentido que definirá la cohesión estructural interna del material conformado. Su resistencia a compresión, entonces, será máxima cuando el sentido de su aplicación coincida con el de la acción de las fuerzas que los conformaron, ó lo que es lo mismo, en sentido perpendicular a la dirección de sus capas ó vetas.

1/ ANISOTROPIA

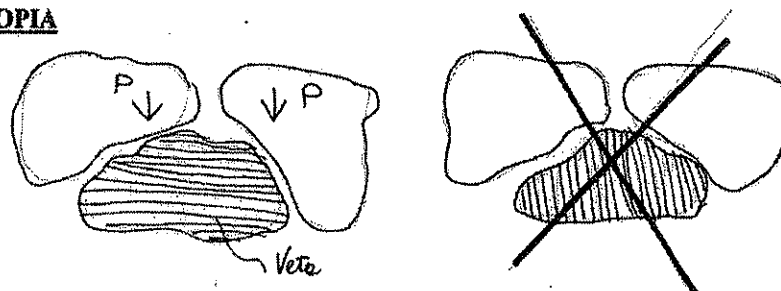


Fig. 76: Anisotropía

Propiedades aislantes:

En su empleo tradicional, los espesores del muro tomaban considerable importancia para dar respuesta a la función primordial de "Sostén", subordinando a ella la función de "Cerramiento" que quedaba, por así decir, "cumplida" por el mero espesor del muro. Pero una consideración más analítica de su composición físico-química revela sus propiedades Aislantes específicas:

- Su **Porosidad**, merced a los vacíos interiores que impiden la conducción del calor, aumenta considerablemente sus propiedades de aislación Térmica.

- Su **Peso y Densidad**, al facilitar la conducción del calor, no favorecen la aislación térmica, pero en cambio son muy importantes para la Aislación Acústica porque se oponen mejor a la propagación del Sonido por vibración.

- Su grado de **Impermeabilidad** está en relación con su estructura capilar, particularmente con la presencia de comunicaciones ó poros en la superficie exterior. Alta en los mampuestos de piedra ó bloques de cemento, disminuye en los ladrillos comunes por su alto grado de absorción de agua (higroscopicidad), producto de su estructura capilar.

b - Disponibilidad

La gama de mampuestos es virtualmente inagotable, dada la variedad de materiales "regionales" aptos, la incorporación de todo tipo de innovaciones (reciclado de desechos, aglomerados vegetales, etc.), y a la simplicidad ancestral del principio de "apilamiento", que no requiere mano de obra especializada. Por ello, nos vamos a limitar a una descripción de los más tradicionales:

b.1. - Piedras Naturales

Las Piedras naturales, de acuerdo al proceso de su conformación natural, pueden ser "**Igneas**" (por enfriamiento y solidificación del "Magma" interior de la tierra, tales como granitos, basaltos, etc.), "**Sedimentarias**" (por acumulación geológica de detritus de rocas anteriores, cohesionadas en capas geológicas por cementaciones naturales: areniscas, algunos mármoles, onix, travertino, etc.) ó "**Metamórficas**" (viejas rocas sedimentarias, muy transformadas por efecto de grandes presiones y altas temperaturas: Gneis, mármoles, etc.). Las piedras sedimentarias, anisótropas, son las más abundantes y utilizadas en cantidad.

La piedra para construcción se extrae fundamentalmente de las denominadas "Canteras", establecimientos de explotación que aprovechan los yacimientos existentes distribuidos por la geografía geológica, realizando al pie de la cantera el trabajo grueso de preparación del material según sea su destino: mamposterías, revestimientos, etc., para remitirlos posteriormente a talleres y fábricas donde se afina y completa.

La mampostería de piedra tiene algunos condicionamientos que pueden hacerla sensiblemente más cara, tales como la distancia de acarreo (Máxima de 8 a 10 km), la necesidad de una mano de obra adiestrada, con "buena vista" para elegir los acoples, etc., lo que la convierte en un artículo costoso cuando no se dan estas condiciones de proximidad. Asimismo su bajo aislamiento térmico hacen necesarios grandes espesores ó la realización de dobles paredes con cámara de aire, y su peso (de hasta 40 kg. por pieza), hacen más difícil su manipulación.

Según su utilización final en obra, pueden ser clasificadas como "**Rústicas**", "**Irregulares**" ó "**Labradas**". En éste último caso, es necesario su dibujo preciso piedra por piedra y su corte en talleres especializados.

Por sus propiedades de resistencia al desgaste, posibilidades de pulido, brillo y apariencia estética son utilizadas selectivamente (por su alto costo) como **revestimientos**, fundamentalmente los Granitos y los mármoles.

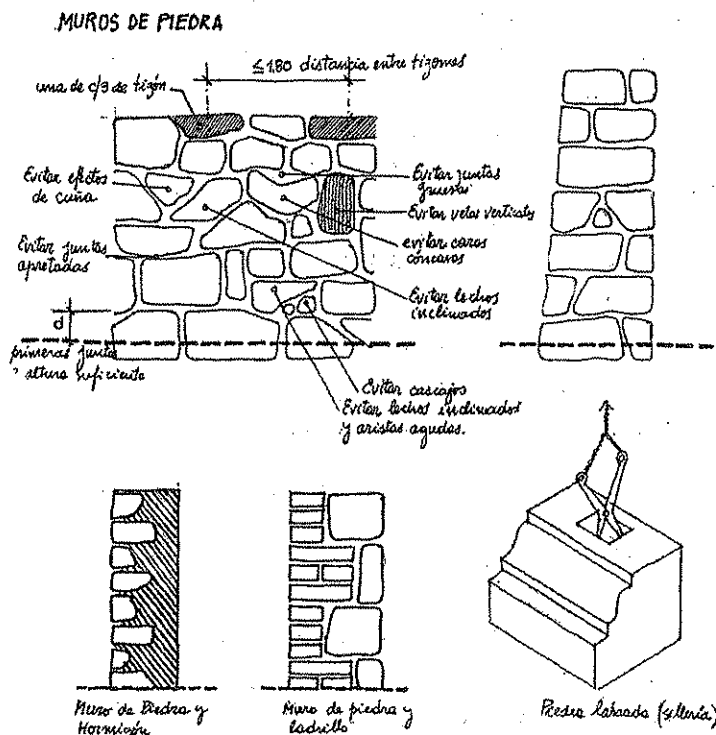


Fig. 77: Mampostería de Piedra

b.2. - Ladrillos Comunes de Arcilla Cocida

Las tierras vegetales o arcillas especiales amasadas con agua forman una pasta que es moldeada en piezas de unos 5 x 12 x 26 cm., en un proceso que empieza por el secado con aire fresco y culmina con el secado a horno a temperaturas de aprox. 1000 grados C. El exceso de cocción lo vitrifica, disminuyendo su porosidad y, por lo tanto, su capacidad de aislación Térmica. Un ladrillo de buena calidad debe producir un sonido claro (campanil) cuando se lo golpea, y además, debe presentar sus aristas vivas y sus caras llanas y sin deformaciones importantes.

Su utilización como material es prácticamente universal, adoptando las características aparentes (color, textura, etc.) de la materia prima del lugar donde se produce. El bajo peso de cada elemento y su tamaño reducido facilita enormemente la ejecución, y su adaptación a particularidades de forma, así como un acomodamiento más "repartido" (gracias a su pequeño tamaño) en caso de movimientos, permite una minimización de las fisuras.

- Cuando su producción se realiza por medio de máquinas compactadoras se los denomina **de máquina**, poseyendo una resistencia, regularidad, constancia de forma y homogeneidad notables, que los hacen de primera calidad.

- Los ladrillos de **semi-máquina** son aquellos cuya producción se efectúa mediante "Chorizos" compactados a máquina y aserrados en sentido transversal, para tomar su forma y dimensión característica. Menos perfectos que los anteriores, son identificables por las marcas del aserrado en sus caras mayores.

- Por último, los ladrillos **comunes** son aquellos moldeados y compactados a mano, uno por uno, en moldes de madera, cuyo proceso de producción, ancestral, es el descripto inicialmente.

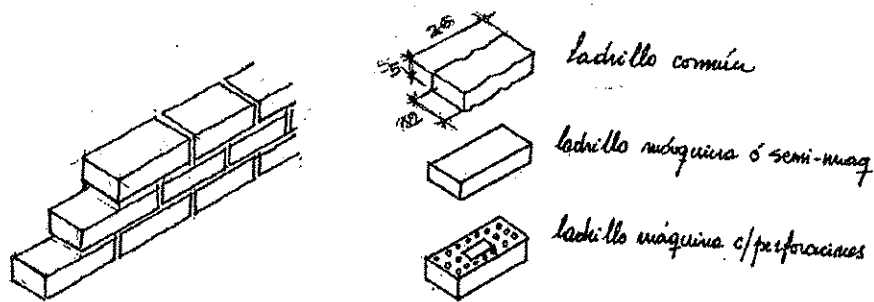


Fig. 78: Ladrillos comunes

Muy aptos para la realización de todo tipo de muros, tanto portantes y como tabiques divisorios, los espesores se derivan de las medidas del ladrillo y de sus posibles combinaciones para "trabrarlos" tanto longitudinal como transversalmente. Los mas comunes son los así llamados "Muros de Media Asta" (0,15 m. de espesor nominal), "Muros de Asta", (0,30 m.), "Muros de asta y media" (0,45 m), y "Muros de Doble Asta" (0,60 m). También, aunque menos usado, se pueden mencionar los muros de 0,20 m. de espesor nominal, y el Tabique de Panderete, de 0,05 a 0,06 m. de espesor.

b.3. - Ladrillos Huecos

Como consecuencia de la producción industrial de ladrillos, se ha conseguido reducir el insumo de material y simultáneamente aumentar la capacidad aislante de la pieza, introduciendo celdas vacías en su interior. Las piezas resultantes son mucho más livianas y de mayores dimensiones que los ladrillos comunes, permitiendo paredes muy aislantes aunque con reducida resistencia a la compresión, redundando en un ahorro significativo de material y mano de obra.

La diversidad de tamaños es muy grande y se aumentan significativamente las dimensiones de cada pieza, razón por la cual es necesario una mayor coordinación modular a fin de ahorrar material y agilizar los tiempos de ejecución. La pieza de ladrillo hueco, en sí misma, se convierte así en un posible módulo a partir del cual dimensionar los locales del proyecto.

De acuerdo a su aptitud estructural podemos dividirlos en dos grupos:

- **Los ladrillos Huecos Portantes** son aquellos aptos para recibir cargas estructurales. Su posicionamiento correcto es asegurando la continuidad de material en el sentido de la transmisión de cargas sin la interposición de las celdas, para evitar que el material se vea expuesto al trabajo de flexión.

- Tienen un diseño característico dado por celdillas más pequeñas en sus dos caras exteriores y celdas más grandes en su interior, alejando así la mayor cantidad de material del eje neutro del muro, a fin de incrementar el momento de inercia de su sección ante fuerzas horizontales.

- Se fabrican piezas especiales para alojar refuerzos de Hormigón Armado colado en su interior, de acuerdo a los requerimientos estructurales (mampostería cerámica armada), pudiendo alcanzar alturas portantes de hasta cuatro pisos, ó para minimizar los riesgos de fisuras importantes que, ante eventuales movimientos del muro, implica el uso de piezas de mayor tamaño que las del muro de ladrillos comunes. Hay variedad de medidas en ancho y alto, así como "medios ládrillos" para facilitar las aristas terminales. Sus espesores son de 12cm. (muro de 15 cm.) y 18 cm. (muro de 20 cm.)

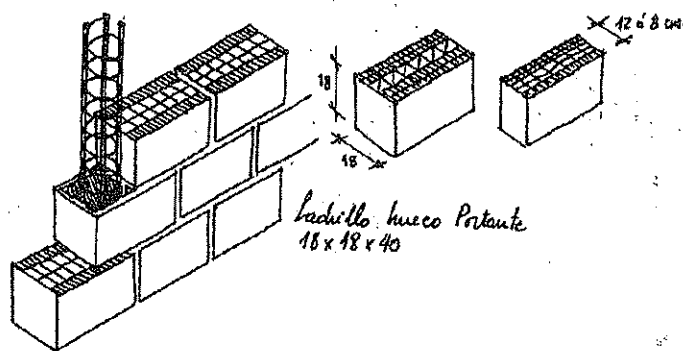


Fig. 79: Ladrillos huecos portantes

- **Los Ladrillos huecos No portantes**, para tabiques y muros no-portantes (sólo de cerramiento), son aquellas piezas cerámicas que han sido desarrolladas para la realización de tabiques divisorios interiores ó exteriores, es decir, que atienden exclusivamente a las funciones de cerramiento, sin compromiso con lo estructural. Su función es, por lo tanto, básicamente Aislante. También de diversas dimensiones, se los clasifica según el "número de agujeros", 1, 2, 3, (de aprox. 4 cm. c/u) según el espesor del tabique al que está destinado.

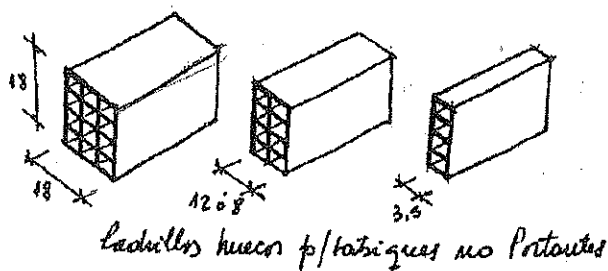


Fig. 80: Ladrillos Huecos no portantes

b.4. - Bloques de Hormigón

- Están constituidos por un árido pesado ó ligero (arena, conchilla, grava, etc.) cohesionados por un aglomerante hidráulico (Cemento). Son comprimidos a máquina y moldeados según formas y dimensiones que permiten un fácil y preciso acoplamiento, y presentan una buena terminación de sus caras que forman a la vez los dos paramentos, permitiendo dejarlas a la vista.

- Al igual que los ladrillos huecos, dejan celdas en su interior para mejorar su capacidad térmica. Se realizan piezas especiales para encadenados, dinteles, antepechos, medios bloques, etc. que contribuyen a una mayor racionalización del aparejo, exigiendo una cuidadosa modulación para evitar desperdicios. Sus espesores más habituales son de 0,20 m y de 0,15 m.

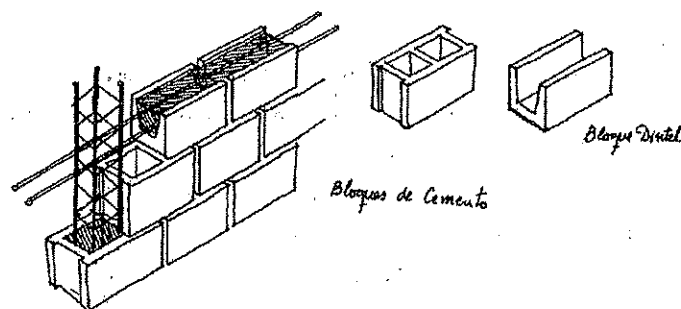


Fig. 81: Bloques de cemento

- Sus **propiedades** dependen de la calidad y dosificación de sus componentes, que son enormemente variadas de acuerdo a sus condiciones de producción, pero en general se puede decir que su capacidad de resistencia es muy buena debido a la presencia del cemento, en la medida de que haya habido una adecuada compactación.

- Por la acción del cemento, tienen un buen comportamiento como aislante hidráulico, permitiendo trabajar el paramento exterior a la vista. En este sentido, su punto débil lo constituyen las juntas, que deberán ser adecuadamente selladas.

- En cambio, tienen un alto índice de conductibilidad térmica, lo que hace problemática su capacidad de aislación, debiendo complementarse con revoques especiales (perlita dorada) para mejorar su aislación.

- Por su consistencia cementicia, es asimismo muy habitual la formación de condensación en su paramento interior como consecuencia de su bajo poder de absorción, dejando "marcas" características en el revoque interior del muro.

c - Aparejos

Colocación de ladrillos:

La condición que exige el simple apilamiento de las piezas es garantizar la debida trabazón de los mampuestos, tanto longitudinal como transversalmente, así como en los cruces, ángulos y enlaces, a fin de constituir un conjunto trabado que reparta las cargas y se oponga a la disgregación de los elementos que lo componen. Se entiende, entonces, como "Aparejo", las formas de disposición de las juntas de las piezas, en diferentes combinaciones según el espesor de los muros, de manera de garantizar lo más posible dicha trabazón.

Los Ladrillos, de acuerdo a su forma y dimensiones, admiten tres posiciones básicas llamadas "de Soga", "de Tizón" y de "Sardinell".

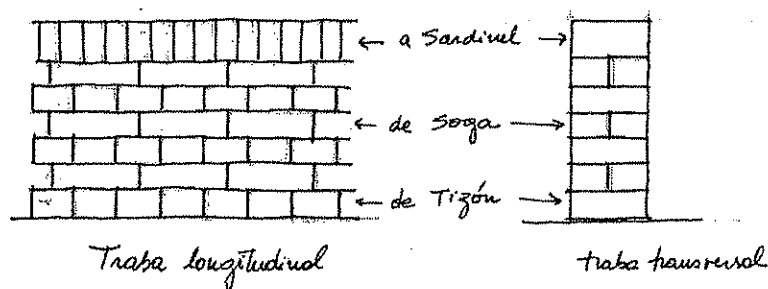


Fig. 82: Posiciones básicas del ladrillo

De la combinación de las dos primeras surgen los diferentes **aparejos**, conocidos históricamente por su lugar de origen: Aparejo Inglés; Aparejo Belga, Holandés ó Flamenco; Gótico; Americano; etc., los cuales, además de asegurar las condiciones constructivas antedichas, ofrecen singulares cualidades de apariencia, rapidez de ejecución, economía, etc. La posición del ladrillo "de Sardinel" es utilizada usualmente para remates de muros, apoyos de cargas importantes de losas y de techos, antepechos, dinteles, cornisas, etc., por ser más resistentes.

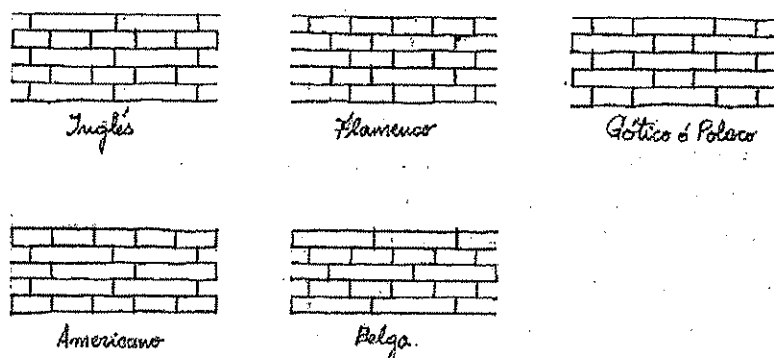


Fig. 83: Aparejos

La colocación de los ladrillos en el muro deberá estar sujeta a algunas reglas generales, incorporadas al "buen oficio" del Albañil Aparejador:

- Procurar usar la mayor cantidad de ladrillos enteros.
- Todas las hiladas deben descansar sobre planos horizontales.
- El mayor número de juntas verticales debe atravesar el espesor total de la pared.
- Los ladrillos "de Tizón" vinculan en mayor medida el espesor total de la pared, por lo que hay que tratar que haya la mayor cantidad posible de éstos.
- Las juntas verticales no deben coincidir, sino desplazarse al menos $\frac{1}{4}$ de ladrillo entre sí. Cuanto mayor sea el ángulo que forma el conjunto de juntas verticales desplazadas sobre la horizontal, es mayor la tendencia a la formación de grietas.
- En las esquinas, cruces y encuentros de paredes, las hiladas de soga deben continuar y las de tizón trabarse.
- En general, la bondad de un aparejo depende de la resistencia que ofrezca a la **formación de grietas**, mucho más habituales en el sentido longitudinal (por asentamientos irregulares) que en el transversal (que son producidas por mucha carga ó mucha altura del muro).

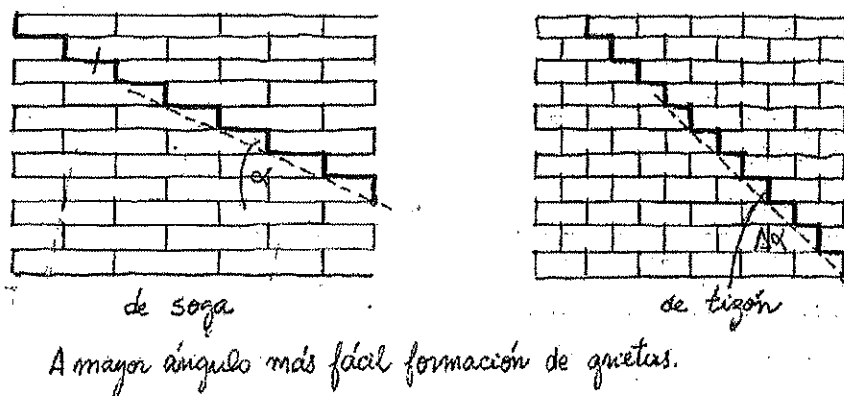


Fig. 84: Juntas

Lecho de mortero:

- Todos estos mampuestos necesitan la interposición entre uno y otro de un Lecho de Mortero, mezcla realizada con arena, diversos aglomerantes hidráulicos (Cemento, cemento de albañilería, cal hidráulica) en diversas dosificaciones según las exigencias, y agua de amasado.

- Este mortero, como un "colchón" de 1,5 a 2 cm. de espesor, cumple las funciones transmitir y distribuir regularmente las cargas de mampuesto a mampuesto y permitir la ligazón de los mampuestos entre sí, fundamentales para la resistencia al Pandeo, al Corte, ó a esfuerzos perpendiculares al plano de la pared.

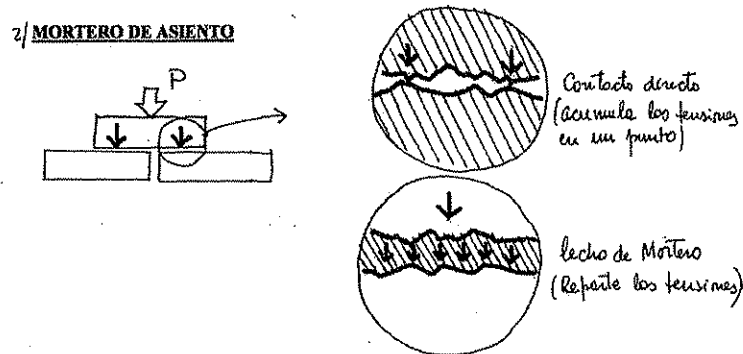


Fig. 85: Mortero de asiento

- Para evitar que la higroscopicidad natural del ladrillo absorba el agua de amasado necesaria para el fraguado, se debe mojar abundantemente el ladrillo antes de colocarlo. Una vez colocado sobre su lecho horizontal de mortero, se deben rellenar bien las juntas verticales y apretarlas contra el siguiente ladrillo, sin rellenarlas posteriormente desde arriba.

- Asimismo, debe tenerse presente que las piezas de acero amuradas en el interior de la pared, sean estas encadenados, trabas, grampas ó elementos de anclaje deberán ser colocadas con "concreto" (mortero de cemento 1:3) para protegerlas de la oxidación, pues son atacadas por la cal.

- Por último, se debe controlar la horizontalidad de cada hilada mediante regla y nivel, como así también la verticalidad ("el plomo") del plano de pared.

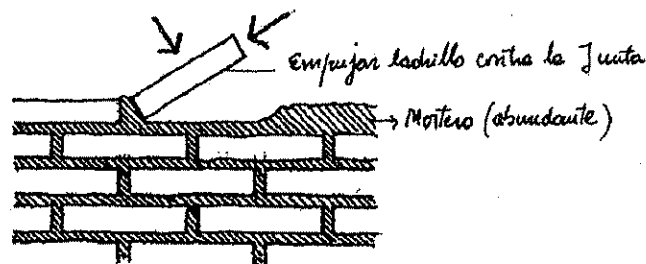


Fig. 86: Lecho de mortero

d - Mezclas

Generalidades

Son pastas elaboradas con algún material aglomerante (cemento, cal, yeso, en diversas proporciones según el uso), agregados pétreos finos (arenas) y agua. Se le llama "**Mortero**" a la mezcla apta para la unión de ladrillos, piedras, bloques, etc. de una mampostería, ó para adherir mosaicos, placas de revestimiento, amurar elementos metálicos, etc., mientras que el término "**Revoque**" se utiliza para designar las mezclas cuyo destino es recubrir mamposterías, dándoles terminación y/o aislación a los

distintos paramentos, tanto interiores como exteriores.

La Elaboración de estas mezclas se realiza generalmente a mano ó con mezcladoras mecánicas en el lugar de trabajo. Deberá realizarse primero el mezclado en seco de los diversos elementos en forma completa, agregándose posteriormente el agua en cantidad adecuada, mezclada para su homogeneización total.

Aunque a esta tarea se le dedica escasa atención, es muy importante fiscalizar la calidad y estado de los materiales a emplear, las dosificaciones adecuadas de cada uno y los tiempos dentro de los cuales deberá ser usado, evitando que el material ya endurecido vuelva a ser "remezclado" y usado, pues esto ocasiona graves inconvenientes, solo evidentes a posteriori.

Los revoques mas comunes son los siguientes:

- Sobre el paramento de la mampostería a impermeabilizar, se aplica un revoque impermeable ó "**Azotado**" realizado a cuchara con una mezcla rica en cemento (1:3) más el agregado de un impermeabilizante plástico.

- Posteriormente, pero enseguida, a fin de evitar las contracciones aceleradas por el calor del sol, se debe aplicar un revoque grueso ó "**jaharro**" de 1,5 cm. de espesor que empareja la superficie de forma "gruesa", hecho en base a cal. Este mismo revoque grueso será aplicado en el paramento interior, esta vez sin la interposición del azotado, a fin de emparejar la superficie para recibir el acabado.

- Finalmente, se realiza el revoque fino ó "**Enlucido**", de un espesor entre 2 y 3 mm., de los paramentos interiores ó exteriores, realizado habitualmente con cal aérea.

- En los interiores, si se desea una terminación mas tersa puede recurrirse a morteros realizados con Yeso blanco y agua, ó los denominados "Estucos", realizados con yesos especiales, con diversos modos de terminación.

- Para los revoques exteriores expuestos a la intemperie, existen en el mercado mezclas previamente preparadas en fábrica. Además de los tradicionales "**materiales para frentes**", se han agregado diversos productos que unifican los revoques, aislaciones y pintura en un solo material. Son los productos de base Acrílica, tales como los Granitos plásticos, los Piedra Paris, los llamados Monocapa, texturados ó estucados.etc., que permiten acelerar los tiempos al eliminar pasos de obra.

Aglomerantes

Los aglomerantes se pueden dividir en dos tipos: los Hidráulicos, que son aquellos que no requieren la presencia del aire para fraguar, y los aéreos, que sí la requieren. Los primeros son utilizados en mezclas de cierto espesor, mientras que los segundos son para espesores de pocos milímetros.

- El Cemento portland provee resistencia e impermeabilidad, pero sufre fuertes contracciones, por lo cual se lo emplea con medida, en particular para impermeabilizar (azotados, capas aisladoras), para amurar elementos metálicos y para reforzar los morteros de asiento.

- Las cales hidráulicas se utilizan en mamposterías comunes, tanto en cimientos como en elevación, sola ó mezclado con el llamado Cemento para albañilería, que es un cemento pobre, de menor resistencia y contracción que el anterior, para morteros de asiento.

- Los aglomerantes aéreos (cales aéreas, yesos) son utilizados para revoques finos ó enlucidos, acabados superficiales de pocos milímetros, dando a la mezcla una trabajabilidad ó plasticidad mayor que los hidráulicos.

Propiedades:

- **Resistencia:** La Resistencia de un muro dependerá fundamentalmente de los mampues-

tos usados, pero es fundamental la Adherencia que provee el mortero, justamente en el plano más débil de esta estructura: las juntas. Es preferible una mezcla sólidamente adherida y no una resistencia elevada del propio mortero. Morteros muy resistentes (en base a una alta dosis de Cemento) pueden ser contraproducentes, pues tienen la probabilidad de agrietarse y despegarse por Contracción; de modo que lo mejor será una adecuada combinación de ambas propiedades: Adherencia y resistencia.

- **Trabajabilidad:** esta propiedad hace más fácil y descansada la tarea del operario. La trabajabilidad está directamente relacionada con el poder de retención de agua del aglomerante, es decir, de su **plasticidad**. En ese sentido, la Cal Viva, especialmente la cal Aérea ó Grasa, proporciona mezclas más plásticas y untuosas que la Cal hidráulica, que pierde agua más fácilmente, con lo que se logra una mejor adherencia y mayor calidad en el trabajo terminado.

- **Durabilidad:** El mayor enemigo del revoque es la humedad y los perjuicios ocasionados por las heladas, con las consecuencias de solubilizar y disgregar por expansión los materiales del compuesto, razón por la cual deberá considerarse la profundidad de saturación de agua del muro, y su impermeabilización correspondiente.

- **Eflorescencia:** la sucesión de saturaciones de agua y secados sucesivos pone en evidencia en el exterior manchas, películas ó cristales de algunas sustancias solubles en agua (sales, sulfatos, etc.) que contienen todos los materiales de construcción. En este sentido, es manifiesta la superioridad de los morteros elaborados con cal respecto de otros aglomerantes.

4.2. - Maderas

a - Constitucion

Su constitución está dada principalmente por un **Tejido tegumental ó de Defensa** (La corteza), un **Tejido vascular** conductor de savia y un **tejido de fibras alargadas** que le aporta resistencia.

En cada tronco se verifica un anillo de crecimiento anual (que permite conocer su edad) formado, a su vez, por dos tipos de tejido: vascular, de madera más blanda y clara (llamado "**madera de Primavera**"), y otro de tejido Fibroso, más compacto, resistente y más oscuro, llamado "**Madera de Otoño**". A medida que las células envejecen, se van impregnando de una sustancia llamada "**Lignina**" que las endurece, hasta alcanzar la resistencia característica según el tipo de Madera.

A la par que la llamada "Madera vieja" va pasando a formar parte del núcleo central más duro y compacto ("**Núcleo**" y "**Duramen**"), otros crecimientos anuales la reemplazan en la perifería del tronco formando "**la Albura**", madera menos compacta y resistente, con mayor volumen de poros debido al predominio del tejido vascular (La llamada "Madera Joven").

De este modo, en un corte transversal del tronco podemos identificar cinco zonas específicas:

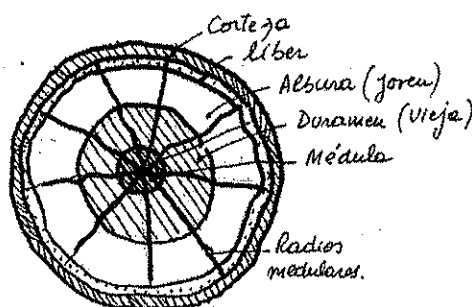


Fig. 87: Corte transversal del tronco

- El **Núcleo ó Médula**, en el centro.
- El **Duramen**, donde se encuentran los tejidos de mayor resistencia, edad y color.
- La **Albura**, que es la madera joven, más clara y menos dura.
- El **Liber**, capa muy delgada de tejido conductivo de savia.
- La **Corteza**, tejido impermeable de protección.
- Asimismo, partiendo del centro, se pueden observar **radios medulares** que comunican transversalmente las distintas zonas y que al secarse, pueden ser causa de futuras grietas.

Hay una enorme diversidad de maderas, nacionales e importadas, que presentan notables diferencias de estructura interna, cada una de las cuales con su propio tejido fibroso, definido y constante para la especie que se trate. De acuerdo a sus características específicas ellas responden adecuadamente a diversos usos y aplicaciones, sea para su uso estructural, para construcciones en general, y para otras aplicaciones (muebles, embalajes, etc.). Pero dentro del campo que nos ocupa podemos clasificarlas en dos grandes grupos: **las Resinosas** (Coníferas) y **las Latifolias** (dicotiledóneas leñosas).

Las Resinosas (pinos, alerces, abetos, haya, encinas, castaños) son maderas de hoja perenne y fibras longitudinales, que se agrupan y distribuyen bastante regularmente en el espesor de la madera formando vetas, vinculadas entre sí por radios medulares

Las Latifolias (incienso, algarrobo), son de estructura más compleja, con fibras resistentes íntimamente combinadas con un tejido vascular de tubos relativamente grande, por los cuales circula el agua, que las hace más pesadas, densas y resistentes.

b - Propiedades

Resistencia

Es muy variable, sujeta, como vimos, a muchísimos factores por su origen orgánico: las formas de su corte, el estacionamiento y conservación, su procedencia, etc. De todos modos, la resistencia de la madera depende fundamentalmente de su **peso específico y compacidad**: cuanto mayores sean éstos mayor será su resistencia, tanto entre las diferentes especies como entre las zonas del tronco de una misma especie (Albura-Duramen), siendo por lo común mayor en las Latifolias que en las Coníferas.

En la Madera, la resistencia a la **tracción** es superior a la de **compresión**, siendo la **flexión** un promedio entre ambas. Frente a los esfuerzos a que es sometida, su conducta es **anisótropa**, es decir, responde de distinta forma según sea la dirección que se le aplique en relación a la dirección de sus fibras: su resistencia **es muy superior en sentido paralelo a sus fibras** que perpendicularmente a ellas.

Esto es válido para todos los esfuerzos, pero es mucho más importante para la tracción que para la compresión. El esfuerzo normal a la dirección de las fibras reduce su resistencia 8 veces respecto al esfuerzo paralelo a las mismas. (Cuando están solicitadas en la dirección de las fibras, para las Resinosas se calcula un Módulo de Elasticidad de 100.000 kg/cm² y para las Latifolias uno de 125.000 kg/cm², pero dicho módulo baja a 3.000 y 6.000 kg/cm² respectivamente para esfuerzos perpendiculares a ellas).

Asimismo, las maderas "Verdes" tienen un 40% menos de resistencia que las "Secas" de la misma especie, influyendo en el desgaste y trabajabilidad de las mismas (Aserrado; torneado, etc.) La presencia de **nudos** disminuye notablemente su resistencia a la flexión, aunque no tanto a la compresión.

Dureza

Depende de la **Densidad** y de la **Cohesión** de sus tejidos. Las maderas fibrosas son las más duras, mientras que las más ricas en tejido vascular son más blandas. Asimismo, recordamos que el árbol es

más duro en su interior (núcleo y duramen) que en su exterior (Albura) y que las maderas "Verdes" tienen un 40% menos de resistencia que las "Secas" de la misma especie, influyendo en el desgaste y trabajabilidad de las mismas (Aserrado; torneado, etc.)

Según su Dureza, las maderas se clasifican en 5 grupos:

- **Las muy duras** (ébano, encina, incienso, etc.), con una resistencia de rotura paralela a las fibras de 700 kg/cm² a la compresión y 1300 kg/cm² a la tracción.
- **Las duras** (cerezo, olmo, roble, etc.) con 460 kg/cm² a compresión y 1100 kg/cm² a tracción.
- **Las semi-duras** (Haya, nogal, etc.) con 460 kg/cm² a compresión y 900 kg/cm² a tracción.
- **Las blandas** (abedul, pino), con 360 kg/cm² a compresión y 710 kg/cm² a tracción.
- **Las muy blandas** (Pino de América, álamo), con 250 kg/cm² a compresión y 650 kg/cm² a tracción.

Las resistencias consignadas anteriormente son **Tensiones de Rotura**. No obstante, y en virtud de todos los factores incidentes mencionados se utiliza para el cálculo una Tensión Admisible de un 10 % de la carga de rotura, como factor de seguridad.

Otras Propiedades:

Además de las propiedades anteriores, podemos destacar las siguientes características del comportamiento de la Madera como material de construcción:

- **Su Durabilidad**, que es muy variable según el medio ambiente en que se encuentren, y fundamentalmente según la **constancia** de estado de ese medio. La alternancia entre seco y húmedo es altamente destructiva, mientras que las que están permanentemente sumergidas pueden durar mucho tiempo (p/ej.: Venecia)
- **Sus aptitudes Térmicas y Acústicas**, en cambio, son mejores cuanto más blanda es la madera (ej.: corcho), por la presencia de espacios vacíos.
- **Su Flexibilidad**, entendida como la propiedad de curvarse sin romperse. Las maderas verdes y jóvenes son más flexibles que las secas y viejas.
- **Su Higroscopicidad**, es decir, su capacidad de absorber u desprender humedad según sea el medio ambiente. Esta propiedad es causante de **contracciones y dilataciones**, el llamado "**trabajo**" de la madera, según tres direcciones: el eje de las fibras, los radios medulares, y los anillos anuales, por lo que importa su forma de aserrado.
- **Su Homogeneidad**, que depende de las mayores ó menores diferencias de las maderas de primavera y de otoño.
- **Su baja conductibilidad** del calor y la electricidad, que la hace un buen aislante, aunque aumentan con el contenido de humedad.
- **Su Densidad**, que da maderas más duras y de mejor pulido, y a la inversa, su **Porosidad**, que permite maderas más livianas, y aislantes.
- **Su Color**, que varía en una amplia gama desde colores claros (arce) hasta colores oscuros, (ébano), en relación directa con su blandura ó dureza respectivamente.

c – Evolucion tecnológica

La utilización de la Madera como material de construcción ha variado acompañando el desarrollo tecnológico e Industrial, de acuerdo a la evolución de tres factores principales interrelacionados:

Las Herramientas:

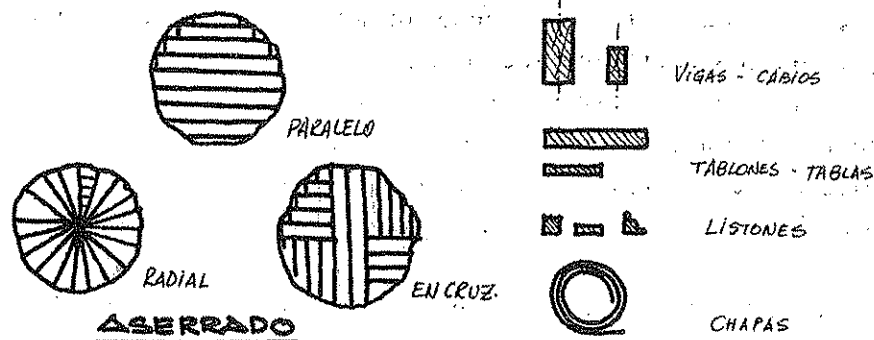


Fig. 88: Aserrados y Escudrías

Desde el primitivo desbastado a hacha del rollizo y el uso de instrumentos manuales para su aserrado, tallado ó escuadrado, las herramientas han evolucionado hasta las sierras y cepilladoras automatizadas actuales, que han permitido la racionalización de los cortes del rollizo (sistemas paralelos, radiales, en cruz, etc.), y la provisión de una amplia gama de escudrías (vigas, cabios, tablas, listones, etc.).

Asimismo, se han desarrollado nuevos productos de origen industrial que maximizan su completa utilización, basados en la impregnación con resinas sintéticas y prensado en caliente a altas presiones de listones, virutas, astillas, etc., aportando tableros de madera aglomerada, contrachapada y compensada.

Las Uniones :

Las antiguas técnicas de unión eran de diversa y compleja factura artesanal: empalmes y encastres a media madera, a inglete, a caja y espiga, a cola de milano, etc: mediante clavijas, cuñas, tacos, tarugos, rebajes y perforaciones talladas manualmente en la madera, apoyadas en una capacitada mano de obra artesanal.

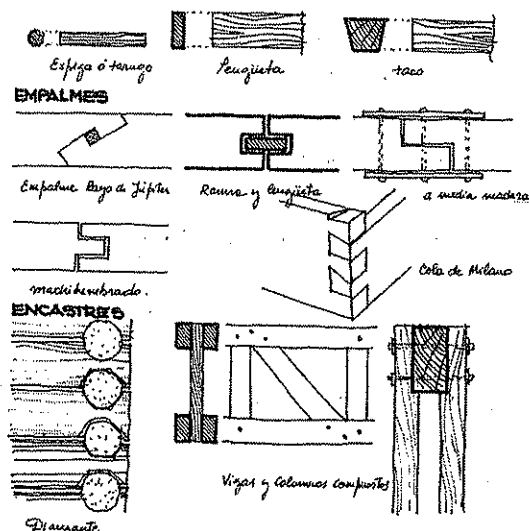


Fig. 89: Encastres

En cambio, las modernas técnicas de unión mediante clavos, pernos, pletinas, conectores, así como el reemplazo de las colas de origen orgánico (vegetal ó animal) por nuevas colas y adhesivos sintéticos a base de resinas ureicas, han transformado el trabajo de la madera, aumentando sus apli-

caciones y la velocidad de ejecución.

Además de las tradicionales mencionadas anteriormente, que se seguirán aplicando selectivamente de acuerdo a casos especiales, las **Modernas Técnicas de Unión** son las siguientes:

- **Clavaduras:** con un número grande de clavos racionalmente distribuidos según su cálculo bajo normas estrictas, con los clavos trabajando **al corte** de forma similar a las roblonaduras metálicas. Los clavos se colocan generalmente "en tresbolillo" para distanciarlos entre sí lo más posible, de modo de evitar las típicas rajaduras que se producen al colocarlos. Otra forma de evitar esto es utilizar clavos cilíndricos sin punta.

UNIONES DE HIERRO

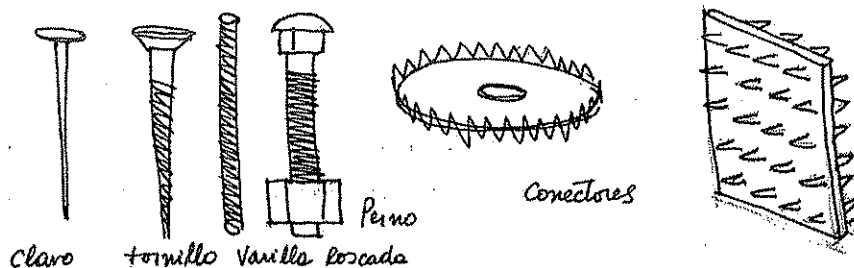


Fig. 90: Clavos, tornillos, conectores

- **Conectores:** Son elementos metálicos, planchuelas ó chapas estampadas de dentado simple ó doble, de muy diverso diseño, que muerden los elementos de madera asegurando una unión muy sólida, impidiendo los deslizamientos recíprocos. Algunos de ellos son colocados con prensas hidráulicas, y sirven tanto de medios de unión entre las piezas (Sistema Gag Nail) como de elementos auxiliares para la unión con bulones. Asimismo, hay diversos **Anclajes para uniones** realizados en metal, tales como soportes, en ángulo simple ó doble, cruces y encuentros de diferentes elementos, asegurando la unión en dichos puntos.

- **Encoladuras:** favorecidas por la continuidad estructural, las Encoladuras son las más rígidas de todas las uniones. Su técnica es similar a las clavaduras, pero de ejecución más simple y a la vez, más resistente. Se han dejado de usar las colas orgánicas, de origen vegetal ó animal, para pasar a usarse definitivamente las colas sintéticas. Asimismo, existen en desarrollo nuevos métodos de encoladura eléctrica, que han dado resultados aún superiores.

El Diseño Estructural :

El diseño estructural ha evolucionado desde el conocimiento empírico al cálculo exacto de sollicitaciones y tensiones según la Estática y Resistencia de Materiales, permitiendo superar las iniciales limitaciones de medida, de largos y secciones disponibles, impulsando el uso de formas compuestas por elementos de pequeña longitud y sección, aumentando enormemente -a igual cantidad de madera- los momentos de inercia de las piezas y las luces a cubrir.

Estos avances han permitido realizar estructuras de madera análogas a las triangulaciones metálicas, todo tipo de cabriadas, vigas reticuladas, etc., así como también vigas y columnas laminadas de alma llena de las magnitudes que se deseen.

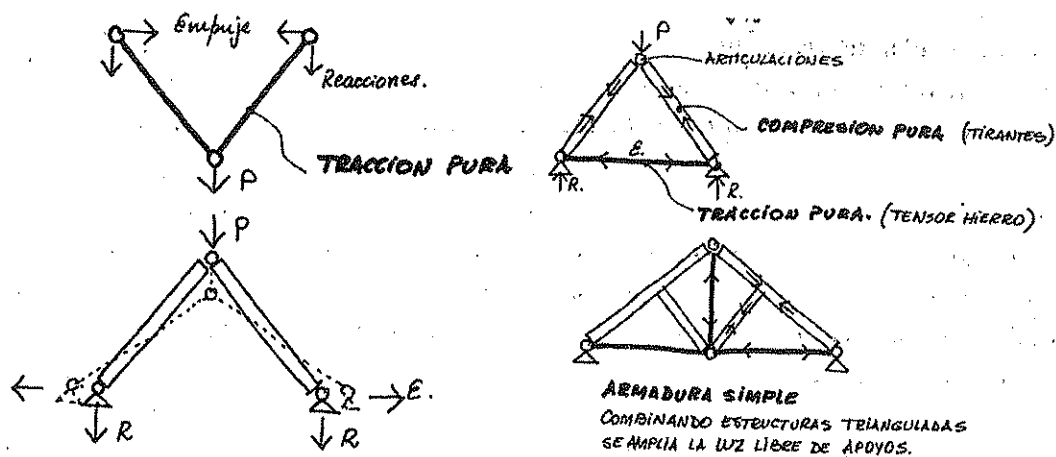


Fig. 91: Triangulación

La diversa interrelación de estos tres factores según el desarrollo histórico ha dado pie a una evolución que ha pasado por diversas etapas de tecnología constructiva, de las cuales se destacan las siguientes:

El Braced Frame: (de desarrollo en la edad media Europea), como un sistema constructivo basado en una estructura independiente en base de columnas y vigas de gran sección y arriostramientos diagonales, artesonados de pisos y techos, con una gran riqueza de encastres de unión, complementos de hierro, etc., producto de una mano de obra artesanal altamente especializada y de gran calidad.

Balloon Frame Americano, sistema que resuelve el problema de la necesidad de producción masiva y la falta de mano de obra capacitada, mediante la incorporación de los adelantos de la incipiente industrialización, como son el aserrado mecánico y la producción barata y a granel de clavos, tornillos, etc., creando un sistema de entramado modular de listones y tablas de pequeña escuadría, clavados entre sí como estructura, y tablas como cerramiento, ó con el más reciente desarrollo de tableros aglomerados de madera ó yeso.

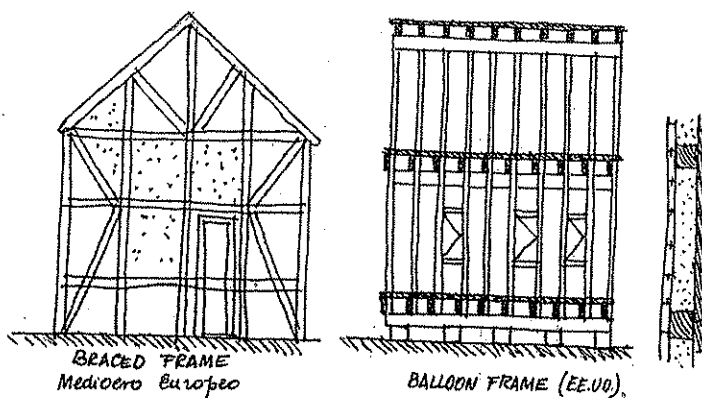


Fig. 92: Braced y Balloon Frame

Las Tecnologías más recientes, Basadas en los métodos de cálculo logran el máximo rendimiento estructural con la mayor economía del material, impulsando el uso de formas compuestas, análogas a las metálicas, así como el uso de "nuevas maderas" de producción industrial.

Superando las limitaciones del largo de las maderas naturales, se realizan estructuras de grandes

vigas de alma llena de "madera compensada" de eje recto ó curvo, mediante el encolado de tablas ó listones de pequeña sección y el uso de tableros compensados, reemplazando las colas naturales por adhesivos sintéticos (en base a resinas ureicas). Estas estructuras permiten "compensar" el trabajo anisótropo de la madera cruzando el sentido de sus fibras en ambas direcciones y variar las dimensiones de la sección según las magnitudes de la sollicitación, aproximándolas a la resistencia uniforme.

Estas estructuras se comportan de manera análoga a las metálicas y pueden usarse de la misma manera, compitiendo exitosamente con las modernas estructuras metálicas y de hormigón armado, para aplicaciones antes impensadas en construcciones de madera : hangares, tribunas, cubiertas de gran magnitud sin apoyos intermedios, etc.

d - Utilización

Hoy día, La utilización de la madera es muy variada:

Como Estructura de Sostén es universalmente utilizada para resolver el problema de **La Cubierta**: su óptima resistencia a la flexión y su liviandad ha permitido la realización de todo tipo de techos, desde los techados simples a una sola agua, constituido por cabios ó tirantes de sección conveniente (elementos lineales tendidos regularmente a corta distancia entre dos líneas de apoyo (Vigas, muros de carga, etc.), hasta cubiertas más complejas de varias aguas, con estructuras trianguladas principales llamadas **Cabriadas** ó armaduras, colocadas a intervalos mayores, y estructuras secundarias (Correas) cubriendo en el sentido ortogonal a las primeras las luces menores. Elementos de madera de menor cuantía cumplen las funciones terciarias ó de sostén particularizado del material de cubierta (chapa, tejas, etc.) tales como clavaderas, alfajías, bulines, etc.

Es asimismo muy utilizada en todo tipo de **Aberturas**: puertas, ventanas, carpinterías integrales, así como en postigos, cortinas de enrollar, dispositivos de oscurecimiento, etc.

Como material de **Revestimiento**, es excelente por sus cualidades ambientales, térmicas y acústicas. Actualmente hay una gran variedad de revestimientos industrializados de fibra de madera aglomerada, disponible en paneles, tableros, etc. de diversos acabados y espesores, que se utilizan como revestimientos acústicos, cielorrasos, tabiques divisorios, etc. y especialmente en mobiliario.

4.3 - El Hierro

a - Composición

El hierro —como a la mayoría de los metales— no se lo puede utilizar solo, por lo que se lo combina con otros elementos en las denominadas **Aleaciones**, para conseguir determinadas propiedades. La Materia prima para la obtención del acero es el **Arrabio**, una aleación de hierro y carbono, que mejora sustancialmente sus propiedades mecánicas. El contenido de Carbono de la aleación define sus características principales:

Los de bajo contenido de carbono

(hasta 1,76 % de C.) se denominan **Aceros Dulces**, siendo su propiedad principal la posibilidad de su conformación en frío ó caliente: su **FORJABILIDAD**. Dentro de dicho rango (< 1,76%), los de más bajo contenido de Carbono son más **Dúctiles** y menos resistentes, y a la inversa, los de alto contenido son más resistentes y tenaces, es decir que poseen la propiedad de admitir después del

período proporcional ó elástico un amplio período plástico antes de romperse.

Dentro de los aceros de construcción, además de con el Carbono el hierro puede ser combinado con otros elementos, tales como el Manganeso, el Cromo, el Silicio y el Cobre, que le confieren mayores resistencias y aumentan su límite elástico, siendo este último aspecto el más importante porque permite aumentar la carga de seguridad admisible para su cálculo. (p/ej.: Aceros A52)

Los de alto contenido de carbono

(> 1,76% de C.) se denominan **Fundiciones**, y sólo se los puede emplear en piezas previamente coladas. Si bien son más resistentes, al contrario que las anteriores son poco tenaces ó más frágiles, es decir, que cuentan con un reducido periodo plástico, razón por la cual se rompen rápidamente sin admitir deformación previa, siendo aptos sólo para estructuras estáticamente determinadas, sin compromisos de continuidad estructural. Su uso portante en edificios, de gran predicamento hasta fines del S. XIX, ha sido sustituido por el uso de perfiles de acero.

Aleaciones livianas:

Además del hierro, se ha producido desarrollos de la Metalurgia relativamente recientes (desde principios del S. XX) de aleaciones metálicas no ferrosas cuyos principales componentes son, el **ALUMINIO** ó el **MAGNESIO**. Sus características principales son su bajo **Peso Específico** (unos 3.000 kg/m³ contra los 7.000 kg/m³ del acero), los que las hace más livianas, aunque su resistencia es aproximadamente 1/3 de la del acero, y con una elevada **Plasticidad**, con un pasaje del período elástico al plástico suave y gradual, sin debilitamiento propiamente dicho.

b - Propiedades

Resistencia:

El Acero es un material de gran resistencia mecánica, tanto a la tracción como a la Compresión y al Corte, y por lo tanto a la Fexión. Su comportamiento es **Isótropo**, es decir, que responde de igual manera en cualquier dirección. Posee una gran **Elasticidad**, es decir, una gran capacidad para absorber deformaciones y recobrar su forma primitiva sin deformaciones permanentes, a la que suma un amplio **Periodo Plástico**, en el cual -manteniendo las deformaciones- continua absorbiendo carga hasta la rotura, lo cual permite prever su colapso. (excepción hecha -como se dijo- de la fundición de hierro). Es por todo ello, un excepcional material estructural.

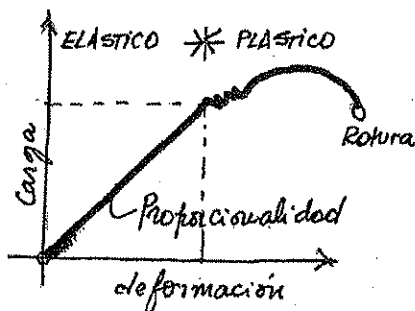


Fig. 93: Diagrama de tensión y deformación del Acero

Trabajabilidad:

Mediante calentamiento y deformaciones plásticas, permite conformar distintos tipos de elementos de acuerdo a las diferentes necesidades, que lo llevan a las formas finales que provee la industria:

- **El Forjado**, donde se lo conforma por golpes, en frío ó en caliente.
- **La Laminación**, que es el pasaje del metal a través de cilindros laminadores, obteniéndose los llamados Perfiles Normales, las Chapas, Planchuelas, y Barras para Hormigón.
- **Caños con ó sin Costura**, que de acuerdo a la menor ó mayor exigencia estructural, se los obtiene curvando y soldando una chapa, ó por un procedimiento especial que combina laminación con extrusión.
- **El trefilado**, que es la constitución de cables estructurales a partir del trenzado de muchos hilos de material.
- **La Fundición**, que es el colado del hierro en estado fluido dentro de moldes.

Son de notar sin embargo algunos inconvenientes que deben ser considerados:

Corrosión:

Su resistencia a la acción destructiva por acción química ó electroquímica causada por agentes corrosivos, tales como el agua, (en todas sus formas), las atmósferas contaminadas, los gases y líquidos químicos, etc., es muy baja. Para evitarla se han desarrollado diversas formas de protección : una de ellas es la aleación del acero con el Cromo ó con el Cromo-niquel, la que da los **Aceros inoxidables**. La otra es el **Galvanizado**, un procedimiento de protección donde electrolíticamente ó por inmersión se lo recubre con una capa de zinc.

Además de estos factores, se debe tener en cuenta el contacto del hierro con materiales incompatibles que lo degradan a través de reacciones electroquímicas, tales como **la acción galvánica** que se produce entre dos metales distintos sin proteger, lo que motiva la corrosión preferencial de uno de ellos (que actúa como Ánodo).

Asimismo, el hierro es protegido de la oxidación por el cemento (hecho verdaderamente "afortunado", dado su íntima relación en la composición del Hormigón Armado), pero es atacado por las sales, así como los sulfatos solubles contenidos en la mampostería, los suelos, etc.

Acción del Fuego:

Sometido a altas temperaturas bajo tiende a fluir, y por lo tanto, a una rápida pérdida de resistencia que lo hace colapsar (aprox. A los 700 grados C.). Las piezas de Acero de Fundición se comportan mejor que las de Acero, pero al ser enfriadas bruscamente se rompen rápidamente. Es necesario entonces prever protecciones contra la acción del fuego, razón por la cual las primeras estructuras de acero de edificios en altura, fueron recubiertas con mampostería ú hormigón. Hoy se producen aceros que presentan una mayor resistencia al fuego, por el agregado de algunos elementos tales como el Cromo, el Tungsteno, el Silicio, el Molibdeno y el Cobalto, pero son de muy alto costo, razón por la cual se recurre habitualmente al uso de productos especiales de recubrimiento que protegen el alma resistente de la estructura, sin necesidad de ocultarla. Los elaborados detalles de Mies van der Rohe para el Seagram Building y el Alumni Hall muestran la preocupación por proteger las estructuras resistentes de acero mediante envolventes de hormigón, manteniendo al mismo tiempo la apariencia de una estructura de acero.

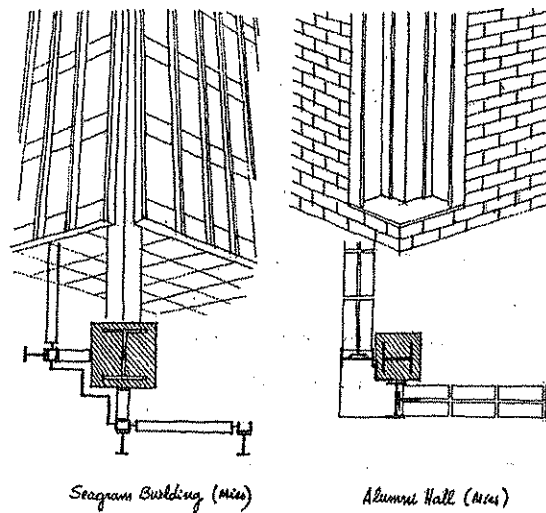


Fig. 94: Seagram Buildingy Alumni Hall - Mies

c - Diseño Estructural

Su alto costo de producción comparado con otros materiales de construcción ha impulsado el diseño de diversas soluciones buscando los mejores rendimientos estructurales con el mínimo de material necesario, aprovechando para ello las posibilidades de su factura industrial, controlada y exacta, y el desarrollo de métodos científicos para el análisis de su comportamiento estructural, su diseño y su cálculo. Esta característica se ha convertido en la marca distintiva del diseño de estructuras en la era industrial, y donde han puesto más empeño sus más destacados proyectistas.

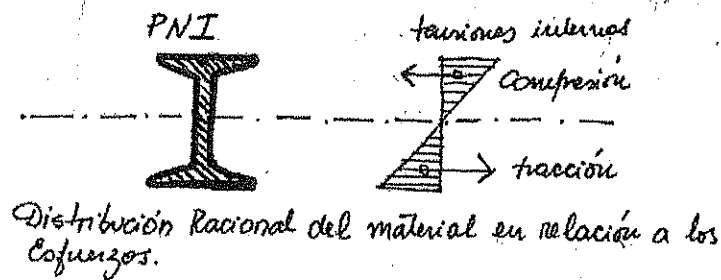


Fig. 95: Flexión : Tensiones internas

Desde el estudio de las distribuciones internas de las tensiones (Resistencia de Materiales) que ha permitido, por ejemplo, el diseño del Perfil Normal "doble T", hasta los desarrollos estáticos que han posibilitado ampliar enormemente las luces a cubrir, se han desarrollado una gran variedad de estructuras **trianguladas** que desarrollan en sus barras sólo esfuerzos simples de compresión y tracción, ó **estructuras espaciales** (estereoestructuras), que lo hacen en las tres dimensiones del espacio, más todas las aplicaciones estructurales del hierro asociado con el hormigón (prefabricación, pre y postensado, etc.), Cáscaras y estructuras tensadas y colgadas en base al uso de cables de acero, etc.

DISEÑO ESTRUCTURAL

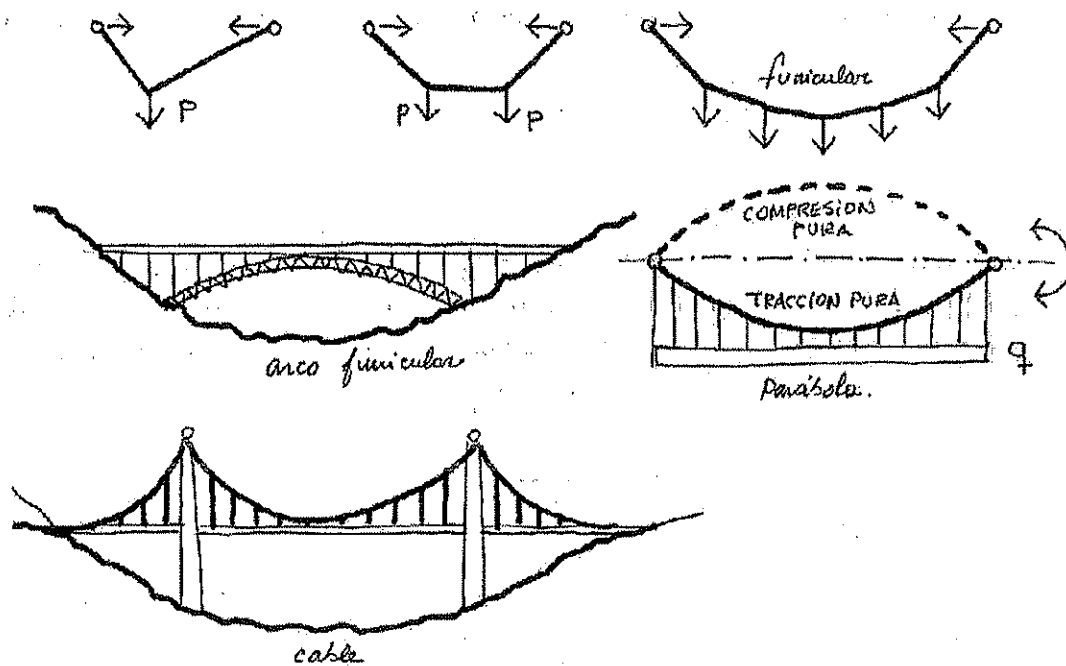


Fig 96: Funicular y Antifunicular

En esta evolución se pueden distinguir dos grandes períodos en el diseño y construcción de estructuras metálicas:

- Un primer periodo de Estructuras **"Remachadas y Roblonadas"** donde la tradicional "Alma Llena" de la viga maciza es reemplazada por estructuras "Caladas" de diversa forma, (Cabriadas, vigas y arcos reticulados, etc.), mediante una serie regular de mallas triangulares constituida por un gran número de pequeños elementos principales y accesorios, trabajando a tracción o compresión, unidos entre sí por remaches y roblones.

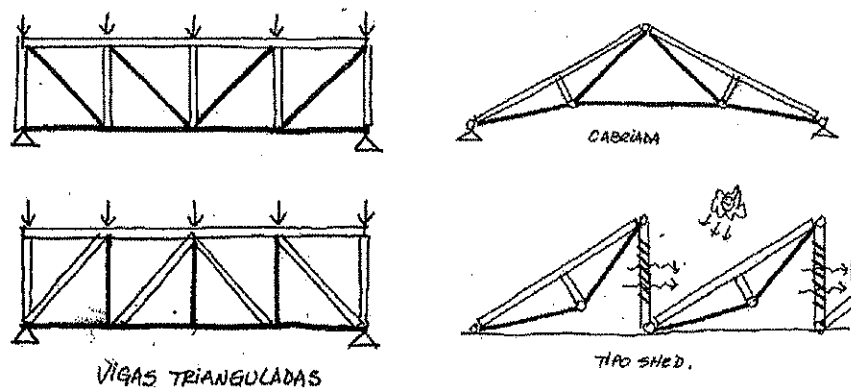


Fig. 97: Cabriadas y Reticulados

- Un segundo período, el actual, en el que aún las mas grandes estructuras presentan un aspecto simple, lineal, de pocos elementos unidos entre sí con perfecta continuidad mediante **"Soldaduras"**, constituyendo Estructuras de tipo "Aporticado de Alma llena" mediante perfiles

y planchas de acero, aprovechando las ventajas de la Continuidad que le aporta la soldadura en lugar de la estricta descomposición de la flexión en esfuerzos simples del período anterior.

d - Técnicas de Unión

Hasta el advenimiento de la Soldadura, la construcción en acero desarrolló sus técnicas de unión alrededor de la resolución del **Nudo**, que reúne las distintas barras traccionadas ó comprimidas y las vincula con la ayuda de **cartelas** (Elementos auxiliares de planchuela de hierro), perforándolas y uniéndolas mediante elementos cilíndricos de hierro roscados ó golpeados, los roblones y remaches característicos de esta etapa, **sometidos a esfuerzos de corte**.

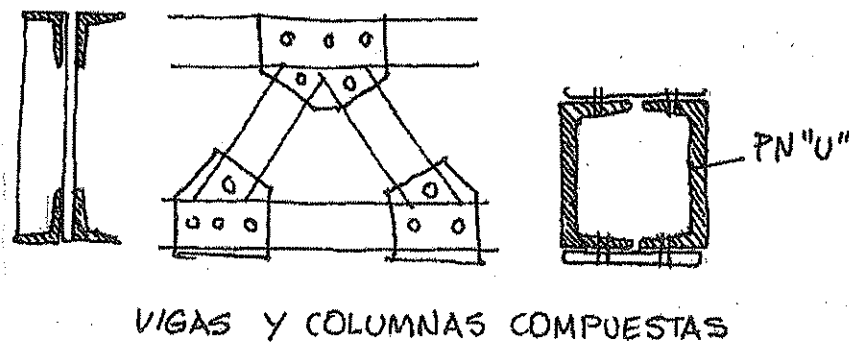


Fig. 98: Remaches y Roblones

Los Remaches ó Roblones:

De acero dulce, dúctiles, colocados **en caliente**, se encogen al enfriarse oprimiendo las planchas, y creando un efecto de rozamiento que contribuye a la unión. Si son colocados **en frío**, en cambio, trabajan solo por corte. El diámetro de tales remaches esta dado en función de las planchas que hay que unir que deben ser fijados por el cálculo del esfuerzo cortante, así como su cantidad necesaria y espaciado que, como máximo, deberá ser mayor a treinta veces el espesor de la plancha mas delgada a unir.

Roturas:

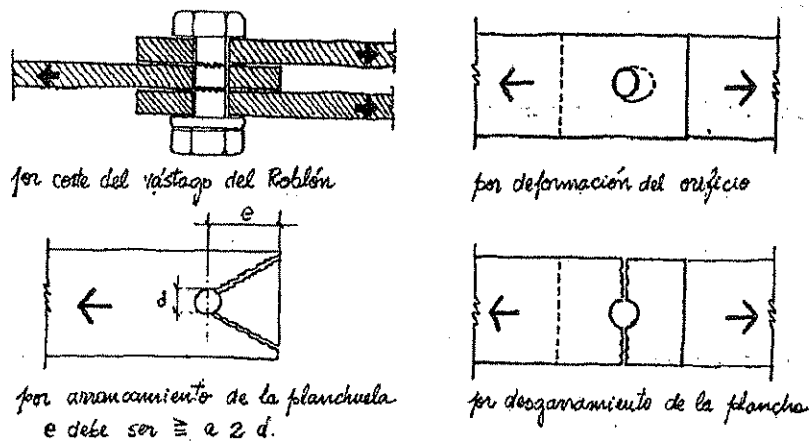


Fig. 99: Rotura de Remaches por corte

La rotura de las uniones hechas con Remaches ó pernos puede producirse:

- Por arrancamiento de la plancha
- Por deformación del orificio.
- Por corte del vástago del roblón
- Por desgarramiento de la plancha

Los Pernos ó Bulones:

Son empleados excepcionalmente cuando se desea dejar abierta la posibilidad de desarme de la estructura, ó cuando el espesor de las piezas a ensamblar excede 4,5 veces el diámetro del perno. En todos los casos, la parte roscada no debe penetrar en el interior del ensamble, deteniéndose en las arandelas que evitan que el perno se afloje.

Es de hacer notar que a pesar de que en las estructuras trianguladas las tensiones (tracción, compresión, etc.) son de simple determinación, en la proximidad de estas uniones, en los extremos de las barras, en las cartelas, tanto en los agujeros como en los cilindros de conexión ó a lo largo de las soldaduras, se producen a menudo complicados cuadros de tensión producto de la combinación de esfuerzos, que pueden llegar a sobrepasar el máximo admisible y que por lo tanto es necesario tener en cuenta con suma atención.

La Soldadura:

Permite la fusión parcial entre dos metales a lo largo de la superficie de contacto, y viene a eliminar toda una serie de inconvenientes que presentaba la tecnología de unión anterior, todo el complejo montaje de piezas accesorias, cartelas, cantoneras, cubrejuntas, etc. que eran indispensables en la Roblonadura.

Aunque las soldaduras también se hallan sometidas al esfuerzo de corte, la intimidad de la unión, cuasi-monolítica, reduce los complejos cuadros de tensiones que se generaban alrededor de los agujeros del Roblonado. Asimismo, ahorra material al eliminar piezas accesorias y al permitir la colaboración estructural.

Las Soldaduras entre piezas metálicas pueden ser de diferentes tipos, según sean las formas en que los diferentes elementos metálicos a unir se dispongan entre sí:

- **a Tope** cuando una pieza debe ser continuación de la otra.
- Según el tamaño de dichas piezas a unir, sus caras en contacto pueden ser rectas (para tamaños menores a 5 mm.), achaflanadas en una cara (entre 5 y 12 mm), ó en las dos caras (mayores de 12 mm.)
- **de Angulo** cuando las piezas a unir se disponen perpendiculares ú oblicuas entre sí.
- **de Recubrimiento** cuando se unen dos piezas superpuestas
- Es importante también la longitud del **Cordón de soldadura**, que según algunos reglamentos no deberá ser menor de 40 mm., estando sujeto a la profundidad de penetración.
- **En Taller**, la soldadura se realiza por fusión directa de las piezas estructurales (sin material de aporte) mediante la llama oxi-acetilénica (Soldadura autógena).
- **En obra**, es frecuente la soldadura eléctrica por Arco Voltaico, con incorporación de material de aporte, y mediante puntos y cordones de soldadura.

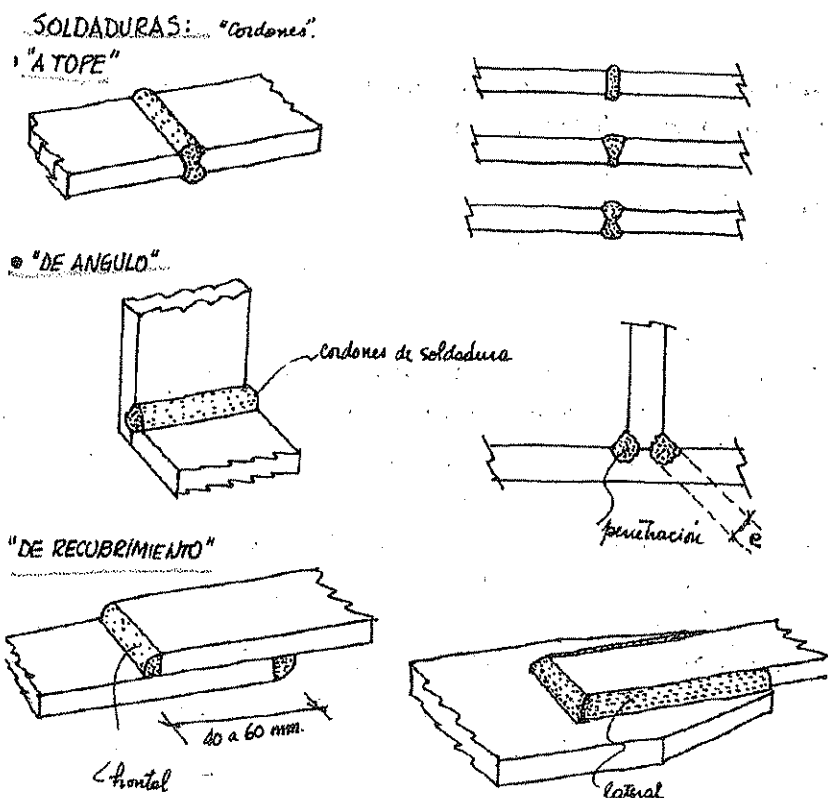


Fig. 100: Soldaduras

e - Usos y Disponibilidad

Para uso estructural, se han desarrollado los denominados **Perfiles Normales I, L, T y U**, de dimensiones normalizadas, que complementados con planchuelas, barras y tensores son utilizados para la realización de todo tipo de cabriadas, vigas y arcos reticulados, etc. de grandes dimensiones (p/ej. "Galería de las Máquinas", Constantin y Dutert, en la Expo universal de Paris de 1879) aplicando, como ha sido dicho, los principios de triangulación y descomposición de las fuerzas. Igualmente son utilizados para estos fines **Chapas conformadas, caños y tubos estructurales** con y sin costura.

Estos mismos productos, Perfiles Normales, chapas dobladas y tubos son utilizados para realizar todo tipo de carpinterías de cualquier dimensión. Asimismo se han desarrollado gran variedad de **plegados de chapa** de diferentes dimensiones y perfil, de manera de acrecentar su rigidez para su utilización como Cubiertas, desde la chapa ondulada común hasta las llamadas "autoportantes", es decir, las que no requieren de una sub-estructura para su sostén, todas ellas con su correspondiente protección de la oxidación mediante procesos de Galvanización, pinturas especiales, etc.

Se destacan, además el desarrollo de **Barras de acero redondo, lisas ó estriadas**, éstas últimas de mayor resistencia y tenacidad que los aceros dulces, para su utilización como "Armaduras de Tracción" de las estructuras de hormigón armado, así como diversos tipos de **Alambres y Cables**, para usos estructurales en estructuras colgadas, prefabricadas, etc. y no estructurales.

CILT

PERFILES NORMALES

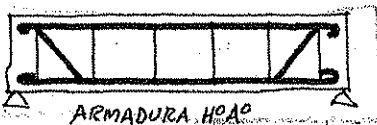


FIG. 5



Fig. 101: Disponibilidad

4.4. – Hormigón

a - Composición

Como dijimos, El Hormigón es un material de construcción artificial, resultante del endurecimiento dentro de moldes de contención de una mezcla fluida de **Aridos gruesos** (piedras, gravas) y **Finos** (arenas), un **Aglomerante hidráulico** (generalmente el **Cemento**, que endurece en presencia del agua como el componente fundamental que le da cohesión), y el **Agua de Amasado**, en cantidad necesaria y suficiente para que la reacción química del cemento se realice.

Granulometría:

Como "Piedra Artificial" que es, la **Complementación Granulométrica** de sus componentes es esencial, pues de ella dependerá su densidad y compacidad, fundamental para la resistencia. En efecto, los vacíos que dejan entre sí los agregados más gruesos deberán ser ocupados progresivamente por los más finos, y todos ellos ser recubiertos por una pasta de cemento y agua, que al fraguar (mediante la reacción química aludida entre el agua y el cemento), los cohesionan.

DOSIFICACION

FIG. 1

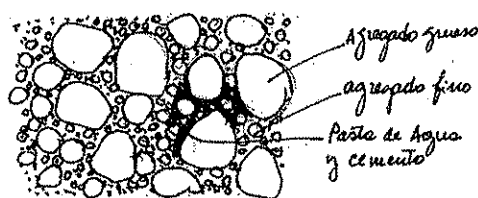


Fig. 102 : complementación granulométrica

Dosificación:

Como se comprenderá, las posibilidades que brinda el hormigón de variar a voluntad **las dosificaciones** de sus componentes, de incorporar otras sustancias con fines específicos y de realizar ensayos y verificaciones sobre "muestras", permite concebir una gran variedad de hormigones de acuerdo a necesidades específicas: menor ó mayor resistencia, aislación térmica e hidrófuga, resis-

tencia a agentes químicos específicos, diversas apariencias, etc., así como retardar el frague incorporando aditivos, mejorar su trabajabilidad, incorporar aire a su masa, etc. De esta manera es posible concebir un "proyecto" racional e intencionado del hormigón necesario, teniendo en cuenta especialmente algunos factores principales que inciden en su constitución:

- **La Cantidad de Cemento**, expresada en Kg/m³, que generalmente se utiliza para medir la resistencia característica del hormigón. Según este parámetro, se los puede clasificar en "Hormigón Pobre" (de 150 kg. de cemento por m³ de Hormigón), ú "Hormigón estructural", (de 300 a 400 kg. de cemento por m³ de Hormigón).

- **La Cantidad y Calidad de los Aridos**, (Agregados gruesos y finos, en m³ por m³ de Hormigón), consignando, de acuerdo a las distintas partes estructurales (bases, columnas, vigas, etc.) sus diámetros máximos. (por ejemplo: 38 mm. para losas y vigas; 12,5 mm. para pilotes, etc.)

- **La Cantidad de Agua de Amasado**, en función de la relación Agua-Cemento que se describirá más adelante.

- Estos factores interrelacionados son los que darán las características principales de los Hormigones proyectados.

b - Aridos

Como vimos, la resistencia del Hormigón es proporcional a su densidad, y ésta depende de la menor cantidad de huecos en su interior. Por su parte, la cohesión entre los granos del árido deberá ser asegurada por el cemento, que los debe unir entre sí, de modo que, de un buen ajuste entre los diferentes granos (gruesos y finos) de los agregados dependerá la cantidad necesaria de cemento para darles cohesión. De ello se comprende la necesidad de realizar un análisis de la composición granulométrica del hormigón para determinar el tipo de dosificación conveniente. Así, por medio de tamices vibratorios se separan y clasifican los distintos agregados (Arenas, gravillas, gravas) para su utilización de acuerdo a la composición proyectada:

Agregados Gruesos:

Deben ser de buena calidad petrográfica, es decir, sólidos, duros y limpios, libres de arcillas, yesos ó tierras que afectan el fraguado del cemento y favorecen la oxidación de las armaduras. Pueden ser extraídos de los suelos en su forma natural (cantos rodados) ó triturados en canteras, en cuyo caso deben ser previamente lavados para eliminar el polvo de trituración. Su diámetro influye mucho en el correcto llenado del molde, en particular entre las armaduras, razón por la cual su diámetro máximo (salvo para casos especiales) deberá ubicarse entre los 8 y los 30 mm. para losas y vigas, y de 12,5 mm. para pilotes. Su "peso del litro" varía entre los 1,75 y 2 kg/litro.

Agregados Finos:

Son en general, arenas naturales producto de la desintegración de rocas, extraídas del lecho de ríos, lagos, etc, aunque también pueden ser producto de la trituración de cascotes de arcilla cocida (polvo de ladrillo), de excelentes propiedades plásticas. De un diámetro comprendido entre los 2 y 8 mm., su "peso del litro" es de entre 1,45 a 1,7 Kg./litro, pero varía mucho según su tenor de humedad, pudiendo contener hasta un 20% de su peso en agua.

c - Aglomerantes

Genéricamente se denominan "**Aglomerantes**" a los productos cuya propiedad fundamental es la de adherir a ciertos materiales entre sí mediante una reacción físico-química específica. Según su procedencia, pueden ser "**Naturales**", cuando provienen de la calcinación de una piedra natural, sin otro aditamento (los Cementos naturales; la piedra caliza para la cal; la piedra de yeso para el yeso, etc.), ó "**Artificiales**" cuando provienen de mezclas de diferentes piedras cuidadosamente dosificadas (Cementos Portland; Cales con otros elementos, etc.)

A su vez, y de acuerdo al Medio en el que se produce la reacción físico-química que da origen al frague, pueden ser divididos en "**Aéreos**", cuando sólo fraguan en presencia del aire (la Cal pura sin arcillas; el Yeso;) ó "**Hidráulicos**" cuando, merced a las propiedades reunidas de las Calizas y las Arcillas, le permiten fraguar tanto al aire como bajo agua. (Cementos; cales hidráulicas). Cuando la Caliza es combinada con un material más rico en alúmina, como la Bauxita, se entra en la categoría de los "**Cementos**". Por su importancia en la constitución del Hormigón, nos referiremos aquí a los aglomerantes hidráulicos conocidos como "**Cementos**".

Cemento Portland:

El Cemento más universalmente usado es el denominado **Cemento Portland**, material que se obtiene mediante la calcinación, hasta la fusión, de una mezcla de Cales y Arcillas Silicosas, la que luego de su molienda fina (Clinker) puede ser usada mediante la hidratación como Aglomerante, desarrollando un gran poder ligante. Su "peso por litro" varía entre los 0,900 y los 1,25 Kg/dm³, con un Peso Específico de 3,1 Kg/dm³.

A una temperatura media de 18 grados C., el proceso de Fraguado no debe empezar hasta 2,5 horas después de su mezclado y su fin debe ser a las 15 horas después de preparado, pero es muy importante la temperatura ambiente, la cual puede acelerar ó retardar indefinidamente su frague. Por esta razón, a temperaturas mayores a los 30 grados C. ó menores a -5 Grados C. bajo cero, se deberá evitar su colocación.

Asimismo, su conservación variará según las condiciones de humedad en las que se encuentra almacenado: es posible conservarlo durante un año en locales secos y frescos, envasado en sus bolsas de papel de 50 kg. y apilados cuidadosamente para evitar la penetración y acumulación de la humedad, pero a cielo abierto (protegido de lluvias y corrientes de aire) sólo puede conservarse en buenas condiciones 1 ó 2 meses.

Otros Cementos:

Una vez más, es el proceso de Industrialización el que posibilita los materiales que se harán definitivos para las necesidades constructivas modernas, brindando una gran variedad de cementos. Así, además del Cemento común denominado Portland, se han desarrollado distintos tipos para adecuarse a necesidades variadas:

- **Cementos Puzzolánicos:** Son cementos realizados con tierras volcánicas (ricas en sílice y alúmina) combinadas con cal, aptos para trabajos bajo agua de mar, para fundaciones en terrenos húmedos que contengan sales agresivas, o para sufrir la exposición a cualquier ambiente químico agresivo.

- **Cementos de Escoria de Hierro:** Son mas económicos que los del tipo Portland y con similar resistencia. Aptos, además, en presencia de aguas marinas.

- **Cementos de Alta Resistencia (Supercementos):** Son cementos de elaboración mas fina y cuidada, lo que aumenta considerablemente su resistencia.

- **Cementos Aluminosos:** Con contenido de Alúmina, son de alta resistencia inicial (en un

día alcanzan lo que el común alcanza en meses) llegando al triple de resistencia que los normales. Además, suman otras ventajas, tales como ser resistentes a aguas marinas, fraguar normalmente a temperaturas inferiores a cero grado y ser refractarios del calor e impermeables.

- **Cementos Blancos:** De menor resistencia que el cemento común, es utilizado para mejorar la apariencia y color de los hormigones a la vista, así como para otros usos relacionados con pisos y revestimientos.

d - Agua de Amasado

Cantidad y Calidad del agua:

Para que la reacción físico-química se produzca en buenas condiciones, es importante considerar la calidad del agua de amasado. Son aptas en general las aguas denominadas potables, siempre y cuando estén exentas de sales, sulfatos y ácidos disueltos en exceso.

De la **cantidad** de Agua de amasado empleada en el Hormigón dependen dos de sus propiedades fundamentales: su resistencia y su trabajabilidad. Las calidades definitivas del hormigón dependen fundamentalmente de la relación adecuada entre las cantidades de agua y de cemento incorporadas a la mezcla.

Teóricamente, a mayor cantidad de agua menor es la resistencia y mayor la trabajabilidad, y a la inversa, a menor cantidad de agua mayor es la resistencia y menor la trabajabilidad; pero además, hay otras propiedades igualmente importantes que dependen de ella, tales como la disminución de la retracción durante el fraguado, la fluencia, la resistencia a las heladas, etc., razón por la cual se considera apropiada una relación agua-cemento menor ó igual a 0,5, pues más allá de este límite las resistencias disminuyen significativamente.

Pero la cantidad de agua de amasado generalmente debe aumentarse en la práctica debido a la necesidad de hacerlo más plástico y trabajable, para evitar que queden huecos deficientemente llenados entre armaduras muy apretadas. De todos modos, este incremento del agua debe ser rigurosamente vigilado sin dejarlo librado al criterio pragmático de los operarios, toda vez que cada litro de agua en exceso destruye 3 kg. de cemento, con la consiguiente disminución de la resistencia prevista.

Relación Agua-Cemento:

De acuerdo al destino de las obras, de sus requerimientos estructurales, de sus condiciones de puesta en obra, etc., se obtienen determinados tipos de hormigón cuyas características principales variarán de acuerdo a la **Relación Agua-Cemento**, y la cantidad de agua con el peso de los áridos secos:

- Hormigones con una relación Agua-Cemento = 0,4 (con 5,5 a 6,5 % de agua por peso de los áridos), nos dará hormigones de una consistencia seca, incoherente, que deberá ser apisonado y compactado, que desarrollan una resistencia máxima a la compresión.

- Hormigones con una relación Agua-Cemento = 0,47 (con el 6,2 a 7,2 % de agua por peso de los áridos secos), nos dará hormigones con una consistencia adecuada para Hormigones vibrados, con una buena resistencia a la compresión.

- Hormigones con una relación agua-Cemento = 0,55 (con 6,8 a 8% de agua por peso de los áridos secos), nos dará hormigones más plásticos, adecuado para armaduras muy densas, con las resistencias adecuadas a las Normas.

Como se ve, sutiles variaciones porcentuales entre unos y otros determinan grandes diferencias de aplicación, por lo que exigen una cuidadosa **Dosificación** y control de su mezclado, y un riguroso control de su calidad y propiedades requeridas mediante **Ensayos** previos a su ejecución. Este material es tan sensible a las variaciones de mezclas que para usarlo en grandes obras es necesario proyectarlo en

laboratorios especializados y fabricarlo en Plantas Industriales, con rigurosos controles de calidad.

e - Propiedades

Resistencia:

Como "piedra artificial" que es, la Resistencia del Hormigón es fundamentalmente a la compresión, pues la resistencia a la tracción representa sólo un 10 % de ese valor, y depende fundamentalmente del contenido de Cemento empleado y de la duración y condiciones en que transcurre el período de endurecimiento. En general, para un período mínimo de endurecimiento de 28 días, los valores de la resistencia a la Compresión coinciden con el contenido de cemento empleado en la mezcla (es decir, que para un hormigón de 300 kg. de cemento por m³ de hormigón se obtiene una resistencia de 300 kg/cm²) aunque en la práctica las resistencias admitidas por los reglamentos se ubican por debajo (para el mismo ejemplo: Resistencia a la compresión a los 28 días de 220 kg/cm²). Así, desde el punto de vista de su resistencia podemos clasificarlos en:

- **Hormigón Pobre, (150 kg/m³)**, es un hormigón de escasa resistencia, y se lo usa para "camas de limpieza", contrapisos, etc.
- **Hormigón de 200 kg/m³**, apto para rellenos y cimentaciones sencillas.
- **Hormigón de 250 kg/m³**, apto para fundaciones, paredes contra tierra y muros de contención.
- **Hormigón de 300 a 400 kg/m³**, apto para todo tipo de estructuras de hormigón armado, garantiza el cumplimiento de las exigencias de las Normas.
- **El hormigón de alta densidad:** Son usados para aumentar considerablemente la resistencia a la compresión, mediante el uso de áridos de muy elevada densidad, tales como las escorias de fundición.

Para otros tipos de propiedades específicas, se han desarrollado otros tipos de **hormigones no estructurales**, modificando algunos de sus componentes:

- **El Hormigón Liviano:** es un hormigón usado en contrapisos de losas y cubiertas, cuya densidad se reduce a 1,5 con el fin de conseguir mayor liviandad y aislación térmica. Constituido por Agregados gruesos y finos de materiales livianos y porosos: (corcho, lana, poliestireno expandido, virutas de madera, escorias, vermiculita, piedra pomez, etc.)
- **El hormigón Celular :** también usado en contrapisos de losas y cubiertas, contiene burbujas de aire ó gas en grandes cantidades. Presentan densidades muy bajas (de 0,8 a 1,3) lo que los hace un excelente aislante térmico. Las burbujas se provocan incorporando a la mezcla un porcentaje mínimo de polvo de aluminio, el que desprendiendo hidrógeno genera las burbujas de aire en el hormigón.

Otras Propiedades:

En general y como resumen, podemos destacar en el hormigón las características principales a las que debe su versatilidad:

- Su **Densidad** de 2,4 lo hace un buen aislante acústico pero un mal aislante térmico.
- Por la misma razón, la adición de hidrófugos al agua de amasado hace de él un buen material **impermeable**, apto para construcciones en contacto directo con el agua.
- Su **coeficiente de dilatación** es muy parecido al del acero, lo que permite asociarlo con él para asimilar esfuerzos de tracción, conformando el Hormigón Armado.

- Con el **correr del tiempo**, el Hormigón aumenta su resistencia considerablemente, así como su Durabilidad, dependiendo esencialmente de su estructura capilar.

- Debido a que su ejecución se efectúa por moldeado de un material fluido que al fraguar se solidifica, es destacable el **monolitismo** que consiguen sus uniones, confiriéndole continuidad a la transmisión de los esfuerzos.

- Además, esta característica de su ejecución permite **diversos acabados de la superficie**, desde el rústico característico del moldeado in situ, con las marcas del molde de madera, hasta acabados más pulidos y perfectos característicos de los hormigones premoldeados, mediante moldes metálicos.

- El cemento, que es su componente principal, **protege al hierro de la oxidación**, haciéndolo apto además para amurar todo tipo de piezas accesorias de ese material, tales como insertos, anclajes, grampas, etc.

- Las posibilidades de variar la dosificación de sus componentes de acuerdo a distintos requerimientos, la sencillez de sus materiales constitutivos, baratos y abundantes, y la relativa baja especialización de la Mano de Obra necesaria, le confieren un alto índice de **Economía**.

- Los inconvenientes que puede presentar están referidos a **su tiempo de endurecimiento, relativamente largo** (salvo que se trate de estructuras de Hormigón prefabricado), **su alto peso**, una **ejecución poco precisa** cuando se trata de hormigón in situ, y las **dificultades de reanudación** de la obra en caso de interrupciones.

4.5. – Hormigón Armado

a - Constitución

El Hormigón Armado es un material artificial que se obtiene asociando el Hormigón con **Armaduras Metálicas**. Como ya fué dicho, el hormigón absorbe bien los esfuerzos de compresión, a un razonable costo a partir de la producción industrial del cemento Portland. Pero su resistencia a la tracción es débil, producto de su constitución de agregados cementados. En cambio las "armaduras", realizadas con barras de acero redondas, lisas ó estriadas, resisten muy bien los esfuerzos de Tracción y de Corte con bajo insumo de material.

Pero además se ha dado la feliz coincidencia de que los **Coeficientes de Dilatación** de ambos materiales son similares, y desde luego, esto le permite que actúen juntos; la forma y posiciones de la armadura de hierro viene dada por las tensiones que debe absorber, de Tracción y de Corte, derivadas de las sollicitaciones a las que se verá sometida el elemento completo, según se deduce de su elástica de deformación.

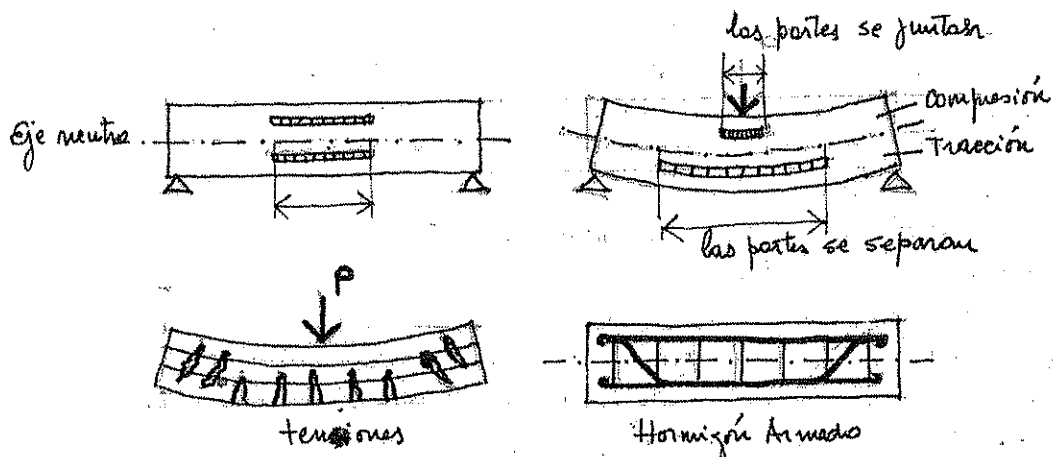


Fig. 103 : armaduras de tracción

Armaduras:

La **Armadura** se constituye en el factor central del diseño de las piezas de Hormigón Armado. Las formas y posiciones de las armaduras de hierro vienen dadas por las tensiones de tracción y de corte que la pieza debe absorber según las solicitaciones determinadas.

Los problemas de dimensionado del Hormigón Armado no son iguales a los de las estructuras de Madera ó Acero, porque el Hormigón Armado es un material artificial compuesto racionalmente por dos materiales diferentes; el Hormigón, duro y frágil, que soporta correctamente sólo compresión, y el Acero, flexible, dúctil y homogéneo trabajando a la tracción. Para asegurar la íntima colaboración de dos materiales tan distintos (donde cobra importancia decisiva la similitud de ambos coeficientes de dilatación), será indispensable garantizar la adherencia entre ambos y la unión efectiva de la parte tensada con la parte comprimida para que trabajen juntos. Las armaduras se denominan:

- **Barras principales de tracción**
- **Barras dobladas para absorber los esfuerzos de Corte.**
- **Estribos que se oponen al Cizallamiento tangencial.**
- **Barras de Montaje ó "perchas" que permiten constituir a la armadura como un todo íntegro antes de hormigonar.**

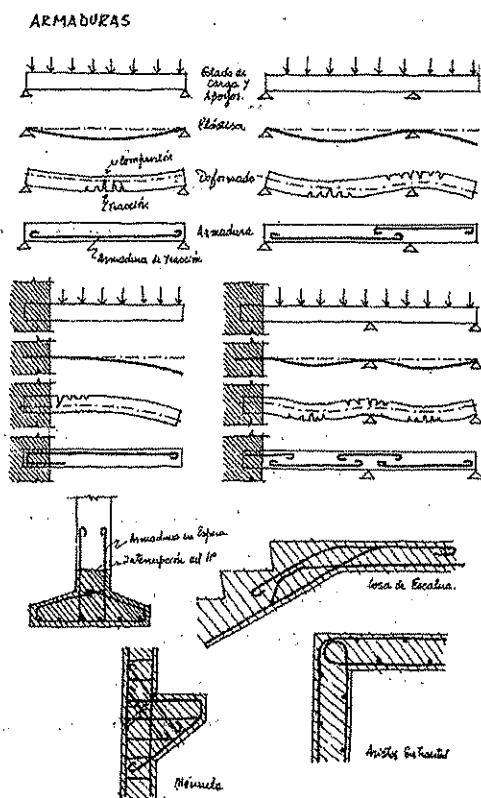


Fig. 104: Tipos de apoyo, deformaciones y armaduras

A título indicativo, se pueden consignar algunos valores de los principales elementos portantes, normales y corrientes, para facilitar su pre-dimensionado en la elaboración de un proyecto:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| - Losas en una sola dirección: | $h = 1/30$ de la luz. |
| - Losas en dos direcciones: | $h = 1/45$ de la luz menor |
| - Losas nervuradas: | $h = 1/25$ de la luz |
| - Vigas asociadas a losas: | $h = 1/15$ de la luz |

- Vigas aisladas:

$$h = 1/10 \text{ de la luz}$$

- La ejecución de las Armaduras correspondientes se realiza paralelamente a la erección del encofrado, sobre él ó sobre bancos de trabajo, con las barras de acero especificadas por sus diámetros y demás características de acuerdo al detalle de los planos y planillas del hormigón, dobladas según técnicas perfectamente determinadas para su mejor anclaje en la masa del hormigón.

Los aceros usados para la elaboración del hormigón armado pueden ser:

- **Aceros redondos ordinarios**, lisos, maleables y soldables, con una tensión admisible de 1400 kg/cm² (Aceros dulces).

- **Aceros estriados**, con nervaduras de diferentes formas que mejoran notablemente la adherencia al hormigón, con una Tensión admisible de 2400 kg/cm² (Según normas Iram IAS - U - 500 - 28 ; acero para armaduras tipo ADN - 420)

- **El doblado de estos hierros** es un aspecto delicado que está especificado por los reglamentos respectivos, a fin de cumplir al menos dos funciones principales: El doblado de las barras principales siguiendo los esfuerzos de tracción y de corte, de acuerdo al análisis y cálculo previo; y el doblado para asegurar los anclajes necesarios en la masa del hormigón, para los empalmes, superposiciones de barras, etc.

Este conjunto, "esqueleto de tracción" del hormigón armado compuesto por las barras principales dobladas, las barras de montaje y los estribos correspondientes, **son soldados ó atados entre sí con alambres y colocados en los encofrados**, cuidando las separaciones necesarias respecto del encofrado mediante separadores de hormigón, de plástico ó de alambre, de modo de asegurar un buen recubrimiento de hormigón para protegerlas de la oxidación. Este **recubrimiento** deberá ser como mínimo de 1 cm. para obras a cubierto y de 2 cm. para obras expuestas a la intemperie. Para una **protección efectiva de la oxidación** que puedan sufrir las armaduras, la dosificación de cemento debe ser, como mínimo, de 300 kg/m³ de hormigón.

b - Diseño Estructural

El Diseño, cálculo y dimensionado del Hormigón Armado es un problema específico de Estática y Resistencia de Materiales que no podemos desarrollar aquí. No obstante, podemos ordenar su comprensión de acuerdo a algunas consideraciones generales, útiles a la hora de considerar en un proyecto el uso de este material.

En primer lugar, debemos configurar el "**estado de cargas**" y detectar y comprender la **distribución de esfuerzos** sobre los diferentes elementos de la estructura, momentos flexores, esfuerzos de compresión, de tracción y de corte, etc., **calculando la magnitud de las solicitaciones**. Cálculo que es, básicamente, un problema de Estática, ó si se considera la colaboración que suponen las uniones monolíticas, de Hiperestática.

En segundo lugar, proceder al dimensionado de los elementos estructurales, que es un problema de Resistencia de Materiales propiamente dicho. Las formas y dimensiones de las secciones se derivarán de **relacionar la acción de las fuerzas con el comportamiento de los Materiales específicos** en función de sus resistencias internas.

La determinación exacta de las formas, dimensiones y Armaduras de una pieza de Hormigón Armado, entonces, surge de un proceso de análisis y cálculo que, grosso modo, se sintetiza en los siguientes pasos:

- 1) Análisis de las cargas actuantes sobre la pieza, de sus vínculos y tipos de apoyo.
- 2) Determinación de las diferentes solicitaciones sobre la pieza: Reacciones de apoyo, momentos flexores, esfuerzos de corte, etc., mediante el cálculo y los diagramas correspondientes.
- 3) Identificación de las secciones donde se producen las tensiones máximas de flexión, compa-

tibles con las tensiones admisibles del Acero especificado (1400 kg/cm² ; 2400 kg/cm² ; otros)

- 4) Dimensionado según los métodos de cálculo
- 5) Cálculo de las armaduras de tracción, estribos y barras oblicuas.
- 6) Verificación de las tensiones admisibles de corte y cizallamiento
- 7) Verificación de la tensión máxima de compresión del Hormigón (60 kg/cm²)
- 8) Eventuales rectificaciones y adopción de la sección y armaduras definitivas.

c - Elaboración y Puesta en Obra

La elaboración y puesta en obra del hormigón armado consiste en una secuencia de pasos que merece especial atención:

Encofrados:

Por su constitución fluida, la mezcla de hormigón no tiene forma hasta que no es vertida en los moldes que la contienen, le dan su forma y la sostienen hasta que se cumpla su fraguado y endurecimiento definitivo. Estos moldes ó encofrados, contruidos especialmente según las formas y dimensiones definitivas del hormigón proyectado, deberá soportar el peso propio de la masa del hormigón sin deformaciones, para no introducir tensiones prematuras a un hormigón "Tierno" en el que aún no se ha cumplido el proceso de endurecimiento. En la ejecución de los encofrados deberán tenerse en cuenta algunos aspectos esenciales:

- El Hormigón en estado fluido **ejerce presión** contra las paredes del molde, similar a la presión hidrostática de un líquido de 2,4 de densidad.

- Dicha presión no depende de la masa ó volumen del líquido, sino únicamente de su altura, según las consistencias (duro; plástico ó fluido). Por lo tanto, los encofrados, sobre todo de elementos verticales de alguna altura, deberán tener en cuenta dichos empujes. (para un encofrado de 1 m de altura, la presión lateral sobre los encofrados varía entre los 1800 a 2400 kg/cm²; para uno de 5 m. de altura, varía entre los 9000 y 12000 kg/cm²)

- El **apeo ó apuntalado**, deberá ser tal que resista las solicitaciones verticales del peso del hormigón y el trabajo de los operarios en obra, estimando una sobrecarga de 300 a 400 kg/m².

- Deberá ofrecer toda la **resistencia necesaria** contra las cargas horizontales, viento, empujes oblicuos, falsas maniobras, choques y vibraciones.

- Los **puntales** deberán resistir el pandeo, la flexión y torsión del molde que soportan. Su distancia entre sí, de acuerdo a las cargas, no será mayor de un metro. Se deberán arriostrar horizontalmente los apuntalamientos (generalmente, con riendas diagonales).

- Los **moldes** contemplarán el **acabado** que se desea dar al hormigón, y prever su desencofrado sin daños para la pieza ejecutada.

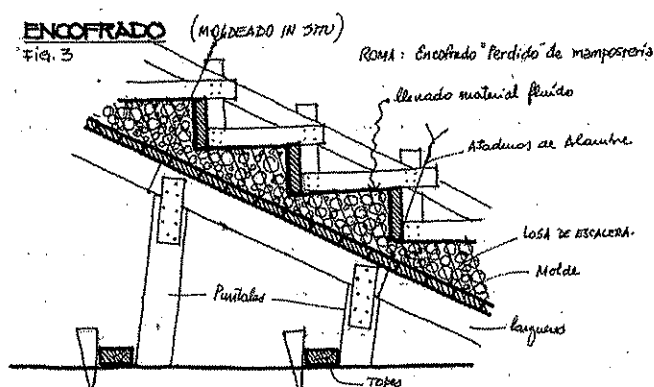


Fig. 105 : Encofrado de una escalera

El problema del Encofrado, entonces, podemos dividirlo en dos aspectos:

- **La Construcción del Molde** propiamente dicho, constituido con tablas de madera, chapas fenólicas, moldes plásticos ó metálicos, etc., que dejará impreso su volumen como vacío en la forma definitiva de la pieza de hormigón y la impronta de su acabado superficial.

- **Los Apuntalamientos**, diversos y necesarios para soportar el peso propio de la masa de hormigón sin deformaciones. Normalmente Puntales, riostras, travesaños, tensores de alambre, etc.

- Además, y para obras de cierta envergadura, hay sistemas de encofrados que permiten mejorar los tiempos, optimizar los rendimientos de la mano de obra, las terminaciones, etc. del hormigón. Son los encofrados corredizos, deslizantes, trepadores, etc., cada uno de los cuales se adecuan a diversos requerimientos de las obras en cuestión.

Mezclado:

Sólo para obras de escasa importancia puede admitirse la mezcla a mano, pero nunca para estructuras de hormigón armado. El mezclado y amasado **debe ser mecánico**, pues mejora la regularidad de la mezcla. Debe realizarse tres veces en seco y 3 con agua mediante palas batidoras, de acuerdo al tipo de maquinaria usada, muy variable según el volumen de obra a realizar. También, en obras de mediana envergadura, es usual contratar la provisión de hormigón elaborado en plantas especializadas, que en las dosificaciones solicitadas es enviado a obra mediante camiones mezcladores.

Tanto en los hormigones elaborados como en los mezclados a pie de obra es importante, a la par de la verificación de las dosificaciones, controlar el tiempo de mezclado para que el fraguado no comience antes de su colocación en los encofrados, teniendo en cuenta además la influencia que las altas temperaturas tienen en este proceso.

Tanto en su mezclado como en su transporte al pie de los encofrados, deberá cuidarse que los diversos elementos componentes del hormigón no se separen y se desagreguen, para lo cual se debe evitar los excesivos zarandeos y vibraciones de los elementos de transporte, yendo lo más directamente posible a su vertido en los moldes.

Vertido:

Los hormigones deben ser puestos en sus encofrados inmediatamente después de su amasado, antes de que comience el fraguado, que depende de las condiciones de temperatura ambiente. El calor seco favorece el fraguado rápido, de modo que el tiempo se reduce a una hora. Con tiempo húmedo y frío el tiempo puede llegar hasta las dos horas, pero las condiciones de transporte también influyen. Un trayecto largo con intensas sacudidas del vehículo favorece la separación de los elementos pesados.

- En el **Vertido del hormigón** deben tomarse precauciones con la altura de caída del material fresco sobre los moldes, reduciéndola a un máximo de 2,5 m. para evitar la segregación de los componentes, que tiene negativas influencias: reducción de la resistencia mecánica por disminución de la compacidad de los elementos; creación de zonas de fuerte porosidad, etc., para lo cual se deben evitar los movimientos bruscos y rápidos, hormigonando por medio de tubos y tolvas, y cuidar su compactación por vibración.

- Cuando por alguna razón se debe **interrumpir la colada** de hormigón, deberá hacérselo en puntos alejados de los momentos flexores máximos y lo más perpendicularmente posible a las direcciones de las tensiones de compresión, así como aumentar la superficie de reanudación mediante disposiciones sesgadas, en pendiente, etc.

JUNTAS

Fig. 5

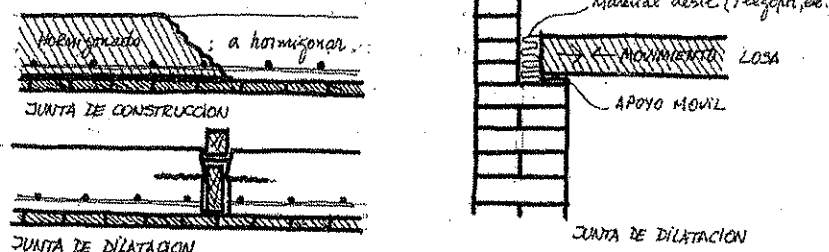


Fig. 106: Juntas dilatación

- En las losas macizas, las juntas de reanudación se sitúan, sin peligro, paralelamente a la dirección de la armadura principal. Además, debe picotearse y limpiarse el hormigón antiguo con cepillo de acero, regar abundantemente con agua y esperar hasta que penetre en su masa. Asimismo, hay productos provistos por la industria para mejorar la reanudación de las coladas, en base a resinas epoxídicas, de tal manera de asegurar un correcto empalme de ambas coladas.

Fraguado:

El Fraguado del Cemento es un fenómeno químico exotérmico, es decir, con desprendimiento de calor. Al hidratarse, los granos de cemento desarrollan progresivamente una fuerte reacción cohesiva, contrayéndose y liberando calor que contribuye a evaporar agua de amasado. El endurecimiento es rápido en una primera etapa, y se prolonga luego lentamente durante años. El agua sobrante es eliminada por evaporación, pero ésta, al disminuir el volumen, genera **Retracción** de la masa del hormigón, que es la causante de las grietas que aparecen en la superficie de las piezas. A título de ejemplo, la retracción de un hormigón de 300 kg de cemento por m³ puede sufrir a los 90 días un retracción de entre 0,3 a 0,4 mm/m.

Asimismo, una desecación demasiado rápida del agua de amasado puede interrumpir la **hidratación del cemento**, con el resultado de un hormigón de resistencia mediocre. Por esta razón, antes de su puesta en obra se debe rociar abundantemente los encofrados con agua y se lo debe proteger de la acción del sol y del viento, causa principal de la desecación prematura. Convendrá por lo tanto proteger al hormigón tierno mediante regadío, protegiendo las superficies con lonas, bolsas ó arena mojada, manteniendo la humedad constante de 3 a 10 días, según las condiciones climáticas reinantes. A este proceso se lo denomina

Curado:

La influencia de las temperaturas reinantes sobre el proceso del fraguado y curado del hormigón es determinante. **Las altas temperaturas**, al favorecer la evaporación del agua de amasado, pueden producir una hidratación incompleta de los granos de cemento por falta de agua, con la consecuencia de una baja resistencia por insuficiencia de cemento. A su vez, **las bajas temperaturas** pueden provocar la congelación de las aguas contenidas en la masa del hormigón fresco retardando ó inhibiendo el proceso de fraguado, ó dejando espacios vacíos en el interior de la masa del hormigón como consecuencia de su aumento de volumen al congelarse. Si esto no es advertido, puede llegar hasta el derrumbe parcial ó total al desencofrar.

Como desde afuera es imposible (salvo instrumental sofisticado) predecir el proceso que se ha llevado a cabo dentro de la masa de hormigón y del que depende enteramente su resistencia, se han establecido **márgenes de temperatura** que encuadran la posibilidad y el modo de realización de las obras de hormigón:

- Como quedó dicho, las altas temperaturas favorecen la desecación prematura del agua de amasado, con las posibles consecuencias de una hidratación incompleta de los granos de cemento. Por ello, cuando la temperatura ambiente **supere los 30 C.**, se debe evitar su colocación.

- De los **10 a los 5 grados C.**, el proceso de endurecimiento se hace más lento, por lo que al hormigón se lo debe dejar más tiempo en sus encofrados, ó utilizar cementos de alta resistencia inicial.

- De los **5 a los 0 grados C.**, se deberá sumar a los plazos normales de desencofrado (28 días) la cantidad de días en los que la temperatura haya llegado a esos valores.

- De los **0 a los -5 grados C.**, se deberán calentar los áridos (a 30 grados) y el agua (a 75 grados) añadiéndole anticongelantes, como así también los encofrados, y proteger al hormigón tierno con elementos aislantes

- De **-5 grados a más**, se deberá evitar el hormigonado.

Desencofrado:

La tarea de desencofrado de una estructura de hormigón es una tarea delicada, de la cual dependen tanto la resistencia final de la estructura como su acabado en perfectas condiciones de apariencia. En particular, el anticipado retiro de los Puntales, que pueden hacer trabajar la estructura prematuramente. Por ello, se deberá cuidar que el desencofrado no se realice hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia adecuada, empezando por las partes más alejadas de los apoyos, y realizarlo con los cuidados necesarios para no dañar la pieza moldeada, evitando producir sacudidas, golpes, etc., por dificultades para desagregar las piezas de madera del molde, o arrancamiento de partes del hormigón por adherencias, etc., a fin de no dañar las superficies de hormigón. Hay determinados productos que, para este último problema, facilitan el desprendimiento de los moldes de la superficie del hormigón, en general sustancias oleosas que pueden, no obstante, dejar manchas indelebles en el hormigón terminado.

Los **plazos de desencofrado** dependerán, pues, de una serie de factores :

- De la Calidad del hormigón elaborado

- Del tipo de aglomerante empleado.

- De la Luz de las estructuras

- De las temperaturas bajo las cuales ha tenido lugar el fraguado.

- De las sobrecargas a que estará sometida la obra.

- Por ejemplo, para un hormigón de Cemento Portland normal, y para una luz de 3 m., el plazo de desencofrado puede ser de 15 días; para una luz de 6 m. de 20 días y para una luz de 9 m. de 24 días. Los Encofrados laterales pueden quitarse después de los 3 días.

Ensayos:

El Acero utilizado en los hormigones es un material homogéneo y confiable, cuyos parámetros de resistencia son invariables. En cambio, el hormigón depende, como hemos visto, de muchos factores, razón por la cual es necesario la verificación de sus progresivas resistencias a compresión en función del tiempo de endurecimiento transcurrido. Así, para un hormigón realizado con Cemento Portland Normal de 300 kg. de cemento por m³ de hormigón, las resistencias medias son: a los 3 días, de 99 kg/cm²; a los 7 días, de 154 kg/cm²; a los 28 días, de 220 kg/cm²; a los 90 días, de 253 kg/cm².

Como se ve, la influencia del tiempo de endurecimiento sobre el hormigón es muy significativa.

Por ello, es muy conveniente tomar muestras del material en el momento de elaborar los hormigones, para analizar en laboratorio mediante ensayos "destructivos" su resistencia mecánica. De lo contrario, sólo podría realizarse sobre el hormigón puesto en obra mediante métodos de auscultación.

5 - CONCEPCION ESTRUCTURAL

5.1. – Problemática Estructural

Concebir la estructura adecuada siempre ha sido un problema complejo, porque al mismo tiempo que imaginamos la propuesta funcional, espacial, formal, etc., debemos ir intuyendo la forma de sostenerla y construirla. Por contener los más variados factores, se dice que es la “síntesis del Partido” lo que determina los criterios de la estructura portante, pero suele ocurrir frecuentemente que un análisis más afinado de las necesidades estructurales replantee de raíz los presupuestos iniciales, dejando en evidencia su ligereza, arbitrariedad ó irracionalidad al no haber incluido todos los factores en juego.

No es lo mismo la necesidad de disponer de amplias superficies de planta cuando éstas deben ofrecer un campo visual sin obstáculos (un teatro) ó están destinadas a la exposición de grandes objetos, que cuando sólo deben alojar objetos pequeños, movimientos individuales ó de grupo (exposiciones de arte, cafés, Halles, etc.) donde los elementos de apoyo no ofrecen problemas. No es lo mismo cuando las actividades a alojar exigen una autonomía total del exterior (Salas de reunión, Conferencias, Cines y Teatros, etc.) que cuando deben establecer con él relaciones intensas. No es lo mismo, además, cuando esas funciones pueden ser cubiertas con un techo liviano (sin cargas significativas) que cuando gravitan sobre él cargas de otras actividades (edificios desarrollados en altura), ó que el apilamiento de funciones con luces de distinto rango impongan algún tipo de transición estructural. En efecto; **La Estructura consolida ó replantea el Partido arquitectónico**. La estructura, lejos de ser un esquema sobreimpuesto sobre el proyecto, interactúa con intenciones, formas y funciones, tejiendo con el Partido lazos indisolubles.

Asimismo, un **criterio básico de economía estructural** indica la conveniencia de apoyar siempre siguiendo el sentido de la menor luz. Este criterio, relativamente sencillo de identificar en aquellos casos de luces pequeñas donde la estructura principal puede resolverse con elementos simples (una losa ó vigas simples de madera, de hierro u hormigón armado), se vuelve más complejo en caso de luces mayores, donde hay que combinar “estructuras principales” que se hagan cargo de la gran luz (Pórticos, Cabriadas, Reticulados) con “estructuras secundarias” que salven la distancia entre aquellas. En estos casos, la separación entre las primeras (más complejas y costosas) estará en función de la capacidad portante de las segundas (más simples y numerosas), aprovechando al máximo las capacidades portantes de cada una. Naturalmente, éste no es el único criterio a seguir, pues el proyecto de arquitectura reclama su combinación con una cantidad de factores de todo tipo.

Entonces: ¿Qué es una Estructura? La Estructura es un **sistema interrelacionado de cargas, luces, apoyos y tensiones desarrolladas por el material**, interactuando entre sí siguiendo °criterios estructurales de validez general de acuerdo al principio de economía estructural, inherente a todas las estructuras. No obstante, cargas, luces, apoyos y materiales son siempre particularidades concretas derivadas de un proyecto determinado. En principio, es la correcta interrelación de esos cuatro factores con las particularidades del proyecto lo que decide la bondad de un esquema estructural.

a - Distribución de las Cargas:

Siguiendo la ley de gravedad, las cargas de un edificio buscan descansar en el suelo de fundación. En ese trayecto deben salvar determinadas luces y distribuirse entre los diversos elementos de apoyo, sometiendo a su paso al material a tensiones. De acuerdo a su naturaleza (cargas permanentes ó dinámicas), su magnitud, las luces a salvar y los apoyos disponibles, serán:

- **Pesadas ó Livianas:** (Peso propio; usos a soportar, luces a salvar, etc.)
- **Concentradas ó Repartidas:** (Tipos de apoyo disponibles)

a)-DISTRIBUCION DE CARGAS

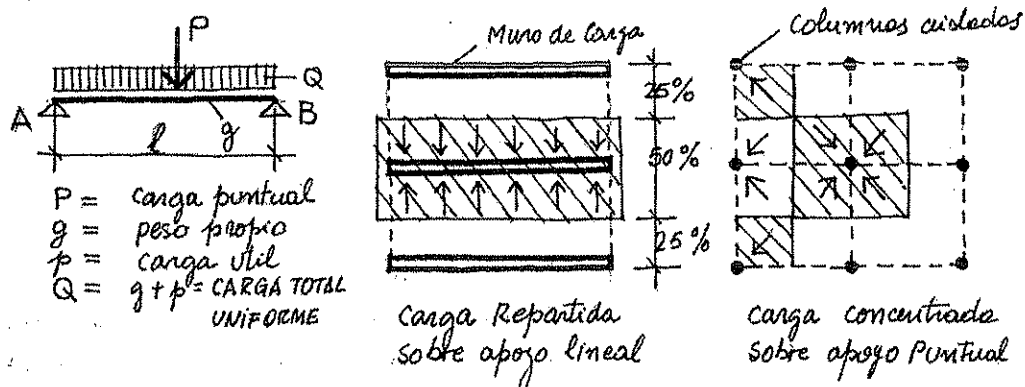


Fig. 107: distribución de la carga

b - Discriminación de las Luces:

De acuerdo a las medidas, forma, función, etc. de sus locales, el "Programa de Necesidades" de un edificio permite realizar un primer "empaquetamiento" de locales, discriminándolos en grupos compatibles según diferentes rangos estructurales. Así, aplicando aquel principio de Economía Estructural de apoyar siempre en el sentido de la menor luz, podemos clasificarlos en:

Locales de pequeñas luces:

Son aquellos en los cuales su **menor luz** puede ser salvada mediante elementos estructurales simples trabajando a flexión ó compresión, tales como tirantería de madera natural, vigas de H^oA^o ó perfiles normales de hierro, losas llenas de H^oA^o ó de viguetas pretensadas, bóvedas de ladrillo, etc.

6)-DISCRIMINACION DE LUCES

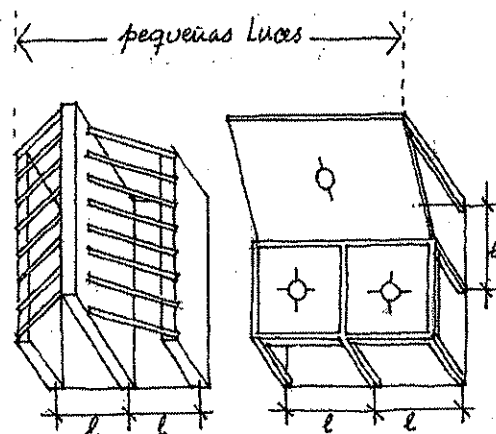


Fig. 108 : pequeñas luces

Locales de grandes luces:

Son aquellos en los que su **menor luz** es tal que no puede ser salvada razonablemente por elementos simples, requiriendo de "Estructuras Principales" que se hagan cargo de ellas, permitiendo subdividir el área a cubrir en luces menores.

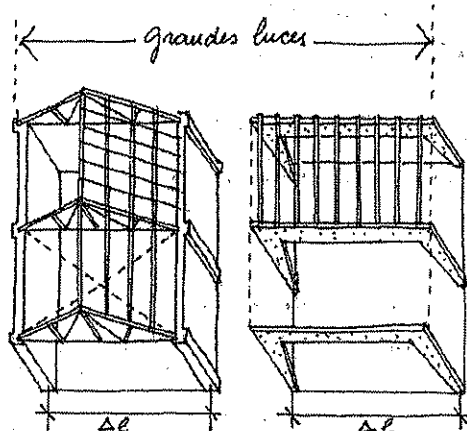


Fig. 109 : grandes luces

De este modo, se establecen al menos dos **rangos estructurales**:

- "Estructuras principales" de mayor envergadura y por lo tanto, de mayor costo, convenientemente distanciadas entre sí, tales como cabriadas, reticulados, pórticos, etc., y
- "Estructuras secundarias" ("correas"), entre aquellas, salvando luces menores mediante elementos simples. El distanciamiento de las "Estructuras principales" estará dado por la razonabilidad técnica y económica de las estructuras secundarias elegidas.

c - Alternativas de Apoyo:

La forma en que las cargas gravitantes llegarán al suelo son básicamente dos, (requiriendo por lo tanto fundaciones acordes a dichas formas).

Apoyos lineales:

Carga repartida uniformemente por compresión ó flexocompresión a lo largo de una línea continua de apoyos (muros de carga de mamposterías, tabiques de H°A°, entramados de madera ó de acero, etc.), sin discontinuidades importantes (vanos) que desnaturalicen su función portante.

Apoyos Puntuales:

Cargas que se concentran en "puntos" (pilares, columnas) a intervalos variables, según la capacidad de flexión de los elementos que los salven (vigas, losas, etc.)

c) - ALTERNATIVAS DE APOYO

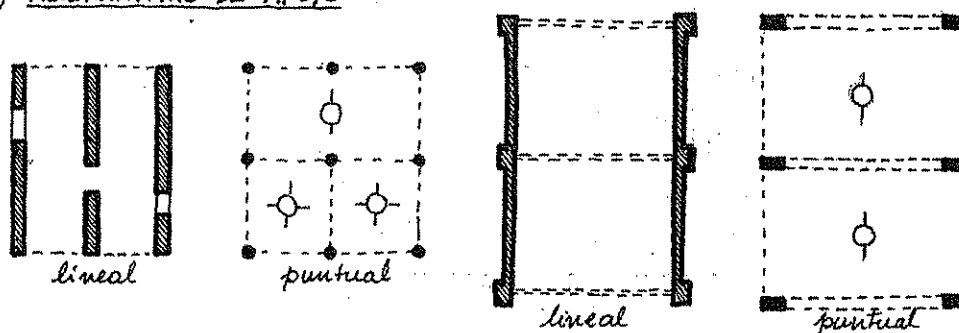


Fig. 110 : alternativas de apoyo

Naturalmente, ambas formas de apoyo pueden ser combinadas ingeniosamente de modo de acompañar las intenciones arquitectónicas del proyecto, tales como aperturas, expansiones y fluencias espaciales en horizontal y vertical, necesidades de flexibilidad interior y crecimiento, apilamiento de funciones distintas en la organización vertical del edificio, etc., como se tratará de mostrar en el ejemplo desarrollado más adelante.

d - La Elección del Material Estructural

Para formular una estructura coherente debemos lograr la complementación adecuada entre el material a emplear y un esquema estructural ("Distribución de cargas", "Discriminación de Luces"; "Alternativas de apoyo") compatible con las tensiones que puede soportar, porque recordemos que no todos los materiales funcionan de la misma manera, sobre todo referido a dos aspectos estrechamente vinculados con los propósitos del proyecto:

- **Los tipos de Vínculo ó Unión** entre los diferentes componentes estructurales, permitiendo ó restringiendo sus movimientos recíprocos (Unión Monolítica - Unión simple ó articulada)

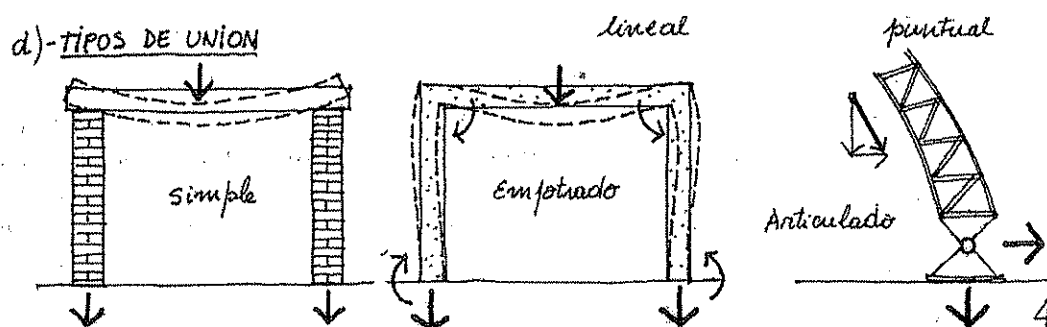


Fig. 111: tipos de vínculo ó unión

- **El Tipo de Proceso Constructivo** predominante, en particular, las proporciones de "obra húmeda" y/o de "Montaje en Seco", las obras a realizar "In Situ" ó "en Taller", las posibilidades de incorporación de elementos prefabricados, etc., con todas las implicancias económicas, técnicas y formales que conlleva.

Pero además, la "Elección del Material" depende de todo un abanico de cuestiones que, desde intenciones formales hasta opciones ideológicas, involucran a la formación del alumno como totalidad, y que por esa razón serán tratadas más especialmente en el capítulo siguiente.

5.2. - Concepción Estructural

Llegados a esta instancia, la pregunta que se nos impone es: **¿Cómo concebir una estructura que, al mismo tiempo que se apoye en criterios racionales de validez general, contemple las particularidades del problema arquitectónico planteado?**

Evidentemente, hemos llegado al meollo de la concepción estructural, pues queda clara la necesidad de involucrar en ella no sólo cuestiones técnicas y estructurales sino también las "intenciones" que singularizan el problema. **Hay muchas formas de concebir una Estructura;** tantas como las relaciones que sepamos construir entre las motivaciones del proyecto y las diferentes opciones técnicas.

A modo de ejemplo, vamos a analizar algunas alternativas estructurales que podrían pensarse para un sencillo caso: definir la estructura de una planta rectangular de 5 x 15 m.

La primera podría ser adoptar **muros de carga** para sus lados mayores tendiendo la cubierta entre ambos, es decir, apoyada en el sentido de la menor luz (5 m.). La distribución de su carga se repartirá por mitades a lo largo de ambos muros, dejando libres de carga los lados menores.

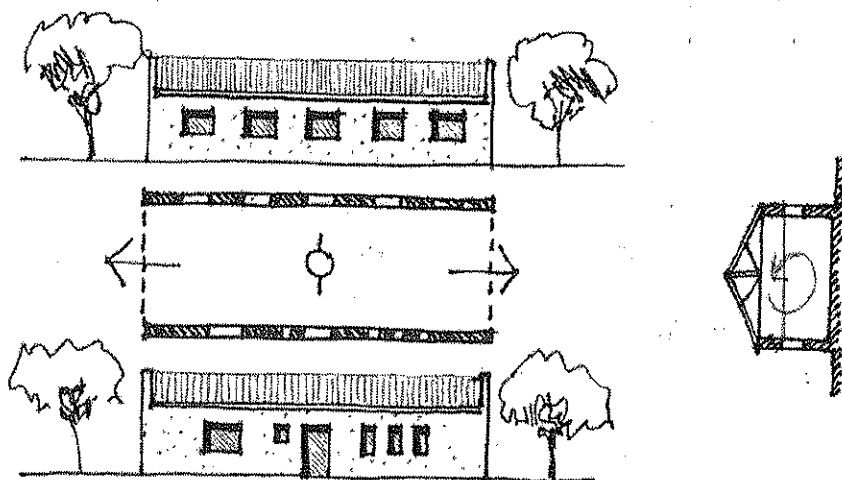


Fig. 112: alternativa n° 1

Algunas consecuencias arquitectónicas que se derivan de esta decisión son las siguientes:

- Por ser de carga, Los muros deberán tener la mayor continuidad posible para asegurar una repartición uniforme, por lo que ambos frentes mayores serán predominantemente "ciegos", con una muy medida y regulada relación con el exterior.
- Así, las posibles aperturas sobre esos frentes quedarán inscriptas y tajantemente limitadas por los muros, mientras que los lados cortos del rectángulo, al estar descargados, podrán vincularse y expandirse libremente a los espacios aledaños, interiores y/o exteriores.

Otra alternativa podría deberse a la intención de expandir fuertemente al exterior sobre uno de los lados mayores del rectángulo, recostándose en el otro como "espalda" de la planta. En tal caso, podríamos combinar dos tipos de apoyo, haciendo un **muro de carga** sobre el lado fijo y una línea de **apoyos puntuales** (columnas y viga) sobre la expansión.

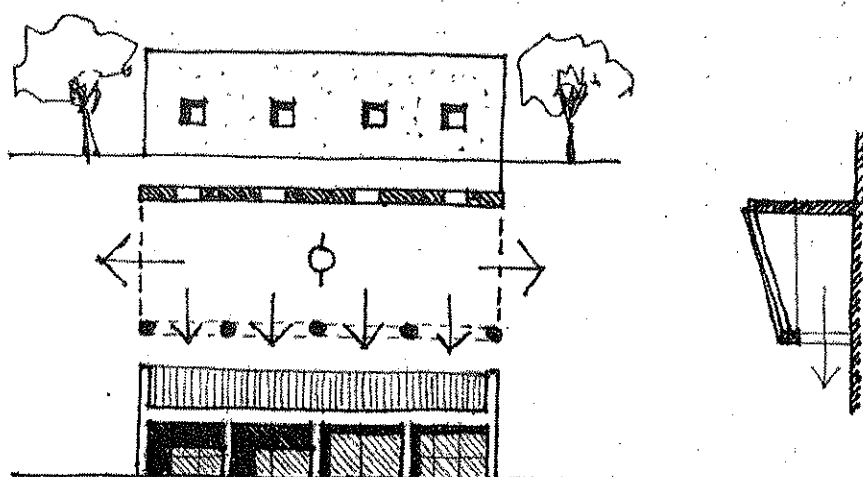


Fig. 113 : Alternativa n° 2

- De este modo, se mantendrían sobre un lado las características "ciegas" del muro de carga como "espalda" del proyecto, enfatizándose sobre el otro la permeabilidad interior-externa mediante espaciados "puntos de apoyo" (columnas ó pilares) y "cerramientos" independientes.

Manteniendo la idea de expansión sobre uno ó ambos lados mayores, una **tercera opción** podría ser la intención de enfatizar el carácter "modular" del programa, creando una sucesión de unidades espaciales virtuales (de, por ejemplo, 5 x 5 m.) que, aunque físicamente continuas, denoten cierta individualidad.

Para ello, la estructura del rectángulo quedaría constituida por una **grilla estructural independiente** de 5 x 5 m. con todos sus lados libres, con la carga descargando en las vigas y distribuyéndose proporcionalmente a cada apoyo puntual.

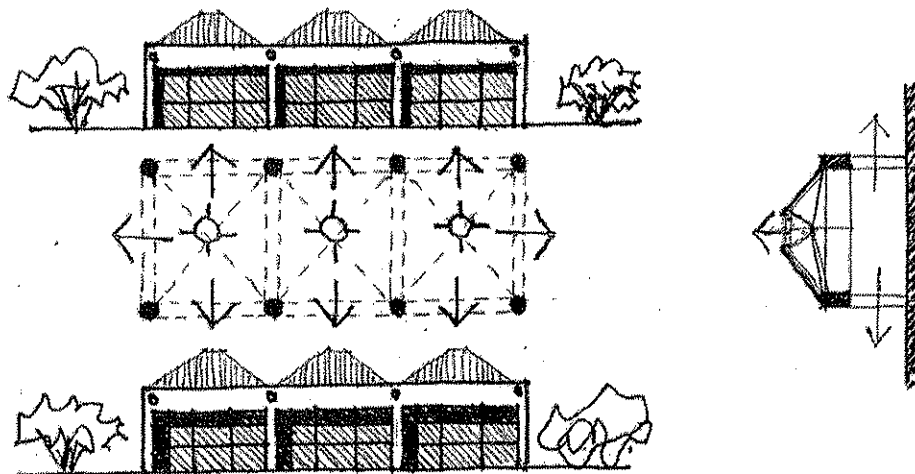


Fig. 114 : Alternativa nº 3

- La trama así constituida por vigas y puntos de apoyo demarcarán en el espacio una agregación de unidades espaciales virtuales interconectadas, que se podrá reflejar (ó no) en las fachadas y/o en la forma de la cubierta, marcando la independencia entre la estructura y el cerramiento y la relativa autonomía espacial de cada módulo interior.

Por último, puede también ocurrir que, manteniendo las mismas intenciones de expansión anteriores, busquemos preservar la homogeneidad del espacio interior por necesidades de compartimentación, flexibilidad, integridad espacial, etc.

En este caso, se podría optar por una cubierta apoyada bilateralmente en sendas **líneas de "puntos de apoyo"**, dispuestas sobre los lados largos. Dado que la carga de cubierta será nuevamente distribuida por mitades, quizás sea conveniente aumentar el número de columnas sobre cada línea (por ejemplo, una más a la mitad), a fin de disminuir la carga de flexión de las vigas longitudinales.

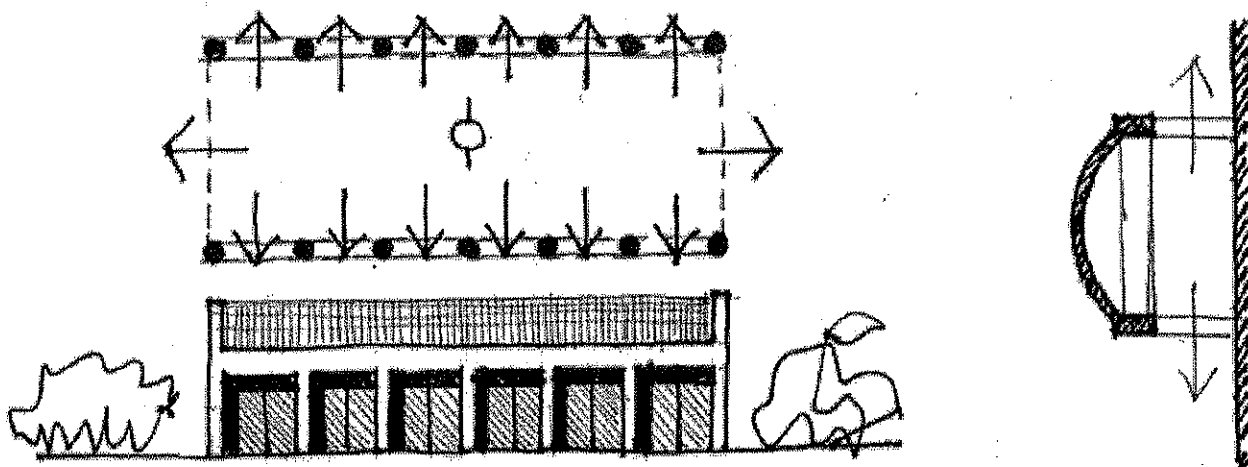


Fig. 115 : alternativa nº 4

- El resultado de tal operación podría redundar en un espacio expandiendo en todas direcciones, pero -a diferencia del anterior- enfatizando una direccionalidad dominante a través de la repetición longitudinal de los intercolumnios.

Podríamos seguir analizando alternativas y variaciones indefinidamente; incluyendo otros ingredientes: la coherencia entre las alternativas estructurales y los materiales elegidos; los modos de interpretar la forma de la cubierta según los distintos énfasis espaciales y/o formales, etc. Pero lo que nos interesa destacar en estos ejemplos es la compleja dinámica de pensamiento a través de la cual vamos "dando forma a la estructura" al mismo tiempo que "estructuramos la forma", de modo de ir plasmando una concepción estructural realmente comprometida con las intenciones arquitectónicas.

Pero un aspecto decisivo que complementa las presentes especulaciones es la Intuición Estructural, agilizando en la práctica el ida y vuelta permanente entre estos factores.

5.3. – Intuición Estructural

"Las estructuras se deforman cuando se las somete a la acción de cargas. Aunque rara vez estas deformaciones pueden apreciarse a simple vista, las tensiones correspondientes tienen valores mensurables.

Las distribuciones de tensión pueden ser muy complejas: con todo, cada una consiste a lo sumo en solo tres estados básicos de tensión: tracción, compresión y corte." (Salvadori y Heller: "Estructuras para arquitectos", cap.5)

Este párrafo describe con sencillez los principales factores del comportamiento estructural: Acción de las cargas, Deformaciones producidas, Distribución de las tensiones en el esquema estructural y Determinación del tipo y valor de las tensiones en los elementos materiales.

Como dijimos al principio, un propósito importante de este curso consiste en fomentar en el alumno la **intuición estructural** necesaria para aprehender a captar "de un golpe de vista" el problema planteado. Naturalmente será la acumulación de conocimientos y experiencias debidamente saldadas el medio para adquirir maestría en su formulación, pero para ello resulta imprescindible contar con **instrumentos conceptuales** que permitan analizarlo. Por ello, la Intuición que preconizamos no es una súbita inspiración iluminada sino la aplicación pertinente y oportuna de dichos instrumentos, sencillas reglas que permitan reconocer y comprender los problemas estáticos y resistentes que van apareciendo en los esquemas estructurales que se van ensayando:

- **Seguir ordenadamente el recorrido de las cargas** por cada uno de los elementos estructurales, desde su origen hasta la descarga al suelo de fundación, poniendo atención especial en su distribución.

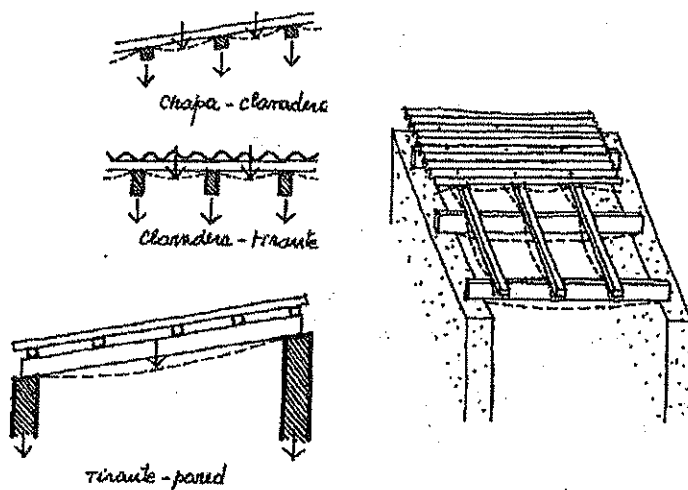


Fig. 116: Recorrido de las cargas

- Captar intuitivamente la “elástica de deformación” que producen las cargas en cada elemento y en el conjunto estructural, según el tipo de vínculo que los une entre sí (simple; articulado; empotrado).

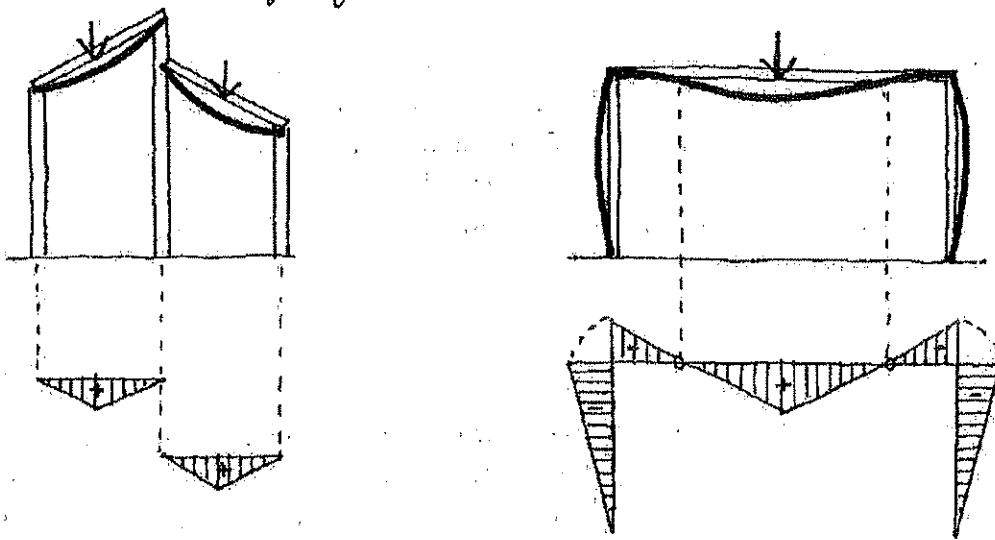


Fig. 117: Elástica de deformación

- Deducir de la “deformación” los esfuerzos a los que son sometidos los elementos principales (compresión; tracción; corte, momentos flexores)

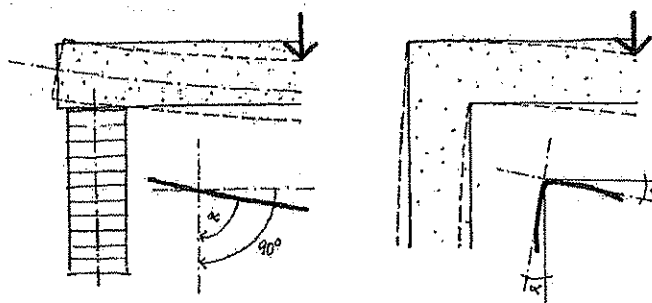


Fig. 118 : Deformación en los vínculos

- En función de los esfuerzos detectados en cada elemento, **determinar la aptitud de los materiales elegidos.**

- Determinar la pertinencia de **la forma de la Sección** (el “momento de inercia” de la sección) para su pre-dimensionado.

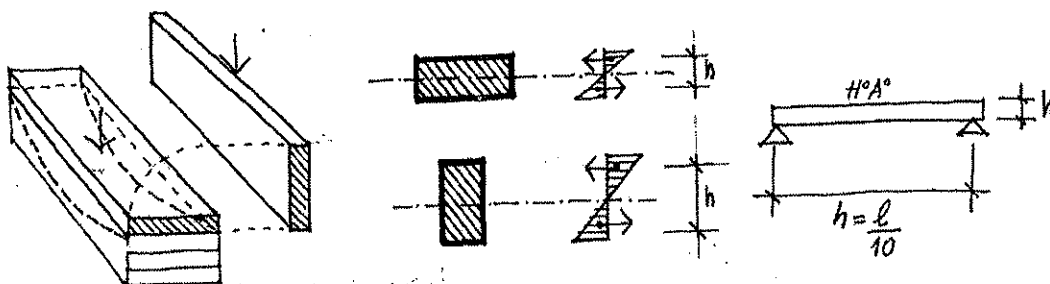


Fig. 119 :Forma de la sección

5.4. – Sistematización Estructural

En forma general, vamos a analizar finalmente **dos sistematizaciones constructivo-estructurales que sintetizan en una totalidad arquitectónica completa los criterios de Sostén, Cerramiento y Constructivos.**

Nos estamos refiriendo a las denominadas “Caja Muraria” y a la “Estructura Independiente”. Mediante una serie de características constructivas, espaciales y formales vinculadas por una lógica común, cada cual a su modo proporciona una respuesta integral a las necesidades técnicas y sociales que les dieron origen. Estas sistematizaciones están vinculadas entre sí por la aparición de un conjunto de “Soluciones de Transición” que, dando variadas respuestas al problema de la cubierta, van preanunciando la evolución que finalmente se consuma.

a - La “Caja Muraria”

A partir de los condicionamientos técnicos que le impone el material disponible (los mampuestos, materiales de compresión) y su tecnología de ejecución (en principio, el simple apilamiento manual), desarrolla sus principales elementos estructurales siguiendo puntualmente determinadas normas constructivas:

Distribución uniforme y repartida de la carga - Continuidad de los Muros

- Conceptualmente, cada pequeña porción de material debe cumplir su cuota-parte en la resistencia estructural. De esta manera, la optimización económica y estructural del muro está en relación directa con su continuidad e inversa con la dimensión de los vanos, a medida que éstos aumentan su dimensión horizontal y obligan a concentrar la carga en algunos puntos. Esta característica impone vanos estrechos y convenientemente separados entre sí.

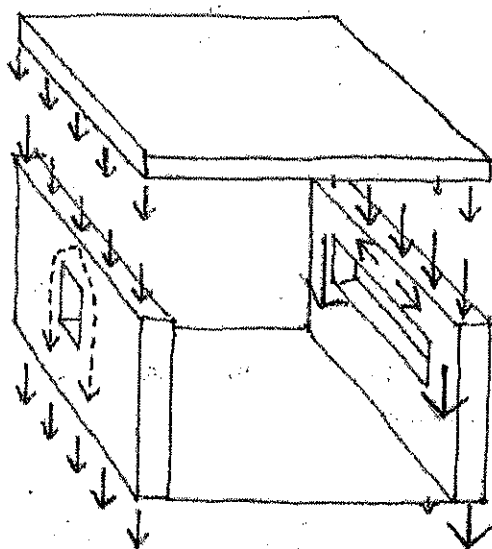


Fig. 120 : Repartición lineal – continuidad del muro

Verticalidad de las Cargas

- Sujetas a la Ley de Gravedad, las cargas deben transmitirse verticalmente de elemento a elemento mediante apoyos simples ó articulados (sin transmisión de momentos flexores), por la imposibilidad de los “mampuestos” de trabajar a la flexión. Por esta misma razón, hay que

prevenir el "efecto de pandeo" mediante un espesor adecuado.

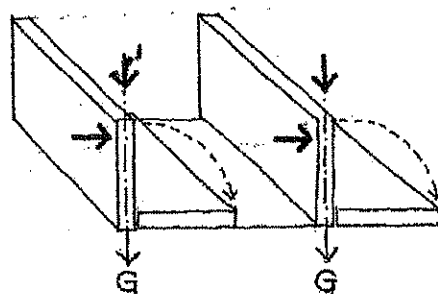


Fig. 121 : Verticalidad de las cargas

Rigidización Horizontal

- Ante cargas horizontales (Viento, sismos, etc.), el muro aislado —imposibilitado de absorber esfuerzos de flexión— no tiene modo de resistir, (efecto "Castillo de naipes"). Por lo tanto, se debe buscar la colaboración de otros muros perpendiculares "trabándose" con ellos, ó "en-cadenando" la construcción (mediante elementos de tracción, tales como hierro ú hormigón armado) de manera que el conjunto trabaje como "Caja", a fin de aumentar su rigidez ante fuerzas horizontales.

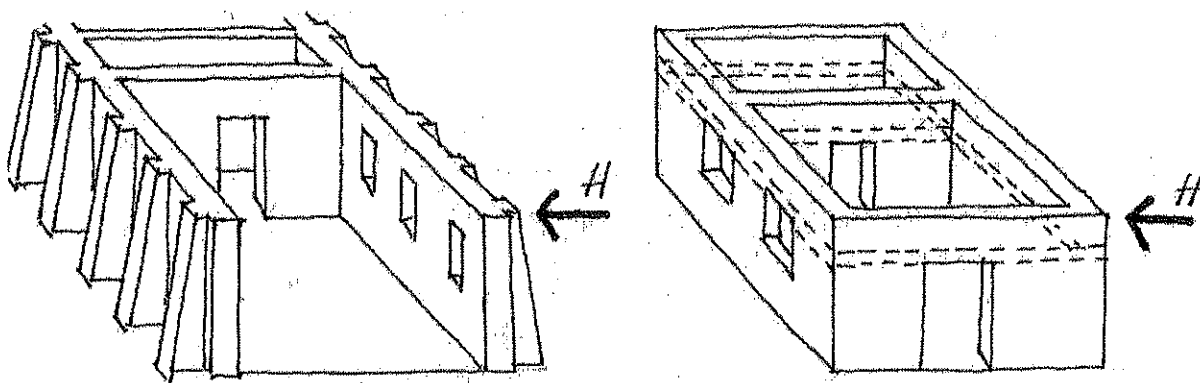


Fig. 123 : Rigidización horizontal

Fusión de Estructura y Cerramiento:

Naturalmente, las cuatro condiciones anteriores, sumadas a la utilización de un "monomaterial" y al aprovechamiento integral de sus propiedades aislantes, da por resultado "recintos" con límites de considerable espesor, en donde la función estructural se fusiona con la función aislante, propia de los cerramientos.

Estos rígidos criterios constructivos dan por resultado una sistematización arquitectónica completa, coherente, caracterizada por la yuxtaposición de "Recintos" autónomos articulados por medio de halles, patios, galerías de circulación, etc., dando por resultado una arquitectura predominantemente volumétrica, fuertemente tectónica y que enfatiza su interioridad, como ya vimos en 3.3.

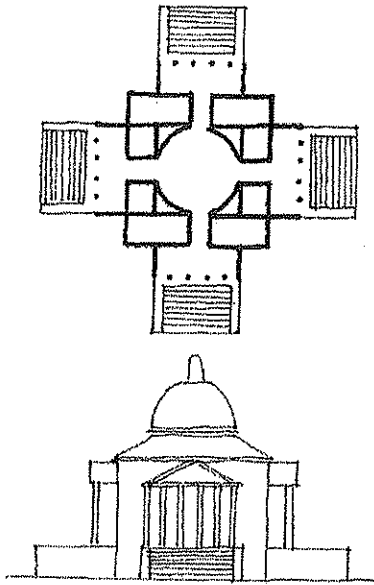


Fig. 124 : Villa Rotonda – Palladio

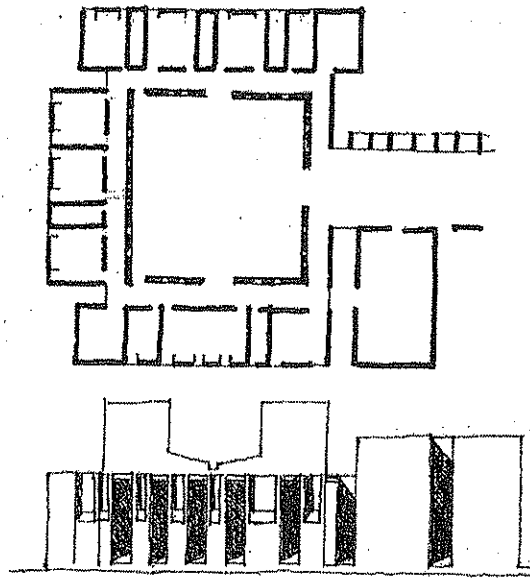


Fig. 125: Iglesia de Rochester – Louis Kahn

b - La Cubierta:

Un caso siempre especial lo constituye la estructura de las cubiertas, cuyas posibles variantes dependen de la combinación de, por lo menos, cuatro características del proyecto:

- La luz a salvar (pequeñas-grandes)
- Las Cargas a soportar (pesadas – livianas)
- El Material elegido (de Compresión – de Tracción)
- La Forma emergente (planas – con forma)

De acuerdo a la combinación de estos cuatro factores, tendremos:

1 - De Pequeña Luz – Livianas – de Flexión – con Forma

La estructura de la cubierta de una agua, constituida por una sucesión numerosa de elementos lineales de flexión (vigas simples de madera ó de hierro), **que transmiten repartidamente** la carga total sobre los muros de carga.

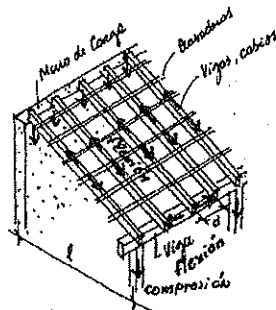


Fig. 126 : Estructura de Cubierta a una agua – pequeña luz

2 - De Pequeña Luz - Pesadas – de Flexión – Planas

Las cubiertas de losas planas ó inclinadas (de Hormigón Armado, de viguetas de Hormigón armado ó metálicas y ladrillos cerámicos, de losetas de hormigón, etc), **que transmiten por flexión y torsión la carga repartida** sobre muros de carga ó vigas de hierro ú hormigón.

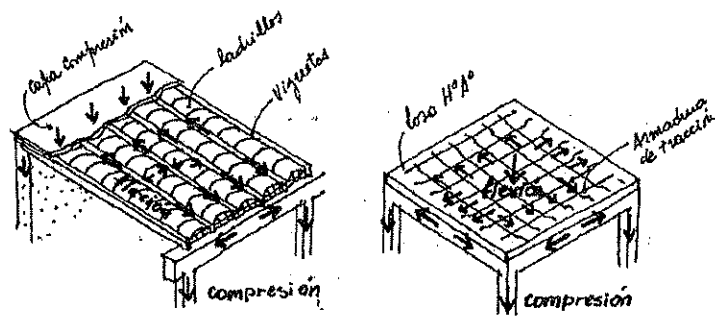


Fig. 127 : Cubiertas planas - pequeña luz

El empleo tradicional de "Bóvedas" (apoyos bilaterales), ó "Cúpulas" (apoyos perimetrales) realizadas con mampuestos ú Hormigón que **transmiten Compresión a los apoyos**, introduciendo además **empujes horizontales** que hay que neutralizar (con Tensores, anillos de tracción, etc.)

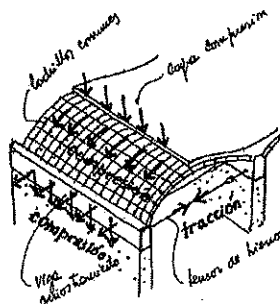


Fig. 128 : Bóveda : de pequeña luz

4 - De Gran Luz - Livianas - de Flexión - Con Forma

Apelando a la indeformabilidad del Triángulo, se construyen **estructuras trianguladas** con elementos lineales de pequeña dimensión que, al mismo tiempo que aumentan la altura del elemento estructural, disminuyen considerablemente su peso e insumo mediante la desmaterialización del "alma" del elemento. Mediante la retícula triangular estas estructuras transforman el esfuerzo de flexión propio de una viga de "alma llena", **descomponiéndolo en esfuerzos simples de tracción y compresión**, a cargo de las pequeñas barras trianguladas: las Cabriadas y Reticulados, que haciéndose cargo de la gran luz, permiten subdividir el espacio en luces menores a cargo de estructuras secundarias.

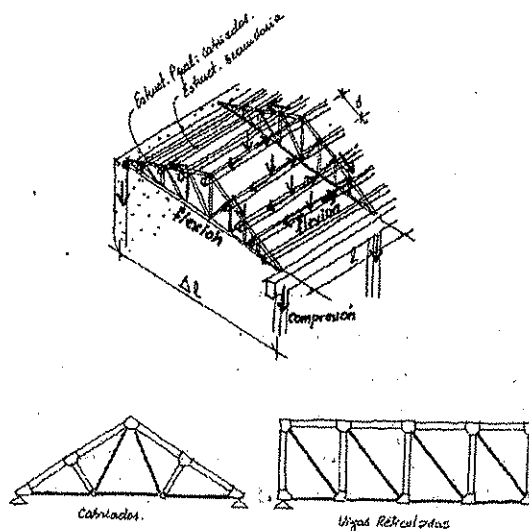


Fig. 129 : De gran luz, a dos aguas

5 – De Gran Luz – Pesadas – de Flexión – Planas

El uso del Hormigón Armado permitió el desarrollo de estructuras aporticadas para salvar la gran luz, y entre ellas el tendido de losas planas, también de hormigón armado (in situ ó prefabricado) que facilitan el apilamiento de funciones en vertical.

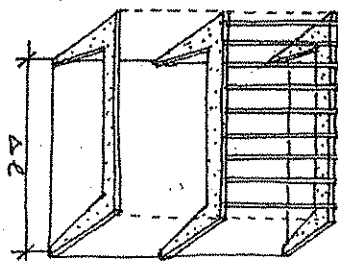
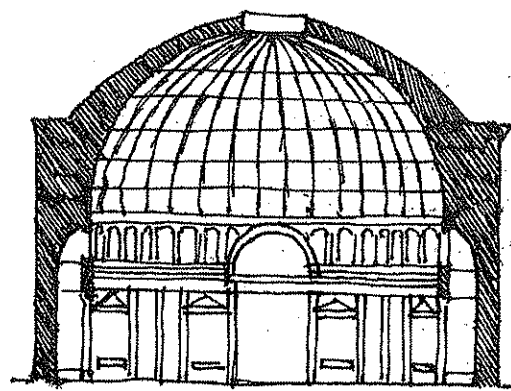


Fig. 130 : Estructura de pórticos

6 – De Gran Luz – Pesadas – de Compresión – Con Forma

Nos estamos refiriendo aquí a las estructuras ideadas para los grandes espacios del pasado (templos, catedrales, etc.) trabajando sobre el principio de combinar arcos, bóvedas y cúpulas utilizando un elemento constructivo de compresión (mampuestos de piedra.)



Panteón Roma.

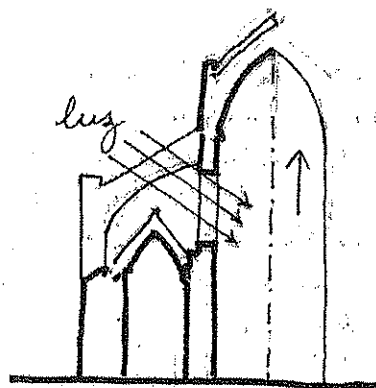


Fig. 131 : Panteón – Catedral gótica

Evolución

La necesidad histórica de ampliar la luz libre entre apoyos de los recintos chocó con las limitaciones de los materiales disponibles de flexión (medidas máximas de maderas, dificultades en la producción del hierro, etc.), y llevó desde muy antiguo a repensar el problema de la cubierta. **Atento a que la altura de la sección repercute significativamente en el incremento de la luz potencial a salvar**, se buscó aumentarla disminuyendo al mismo tiempo el insumo de material y peso. Nacen así las llamadas “**cabriadas y reticulados**”, primero de madera (de antigua data) y luego de acero, para los cuales Cullmann, Ritter y Cremona crearon los instrumentos de cálculo apropiados.

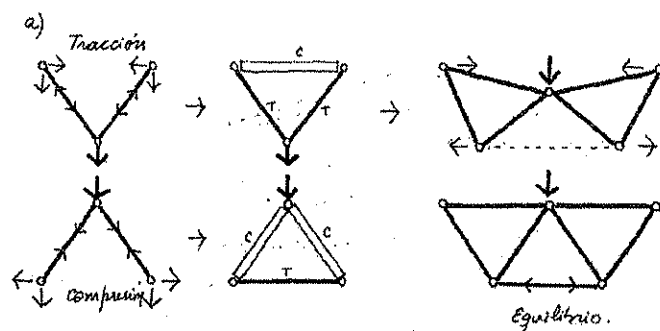
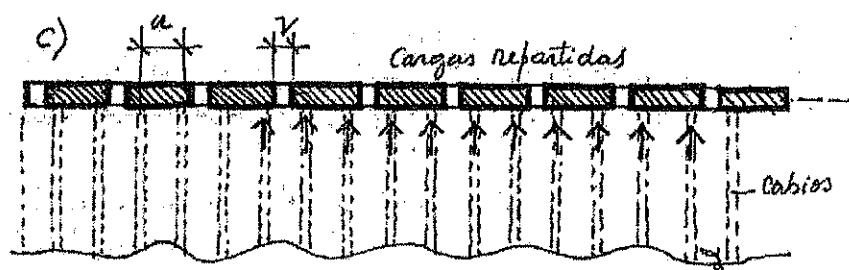


Fig. 132 : Triangulación

Las necesidades de una creciente flexibilidad y apertura, combinada con las posibilidades de ampliación cualitativa de la luz libre de apoyos, provocó un aumento de la envergadura de las estructuras principales y una consecuente **concentración significativa de la carga en pocos puntos del muro, liberando de carga grandes tramos**, que fueron utilizados como vanos de iluminación, accesos, etc.

Muros de carga – Pequeñas Luces



Grandes luces – Concentración de la Carga en Puntos

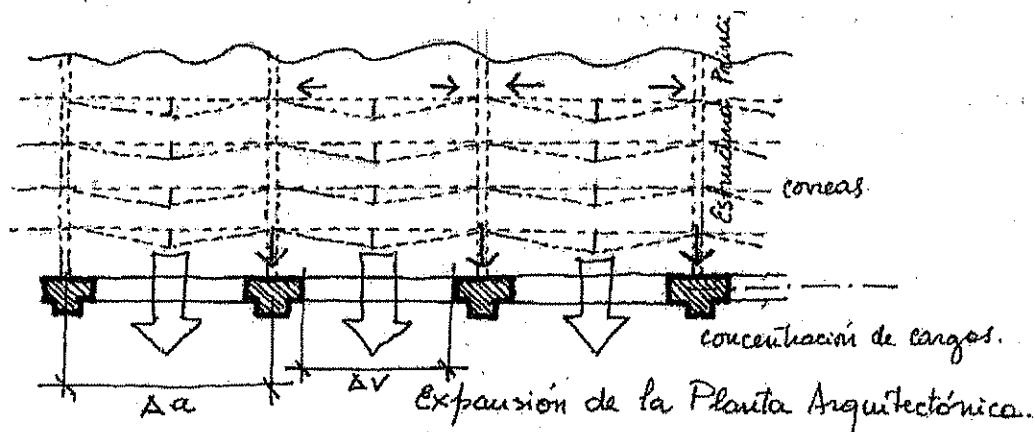
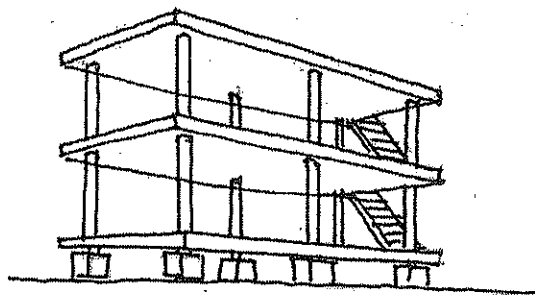


Fig. 133 : Evolución de los muros de carga

En sentido histórico, las estructuras reticulares trianguladas podrían considerarse innovaciones técnicas "de transición", que si bien dan respuesta a las grandes cubiertas de la primera etapa de la era industrial, no lo hacen con todas las necesidades de expansión de la planta arquitectónica de la Modernidad, al no constituir una nueva forma de concebir la "Edilicia" en general.

Es a partir de las nuevas posibilidades que abren, primero el acero y luego el Hormigón Armado, cuando es posible empezar a pensar en una radical **independencia de las funciones de Sostén y de Cerramiento** y por lo tanto, de sus correspondientes sistemas constructivos que, por así decir, se desdobl原因, constituyendo procesos independizables de construcción.



c - La Estructura Independiente

En la arquitectura tradicional, la "Caja Muraria" afirmaba y consolidaba la autonomía de cada espacio en sí mismo. La Estructura Independiente, en cambio, rompe tanto con la compartimentación de la Caja Muraria como con la férrea lógica unidireccional del muro de carga, reformulando el espacio como total, universal. Haciendo posible la continuidad y expansión multidireccional de la planta, sintetiza para la Modernidad un nuevo programa completo de arquitectura.

Esta posibilidad —en verdad, revolucionaria— de concentrar la carga en "puntos" de una grilla ortogonal y liberar así de límites estructurales a la planta en todas direcciones, responde a una serie de características:

- **Distribución concentrada de la carga en "puntos de apoyo":** (aumenta considerablemente la carga en pocos puntos, disminuyendo sensiblemente la ocupación de la planta con apoyos).
- **Continuidad de los vínculos entre las partes:** (El monolitismo de las uniones permite la colaboración de todas las partes de la estructura —vigas, columnas, losas, etc. — reduciendo esfuerzos y permitiendo el rendimiento máximo del material)

Independencia de los planos de cierre: (Liberando a los muros de cierre de compromisos portantes, permite nuevas libertades, no solo referidas a los criterios arquitectónicos para el aventanamiento, diseño de fachadas, etc., sino también a la diferenciación de los procesos constructivos respectivos)

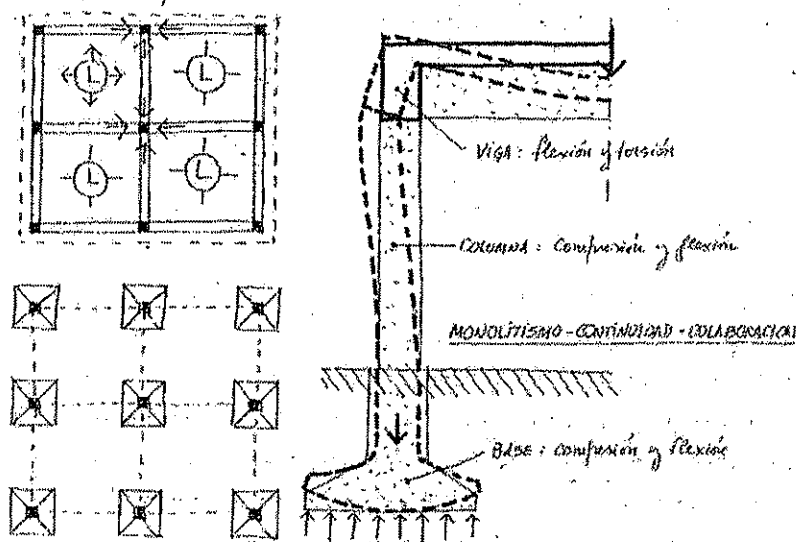
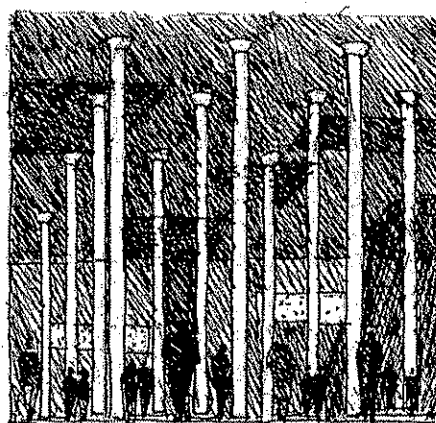
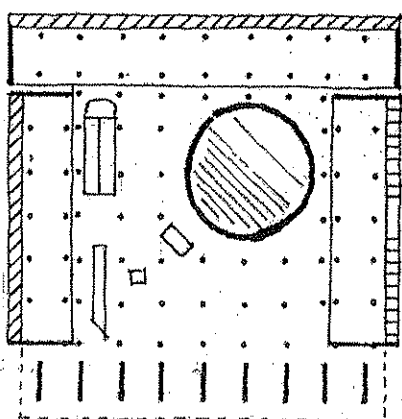


Fig. 134 : Estructura independiente

Le Corbusier, en su "maison Domíno" y en los "cinco puntos de la arquitectura funcional", sintetizó sus nuevas posibilidades arquitectónicas: La columna libre en el espacio ("Pilotis"); La independencia del esqueleto y del muro; El "Plan libre"; la "Fachada libre" y la "Terraza-Jardín". Las consecuencias de esta nueva concepción de las relaciones entre el Sostén y el Cerramiento, entre el "esqueleto" y la "piel", en suma, de esta nueva manera de pensar la arquitectura, son enormes:

- La "columna libre en el espacio" crea "porciones virtuales" en el continuo del espacio total, permitiendo expresar su carácter multidimensional y secuencial. Los "Pilotis" destruyen la idea del edificio arraigado a la tierra, liberando el suelo para actividades públicas.

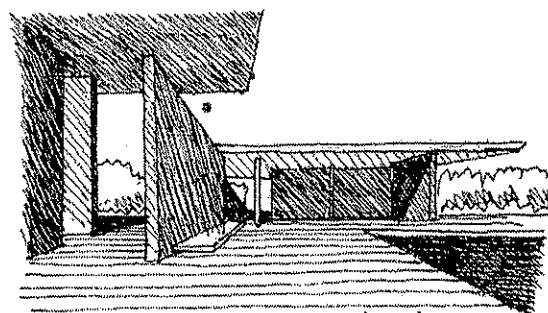
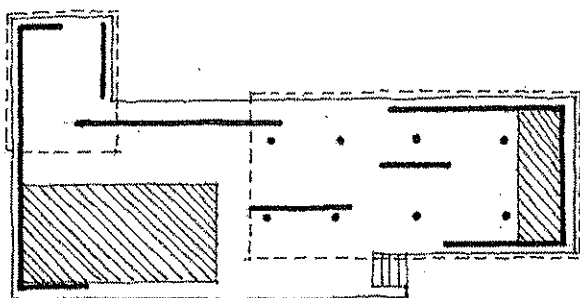
1- LA COLUMNA LIBRE EN EL ESPACIO



Palacio de Asamblea - Chandigarh

Fig. 135 : Palacio Asamblea Chandigarh- L.C.

- La "independencia del esqueleto y del muro", y el "Plan libre", que es su consecuencia, propone una nueva libertad distributiva de las actividades y funciones, una nueva flexibilidad en los usos y un nuevo concepto de articulación, superposición y fluidez entre los diferentes espacios, en lugar de la yuxtaposición tradicional.



Pabellón de Barcelona

Fig. 136 : Pabellón de Barcelona - Mies

- La "Fachada libre" permite regular a voluntad las necesidades de aislación, ventilación, asoleamiento, etc. sin ataduras estructurales, y con ello, reformula la envolvente arquitectónica con el concepto orgánico de "piel", especializando sus funciones y ampliando sus posibilidades expresivas.

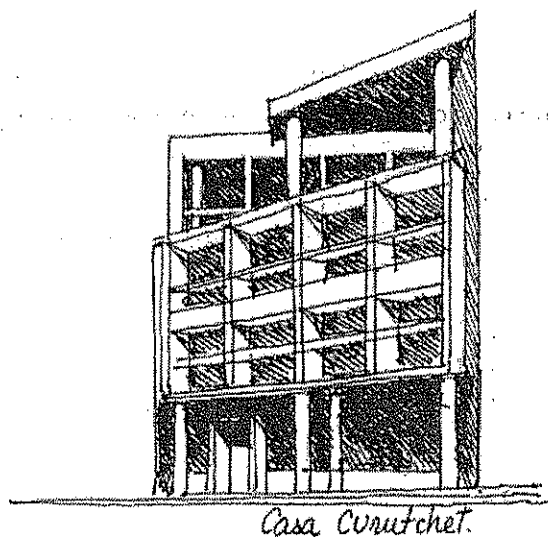


Fig. 137: Casa Curutchet- L.C.

- La "Terraza-Jardín", recupera el uso del espacio atmosférico mas allá del "techo-tapa" tradicional, permitiendo la "quinta fachada" y la simultaneidad y superposición de usos y visuales interrelacionados en vertical

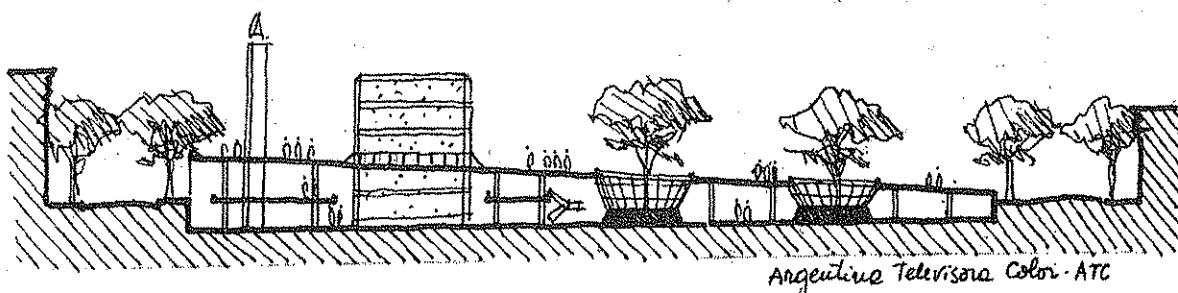


Fig. 138 : ATC - J. Solsona y Ass.

6 - LA ELECCIÓN DEL MATERIAL

A esta altura del curso, es evidente que la elección adecuada de los materiales y técnicas principales de un proyecto no puede realizarse por meras razones de moda ó de gusto personal. Sin desdeñar el peso de las inevitables preferencias e influencias, éstas sólo progresan cualitativamente si conseguimos elevarlas a un plano más objetivo. Pero además (en palabras de Eladio Dieste), *“para nuestros países periféricos, pensar es repensar”*, es decir, revisar críticamente lo que viene propagado por la difusión internacional, y sólo después de pasarlo por el tamiz de nuestra propia realidad tomar lo más conveniente a nuestras necesidades e intereses.

Por ello, podemos llamar **“ideología”** a los fundamentos más generales sobre los que se asienta tal elección. En efecto: la “elección del material” no puede hacerse desde una especie de **“limbo arquitectónico”**, fuera del espacio y del tiempo en los que el proyecto se piensa y se concreta; **La arquitectura que hagamos, si pretende ser un hecho genuinamente cultural, no será simplemente la que queramos ó podamos, sino fundamentalmente la que debemos hacer a partir de un compromiso ético y profesional con la realidad**

Para asumir con responsabilidad esta instancia clave del proyecto, proponemos considerarla a la luz de dos factores decisivos: el **Contexto histórico-social** en que se inserta y una adecuada valoración de la **Escala del Problema**. Si una consideración atenta de estos dos factores nos permitirá establecer un “marco objetivo” donde encuadrar la elección, son los grados de libertad —genuinamente conseguidos dentro de dicho marco— los que permitirán dar expresión a la **Sensibilidad**, sin sacrificar la necesaria unidad de los problemas arquitectónicos. De este modo, la “Elección del material”, lejos de ser una decisión más ó menos arbitraria dictada por el gusto personal ó las modas dominantes, cerrará la síntesis del problema planteado ajustando idea y materialización.

6.1. - Contexto Histórico-Social

El primer factor a considerar es ubicar nuestro proyecto en su contexto, es decir, en las coordenadas de un tiempo y lugar determinados, con toda la problemática que esto contiene. (S.XXI – Argentina). Pesarán sobre ella factores poderosos que, aunque excedan largamente nuestro campo de acción involucrando a la Sociedad toda, **“contextualizarán”** nuestro trabajo haciéndolo sensible a sus condicionantes principales. **En Arquitectura, nunca los problemas prácticos y económicos son sólo y meramente prácticos y económicos, quedando involucradas en ellos decisiones que atañen a una actitud ética y estética del diseñador.** Por ello, y aun a riesgo de simplificar en exceso un tema tan vasto y complejo, proponemos enfrentar el problema de la elección del material en **dos planos simultáneos**:

El Plano “Táctico” (inmediato)

En menor ó mayor medida según la envergadura de la obra (pero en todas, tanto en las grandes como en las pequeñas), la instancia de la elección de los medios materiales **nos remite inevitablemente a la consideración del contexto histórico-social en un momento determinado**. Por ello, la necesidad inherente a la arquitectura de dar una respuesta “materializable y actual” (en un sentido amplio) nos obliga a evaluar, no sólo las condiciones particulares del proyecto sino también su incidencia sobre la coyuntura social considerada.

Cuestiones tales como la procedencia de los materiales y sus técnicas (nacional ó importada), los insumos de divisas, materia y energía para su ejecución y uso posterior, la proporción de mano de obra

y de equipo a emplear, la potenciación del mercado interno y el sostenimiento de la demanda, su impacto ambiental, la innovación tecnológica, la incorporación de valor agregado, etc., son factores inherentes a políticas implícitas ó explícitas en los programas de arquitectura que repercuten sensiblemente en nuestros criterios de elección, implicando una "opción" no sólo técnica sino ideológica –por acción ó por omisión– aún dentro de los marcos de nuestra propia disciplina.

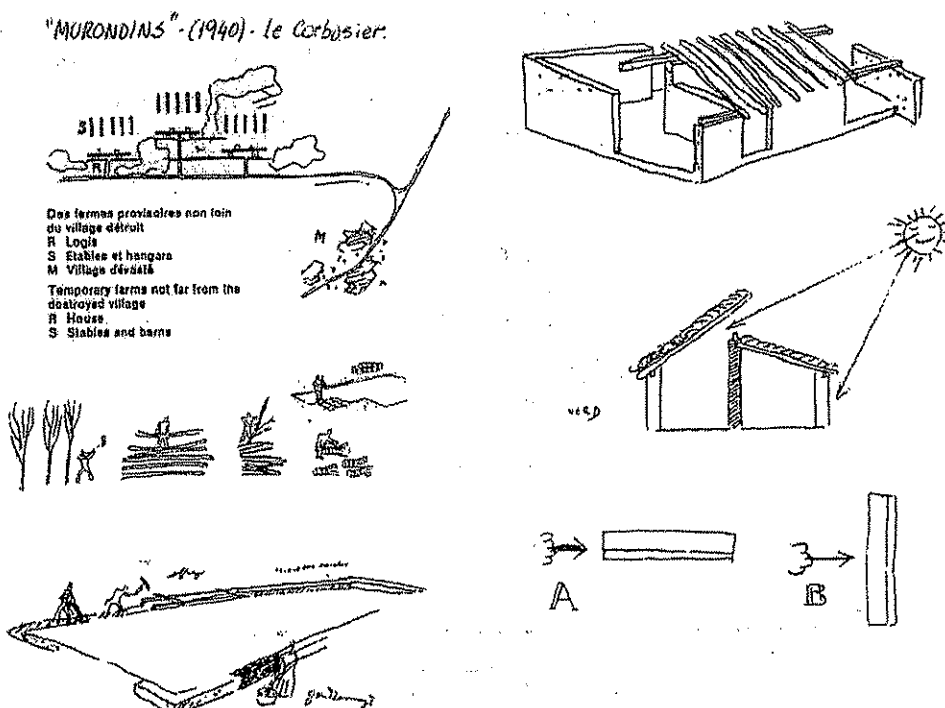
En consecuencia, **tres aspectos específicos del proyecto** impactarán decisivamente en la elección:

- **La objetividad y rigor** con que se hayan analizado las necesidades y actividades a alojar, su funcionalidad estricta, su acondicionamiento ambiental, su uso y mantenimiento, etc.
- **El esfuerzo de síntesis** puesto en el Partido Arquitectónico, que tienda a una mayor racionalización en el uso de recursos, sistematizando soluciones y reduciendo componentes.
- **Un profundo estudio del Detalle** constructivo que logre la mayor contención de los recursos con la mayor proyección de sus efectos, facilitando una ejecución eficaz, simple, veloz y económica.

Ejemplo 1 - "Murondins" (1940) – LE CORBUSIER

(Del Libro: "Obras Completas de L.C.", 1938-46 -Vol. 4)

Para la reconstrucción de Aldeas arrasadas por la guerra, Le Corbusier propone un nuevo plan de Viviendas y equipamiento comunitario. En el mismo quedan claros **los dos planos simultáneos** a los que hacíamos alusión: El primero es el inmediato (La reconstrucción urgente de los alojamientos), donde se apela a materiales del lugar (tierra, árboles, paja, etc.) y el aprovechamiento de la mano de obra de los propios habitantes, acompañando la propuesta con una especie de "Manual de Autoconstrucción". El proyecto de arquitectura se concentra en los factores más abarcativos de la planificación del conjunto (Viviendas y locales de trabajo rural), las previsiones de orientación en función del asoleamiento y los vientos dominantes, y en un exhaustivo estudio de las superficies mínimas necesarias de las células de vivienda.



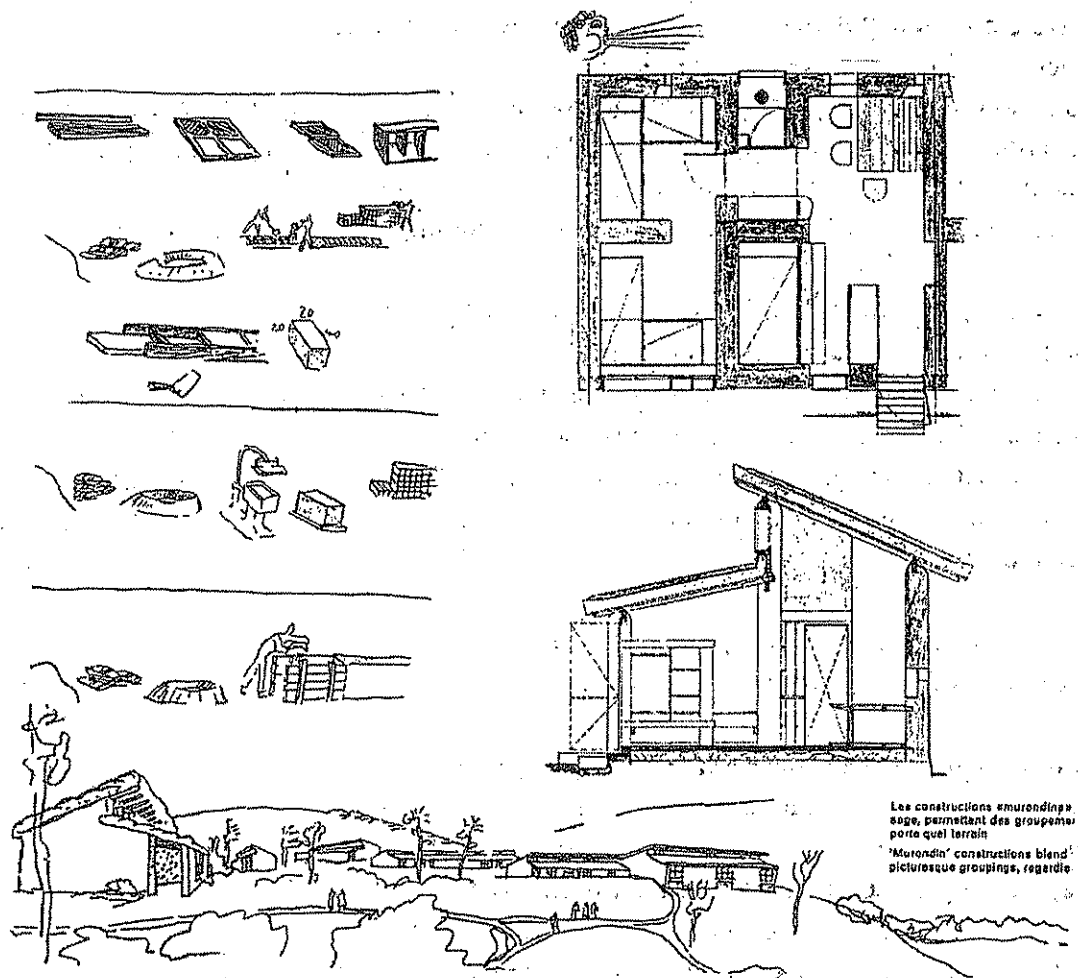


Fig. 139: Murondins

Ejemplo 2 - Proyecto de Pueblo, (1955) – JAMES STIRLING

(Del libro: Arquitectura: Forma, Espacio y Orden, de Francis DK.Ching).-

En este proyecto (al igual que en los "Murondins" de Le Corbusier), Stirling toma formas y tecnologías tradicionales y las sistematiza en esquema constructivo muy simple (tres muros de carga paralelos) que, acompañando la tradicional "calle" de pueblo le aporta una gran variedad, tanto a las posibilidades de armado de las células como a la imagen urbana resultante.

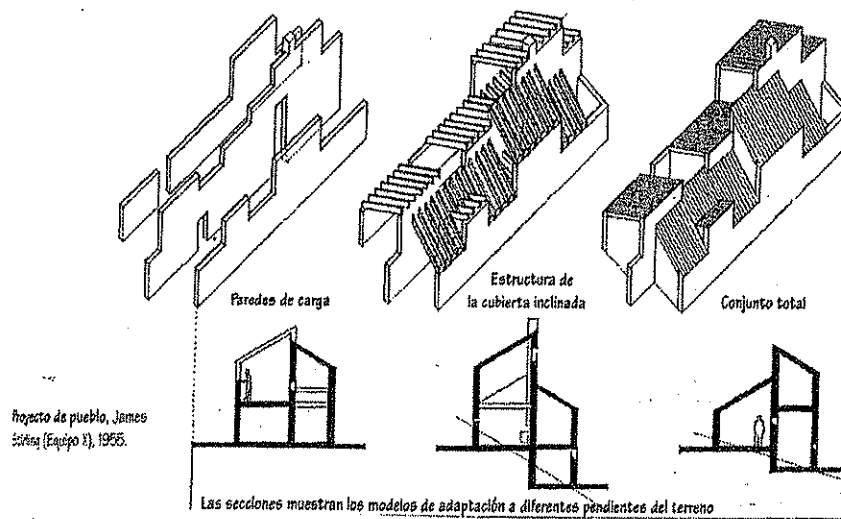


Fig. 140 : Proyecto de pueblo : J. Stirling

El Plano "Estratégico" (mediano y largo plazo):

Todo buen proyecto de arquitectura contiene el germen de lo que vendrá. En simultáneo con lo anterior, debemos esforzarnos por **romper la inercia de la mera coyuntura**, imprimiendo en el proyecto líneas de fuerza que proyecten la solución hacia un futuro deseable y posible.

En este sentido, convendrá fomentar soluciones tendientes hacia el **cambio racional de pautas técnicas, culturales y simbólicas** más ajustadas a una evolución progresiva de la realidad, a fin de facilitar la aceptación social de usos, materiales y técnicas no tradicionales, esquemas funcionales, imágenes, etc. originadas en un integral planteo del problema:

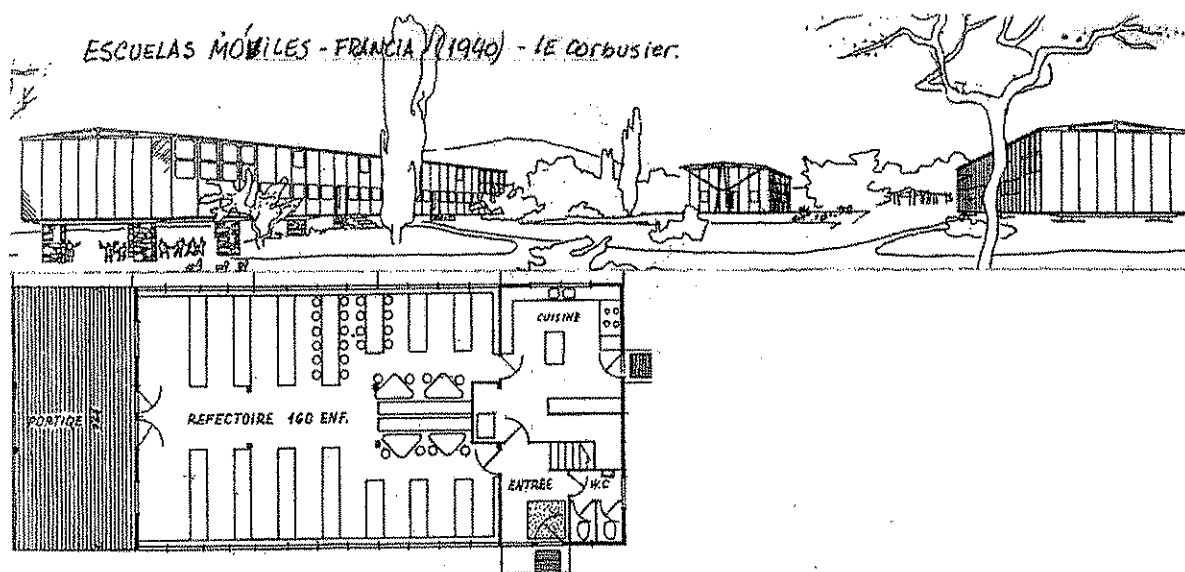
- Para ello será necesario intentar una **progresiva innovación tecnológica** que - a través de la potencial generalización de las soluciones- tienda a su tipificación y prefabricación, a técnicas de montaje en seco, etc., permitiendo la incorporación creciente de Valor Agregado (investigación, diseño, producción en serie, etc.), con el consiguiente progreso material y social que esto supone.

- En suma, **tender a una Industrialización de la Construcción**. Un país como el nuestro, extenso, escasamente poblado y con capacidad técnica y humana suficiente tiene en la Industrialización el instrumento más apto para su efectiva democratización. Y recíprocamente, la Industrialización tendrá en el sostenimiento de la demanda el pilar fundamental para su desarrollo sustentable.

Ejemplo 3 - "Escuelas Móviles" de LE CORBUSIER

Propuestas como equipamiento social de las Aldeas del ejemplo anterior, se enfatiza la "Visión Estratégica", puesta en la alta industria:

Apelando a lo más avanzado del desarrollo tecnológico del momento (la industria metalúrgica y automotriz) las escuelas son enteramente metálicas, realizadas en Talleres Metalúrgicos centrales, trasladadas y montadas "en seco" en el lugar. De esta manera, los dos planos, el "Táctico" y el "Estratégico", se complementan, haciéndose presentes en la conformación del pueblo rural.



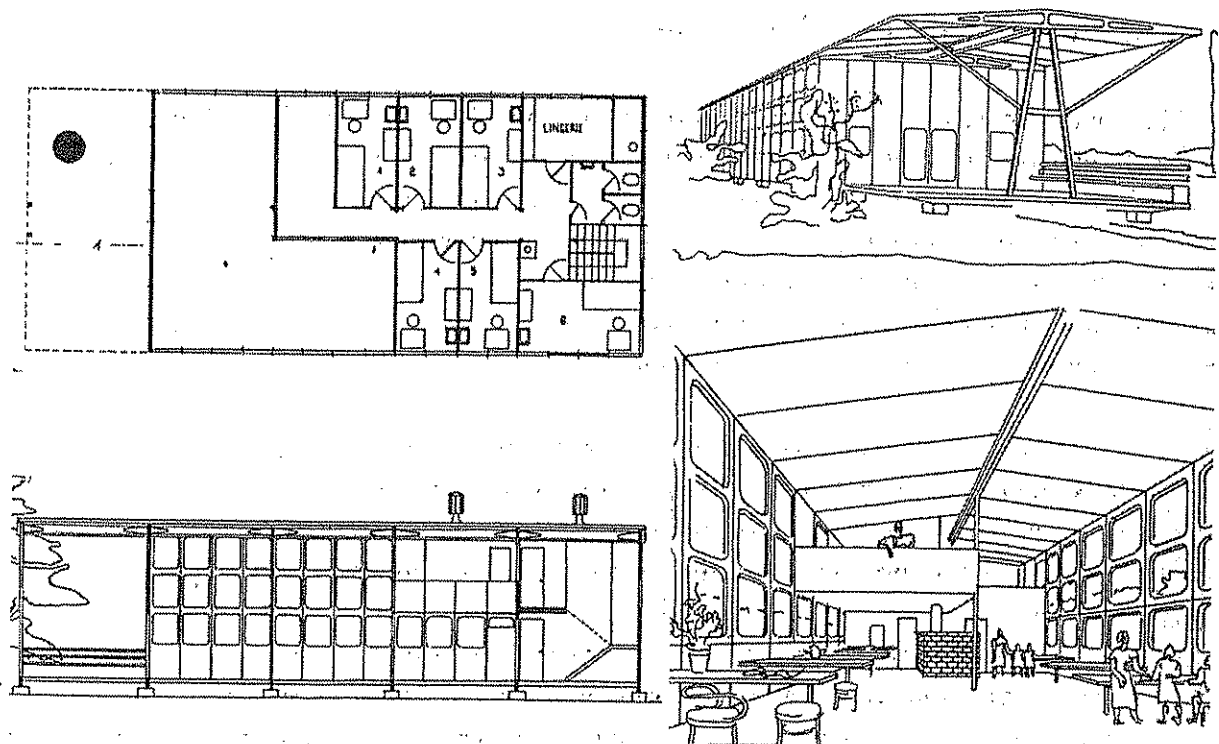
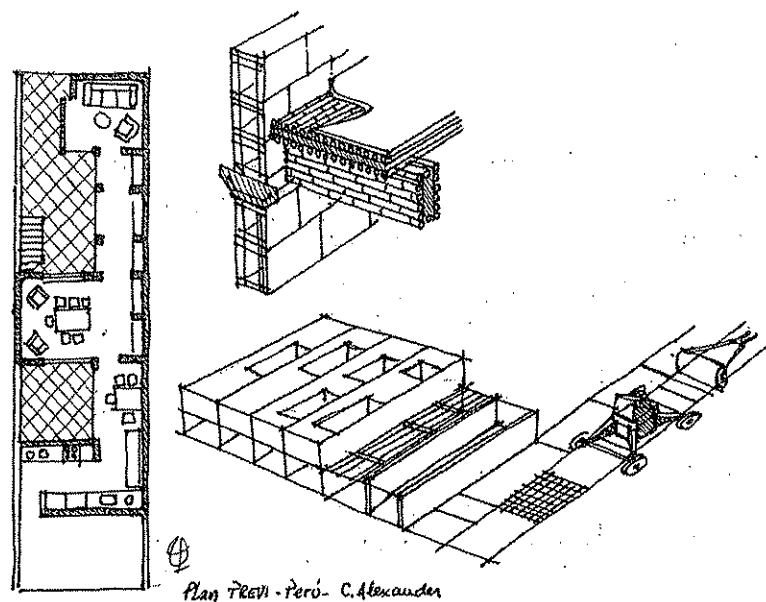


Fig. 141 : Escuelas móviles – L.C.

Ejemplo 4 - Plan Previ – Perú, (1969) – CRISTOPHER ALEXANDER

(Del libro: "El Crecimiento de las Ciudades" de D. Lewis).-

En este proyecto de gran envergadura que fue motivo de un Concurso Internacional (1500 viviendas más equipamiento urbano), sobre la base de un planteo de vivienda evolutiva que hace énfasis en el modo de vida tradicional, la solución tecnológica de Alexander se concentra en marcar una pauta de prefabricación y standardización, pensada en función de las posibilidades de explotar materiales y mano de obra local (tierra, cañas, etc.) combinándolas con la organización, los procedimientos constructivos y la maquinaria moderna.



Plan Previ - Perú - C. Alexander

Fig. 142 : Plan Previ Perú – C. Alexander

6.2. - Escala del Problema

El segundo factor a considerar surge de la correcta evaluación de la escala del Problema planteado, que se desprende al relacionar el Contexto histórico-social con el programa de necesidades concreto.

Si bien no es lo mismo un edificio de viviendas que uno cultural, un edificio único que uno repetitivo, uno muy pequeño que uno muy grande, esto no significa que haya "más" Arquitectura en el "grande" que en el "pequeño", ó en el "costoso" que en el "económico"; muchas veces sucede lo contrario: la escasez de recursos revaloriza la tarea proyectual.

Como bien sugería Adolf Loos, la valoración del proyecto es independiente del tamaño y costo del programa considerado, pero muy dependiente de la **caracterización arquitectónica del problema**; desde el lugar de emplazamiento (sus condiciones geográficas, climáticas y topográficas, su accesibilidad, la disponibilidad local de Materiales y Mano de Obra, etc.), hasta las exigencias funcionales, constructivas y simbólicas, la correcta caracterización del problema permite definir con cierta objetividad la **Escala y Proporción de los recursos empleados**.

Pero para ello hay que **reelaborar el programa**, poniendo en estado de duda ideas preestablecidas y de "sentido común", y evitando dar por obvias "soluciones" que a veces no lo son en realidad. (Un simple ejemplo lo constituye la ecuación "economía-mantenimiento", en donde muchas veces la fórmula vulgar: "económico = barato" queda refutada por la experiencia concreta. (p/ejemplo: Edificios públicos, edificios sometidos a usos intensivos; edificios con instalaciones especiales; edificios con exigencias concretas de crecimiento, cambio y flexibilidad, etc.)

La reelaboración del programa, el examen crítico de sus presupuestos a la luz de un análisis desprejuiciado y objetivo, promete cada vez que se intenta el redescubrimiento de **las posibles claves** del problema planteado.

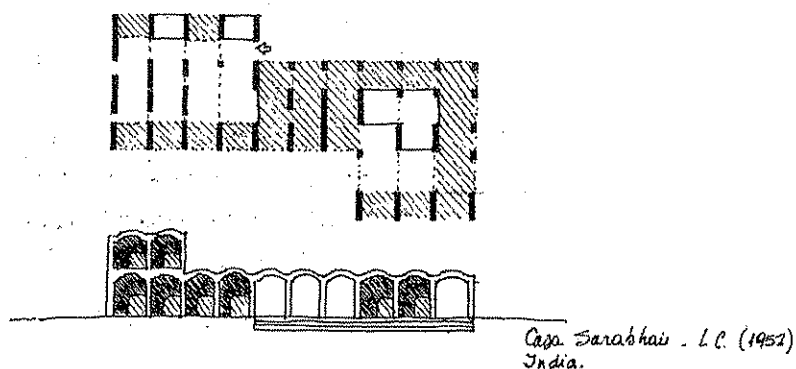


Fig. 143 : Casa Sarabhai - L.C.

CASA SARABHAI (1952), de LE CORBUSIER, realizada para la India. La conjunción de un clima extremo (cálido y húmedo) con una tecnología local (mampostería) se complementa para explicar un proyecto que busca aprovechar creativamente la tecnología disponible, las brisas, sombras y penumbras refrescantes y la excelente aislación térmica de la mampostería de ladrillo.

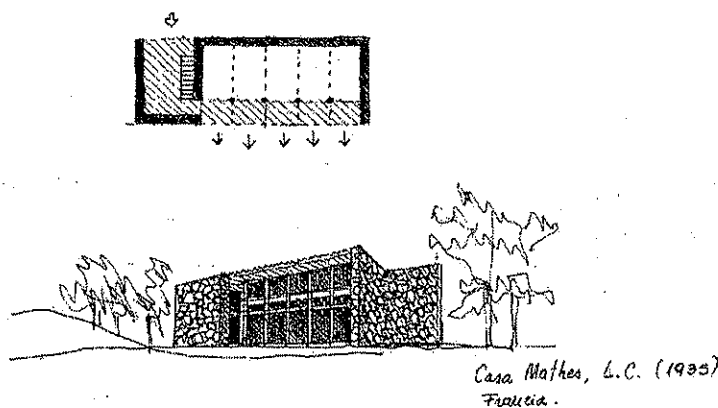


Fig. 144 : casa Mathes – L.C.

CASA MATHES (1935), de LE CORBUSIER, Casa de veraneo en una playa de mar. A partir de las limitaciones tecnológicas del lugar (prácticamente, un solo material: la piedra, y una sola mano de obra disponible en el lugar: albañilería) se concibe este proyecto mediante dos tecnologías muy distintas : Un macizo muro de piedra que mediante su forma envolvente "abre" y "cierra" respectivamente dos expectativas centrales (arribo-paisaje). Los locales interiores, cobijados por el muro, son resueltos con una tecnología "importada" (Madera), ejecutada enteramente en un Taller de la ciudad, transportada al lugar y montada en seco en muy poco tiempo por mano de obra especializada llevada al lugar ex-profeso.

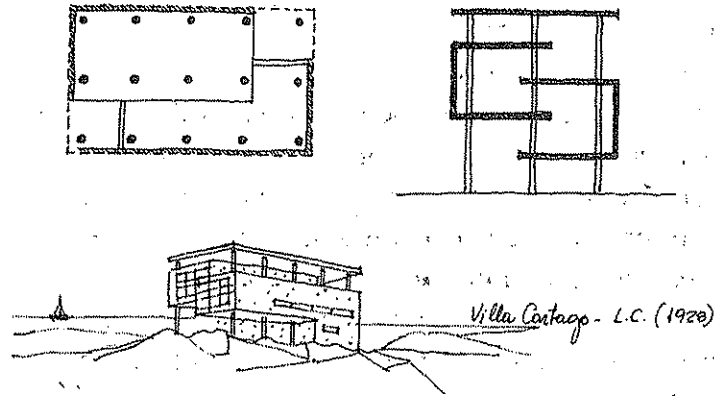


Fig. 145 : Villa Cartago – L.C.

VILLA CARTAGO (1926) de LE CORBUSIER. Casa de veraneo frente al mar. Ante una situación de playa más desértica, inhóspita y abierta, la propuesta consiste en una Estructura Independiente de Hº. Aº., una caja espacial autónoma que acentúa su juego espacial interior y el aprovechamiento de las largas visuales "a través" de la Caja.

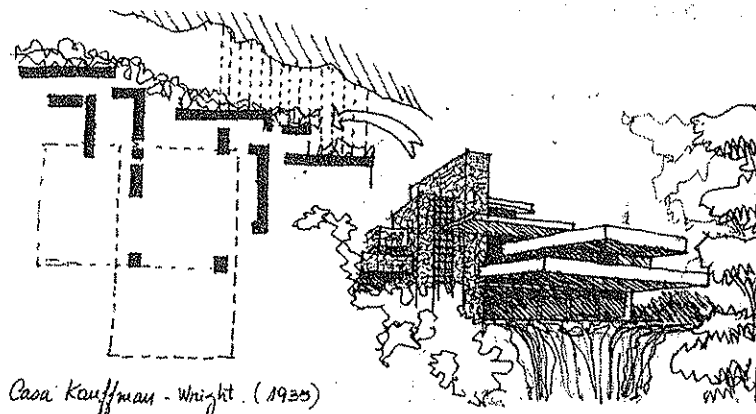


Fig. 146 : Casa de la Cascada – Wright

CASA DE LA CASCADA (1935), de FLL. WRIGTH. En esta célebre casa, la disponibilidad económica sin limitaciones, la espectacularidad del sitio y cierta carga de representatividad se conjugan para provocar una fuerte apuesta "orgánica" del Arquitecto. La Vivienda crece y se desarrolla, como un hongo silvestre, a la orilla y sobre la cascada, mediante audaces voladizos de Hormigón apoyados visualmente en el núcleo vertical, hecho con piedra del lugar.

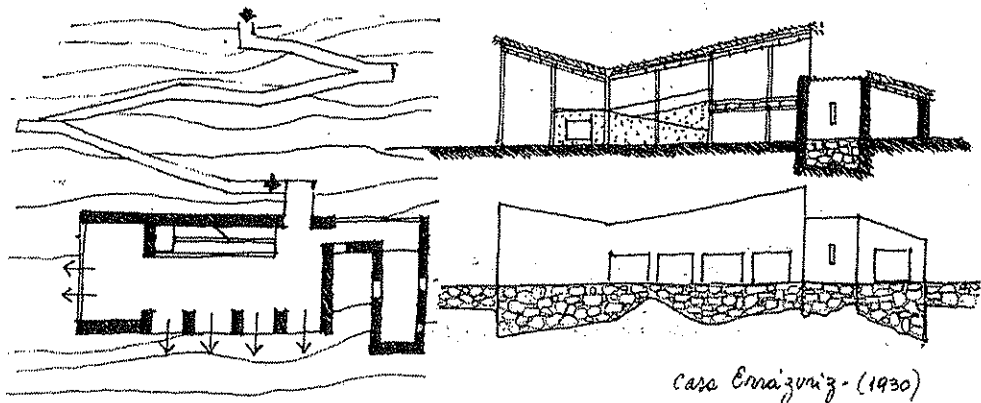


Fig. 147 : Casa Errázuriz - L.C.

CASA ERRÁZURIZ, (1930), de LE CORBUSIER. Lo inhóspito del sitio y las dificultosas condiciones de acceso (tanto de personas como de materiales) dan pie a una solución tecnológica apoyada en el uso excluyente de materiales del lugar, consistente en gruesos muros de piedra que sostienen un techo de troncos desbastados y cubierta de paja.

El acceso zigzagueante que baja de la ladera se prolonga en el movimiento de una rampa interior. El volumen de piedra, con sus diferentes tratamientos, marca la "terrazza" donde la casa se expande, en paralelo a la ladera de la Montaña. Por encima, las pendientes del techo enfatizan el sentido de fluencia del espacio interior.

6.3. - La Sensibilidad

Como anticipamos, el "Contexto Histórico-Social" y la "Escala del problema" mencionados nos permitirán establecer un marco objetivo en el cual encuadrar la opción tecnológica adoptada. Pero aún falta considerar un tercer factor, de peso decisivo en la arquitectura: **la propia sensibilidad del proyectista.**

La Sensibilidad Arquitectónica es una cosa mucho más amplia que el mero "gusto" personal. **Alimentada por el sitio, las condiciones del programa y una voluntad de expresión subjetiva intransferible**, la Sensibilidad se construye y actualiza sobre la base de poner el problema en un plano más objetivo y racional, asumiendo libremente sus condicionantes. No hay genuina libertad si no es dentro de los condicionantes reales del problema; aún las situaciones de extrema restricción tecnológica ó económica son un aliciente poderoso para **conquistar cierto margen de libertad interior** ante las opciones que se abren.

- **El Sitio de Emplazamiento**, con su clima y geografía, sus preexistencias ambientales, sus modos característicos de uso y ocupación del espacio, su historia y su memoria es, como ya dijimos, un "objeto" arquitectónico en sí mismo, un "lugar" que contiene un conjunto de particularidades, tendencias y líneas de fuerza ante los cuales el proyecto no puede permanecer indiferente y ajeno. Determinadas tecnologías y tradiciones constructivas, formas, colores y texturas, alineaciones, alturas y normas edilicias, **contextualizan la inserción del objeto en el sitio** imponiendo un diálogo entre lo nuevo y lo existente.

- **El Programa de Necesidades** contiene condicionamientos propios a la naturaleza de la función, de la exigencia simbólica y de la materialización del proyecto que son los que le otorgan **identidad al proyecto** como obra de arquitectura. Por ello, el proyectista no puede ignorarlos, so pena de caer en un formalismo vacío y sin fundamento.

- Finalmente, **la Sensibilidad** debe apoyarse en la búsqueda de correspondencias entre las propias vivencias y aquellos atributos de la materia capaces de reflejarlas, enfatizando un **Carácter** de acuerdo a una personal escala de valores.

Como siempre, otorgar a un proyecto "Identidad" y "Carácter" son la dificultad práctica mayor. Pero sin pretender agotar este dilema, que recorrerá toda la vida profesional del arquitecto, solo queremos hacer notar que **no son los atributos nominales del Material los que de por sí determinan esta síntesis, sino más bien el modo en que son manipulados en la relación Estructura-Cerramiento.**

En efecto; para expresar las "intenciones" del proyecto, hacemos frecuente alusión a "efectos" que las funciones de Sostén y Cerramiento pueden provocar sobre la percepción. Así, "**Imágenes de Materialidad**" tan habituales en nuestro oficio como oscuridad ó luminosidad, liviandad ó pesantez, inercia ó dinamismo, apertura ó cerrazón, opacidad ó transparencia, etc., aluden a intuiciones de cómo queremos que el objeto se presente ante la percepción sensible.

Pero esas imágenes no son meras consecuencias de la elección de un material determinado (Hor-

migón = “pesado”; Metal ó Vidrio = “liviano”; Caja muraria = “cerrado”; Estructura Independiente = “abierto”; etc.) sino fundamentalmente de la “**manipulación intencionada**” que hacemos de ellas. Puede haber liviandad, apertura, transparencia en edificios resueltos con materiales “pesados”, ó pesantez, cerrazón, opacidad, en edificios realizados con materiales “livianos”.

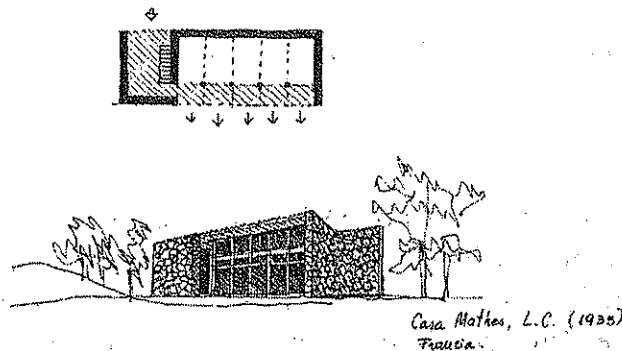


Fig. 144: Casa Mathes – L.C.

El efecto “pesante” y “Denso” del muro de piedra de la Villa Mathes se ve notablemente “alivianado” por el modo en que se implanta la liviana cubierta de madera que asoma retirada por sobre el borde superior, enfatizando la preponderante función de “Cerramiento” de dicho muro de piedra, y por la tecnología de montaje en seco de la estructura de madera “encerrada” entre los muros.

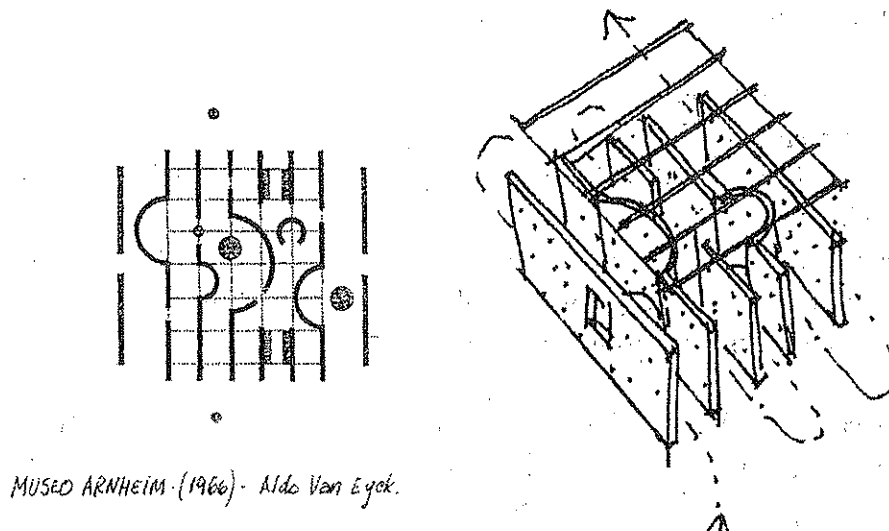


Fig. 148 : Museo Arnheim – A. Van Eyck

En el mismo sentido, las pantallas de mampostería del museo Arnheim de Aldo Van Eyck, que como planos paralelos independientes sostienen una liviana cubierta traslúcida e “inmaterial”, enfatizan la liviandad y fluidez de la obra a pesar de su estructura muraria, incorporando al recorrido repetidas veces el parque circundante.

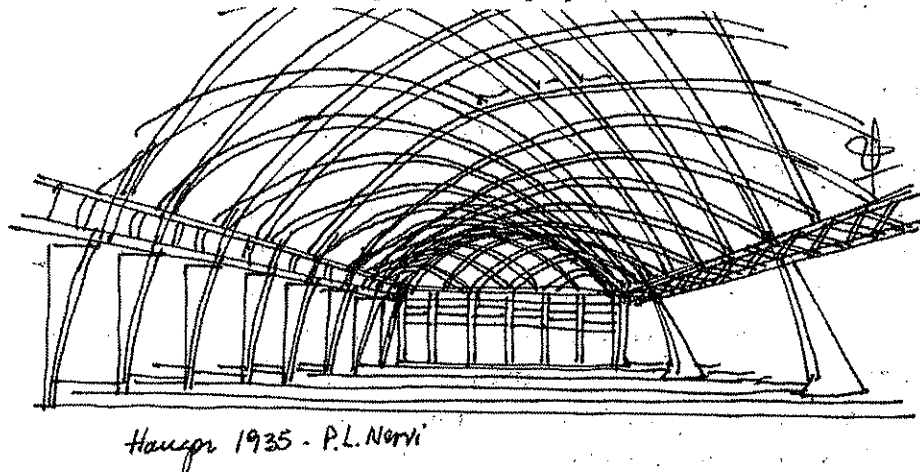
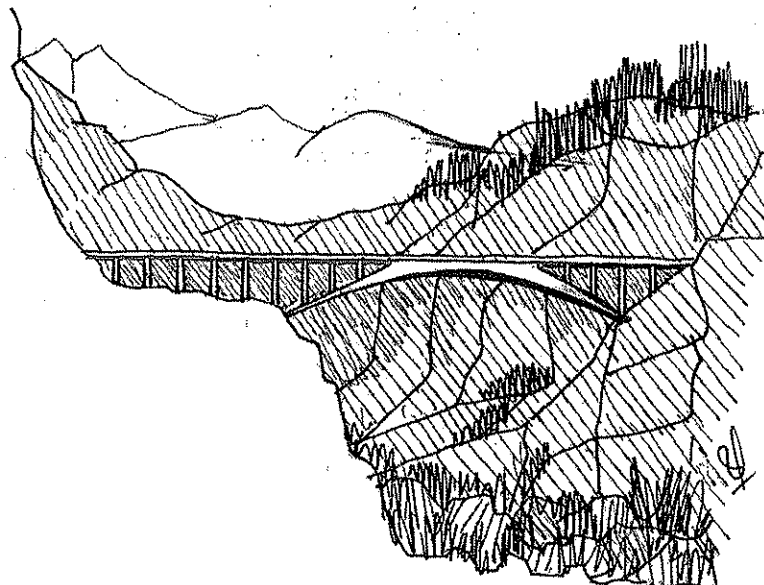


Fig. 149 : Hangar – P.L.Nervi

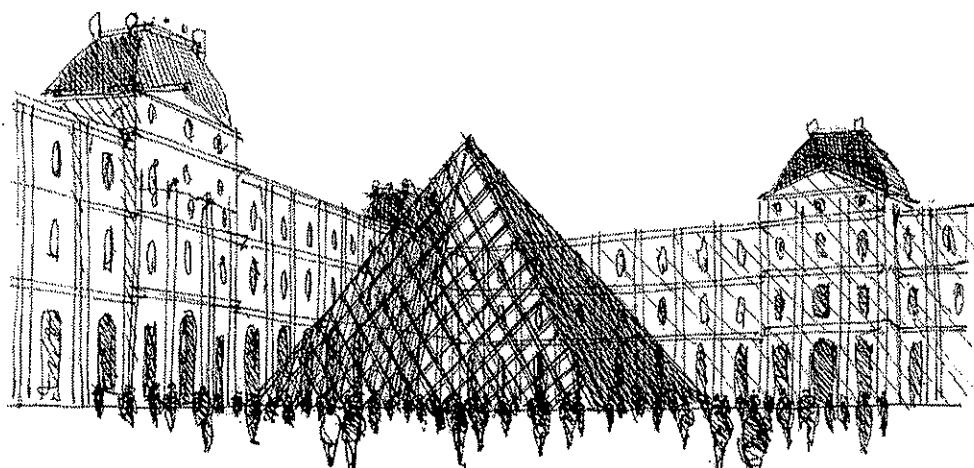
Las livianas y gráciles estructuras de Hormigón Armado (“material pesado”) de Maillart, Nervi ó Calatrava, expresando la “Tensión Activa” de cada una de sus partes, contradicen con su dinamismo la imagen de pasividad y reposo habitual de “lo portante”.



Puente Salginatobel - 1930. R. Maillart

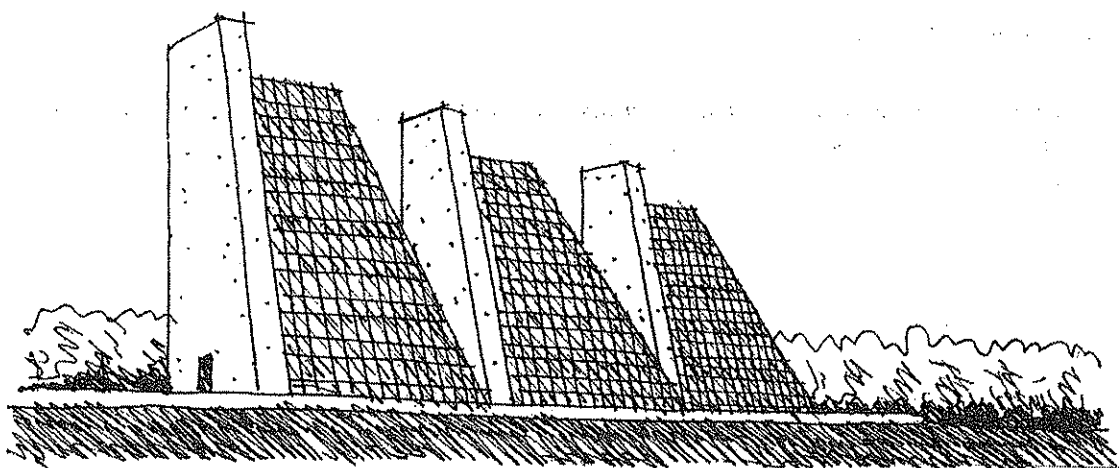
Fig. 150 : Puente Salginatobel – R. Maillart

Por el contrario, en la “pirámide del Louvre” de Pei, ó en el “College de Indianápolis”, de Roche y Dinkeloo, la forma volumétrica pura de la envolvente de metal y vidrio, (enfatzizadas en el primer caso por la dirección de sus generatrices metálicas), disminuye en gran medida el efecto de “livianidad” y “permeabilidad” esperable de una estructura de metal y vidrio, a pesar de la gran transparencia que objetivamente tienen.



ACCESO AL LOUVRE (1983) - I.M. Pei.

Fig. 151 : Nuevo acceso al Louvre – M. Pei



K. ROCHE Y DINKELOO - LIFE INSURANCE INDIANAPOLIS - (1967)

Fig. 152 : *Life Insurance* – K. Roche y J. Dinkeloo

Como vemos en estos ejemplos, el arquitecto no se somete pasivamente a los atributos del material, sino que lo manipula intencionadamente con una voluntad de forma nacida de su sensibilidad, transfigurando el material elegido.

7 – EL “ARTEFACTO” ARQUITECTÓNICO

Cuando hablamos del Partido dijimos que el problema planteado, si bien es de origen social, tiene “destino arquitectónico”. En efecto, la sociedad reclama a la arquitectura **resolver sus demandas mediante una técnica precisa**:

- técnica para “organizar” un objeto de acuerdo a una finalidad;
- técnica para dotarlo de un “Carácter e Identidad”;
- técnica para “Sistematizar” un conjunto de soluciones arquitectónico-constructivas.

Es decir, técnica para “Materializar” un objeto “hecho con arte”, un “artefacto”.

7.1. – Organización

a – Lógica

Al calificar a la “Caja Muraria” y a la “Retícula Estructural Independiente” como “sistemas completos de Arquitectura”, intentábamos expresar que ambos representaban algo más que meros esquemas estructurales, que ambos sintetizaban una respuesta coherente al problema, combinando con **una lógica propia** los criterios de Sostén, Cerramiento y Construcción, de acuerdo a su condición material:

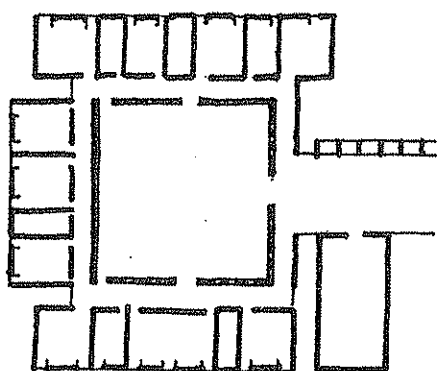


Fig. 153: Planta Iglesia de Rochester – L. KAHN

Caja Muraria: (Iglesia de Rochester)

- Materiales aptos para compresión
- Apoyos lineales
- Lógica bilateral ó perimetral de la planta
- Yuxtaposición de espacios (“recintos”)
- Unidades espaciales autónomas
- Espacios compartimentados
- Volúmenes y límites “sólidos”

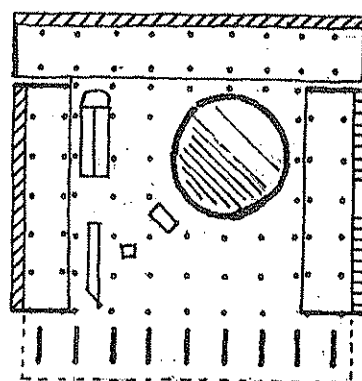


Fig. 154: Planta de la Asamblea de Chandigarh – L.C.

Estructura Independiente : (Asamblea)

- Materiales aptos para flexión
- Apoyos puntuales
- Lógica reticular de la planta
- Subdivisiones flexibles e indeterminadas
- Módulos espaciales “virtuales”
- Espacios fluidos
- Volúmenes y límites virtuales

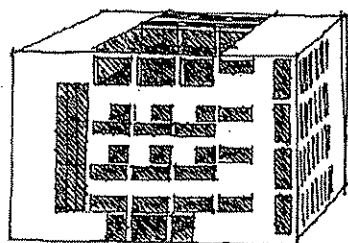
b – Imaginación

Pero los condicionamientos materiales, formando parte del juego, lejos de menoscabar la creatividad la potencian: “Cómo hacer una “Caja Muraria con apoyos puntuales” ó “cómo hacer una Retícula estructural con muros de carga” son preguntas pertinentes a la Imaginación. **Jugar con la Imaginación supone tanto manejarse dentro de unas reglas como transgredirlas, a condición de que en el acto de hacerlo quede implicado su reconocimiento consciente, no su ignorancia ó supresión.**

Así, por ejemplo, la opción por una “caja muraria” no supone necesariamente muros opacos y cerrados, sino también la sucesión de una serie de apoyos convenientemente distanciados de acuerdo a las posibilidades estructurales del material, dejando amplias posibilidades de aperturas calificadas, como en la Casa Sarabhai ó la loggia del Ayuntamiento de Murcia. (En este último caso, podríamos recordar aquella sucesión de columnas del Partenón -ya comentada- donde al mismo tiempo que permitía vincularse con el exterior afirmaba el volumen, creando un “muro virtual”).

Inversamente, la opción por una estructura independiente no es obstáculo para trabajar un volumen masivo, a condición de involucrar conjuntamente estructura y cerramientos en un sistema constructivo que coordine forma, posición relativa y concatenación constructiva de sus elementos. (casa del Fascio).

IMAGINACIÓN Y LÓGICA.



Casa del Fascio - 1936 (G. TERRAGNI)

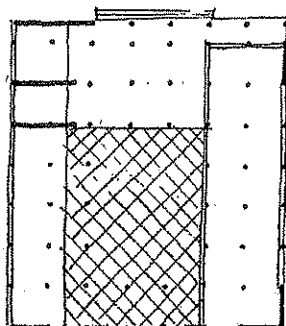
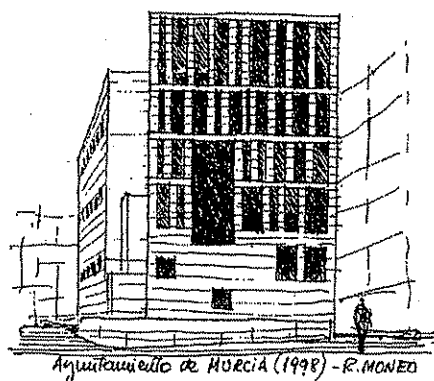


Fig. 155 : Casa del Fascio – G. Terragni



Ayuntamiento de Murcia (1998) - R. MONEO

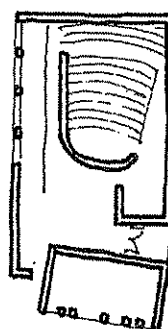


Fig. 156: Ayuntamiento de Murcia – R. Moneo

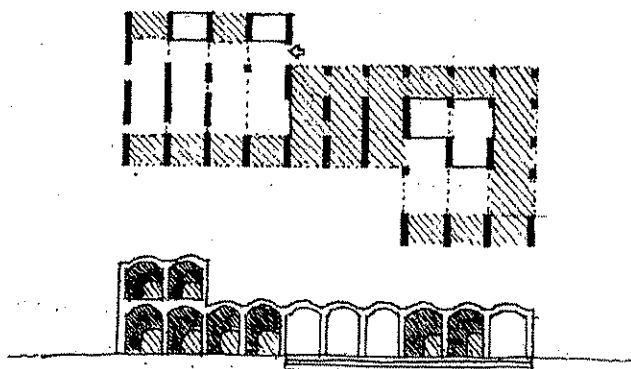


Fig. 157 : Casa Sarabhai – L.C.

Vemos en estos ejemplos como los condicionamientos del material se combinan con "intenciones" más amplias y complejas (involucrando aquellos factores ambientales, culturales, históricos, climáticos, etc.), para dar como resultado un objeto arquitectónico capaz de otorgar al artefacto carácter e identidad.

7.2. - Carácter e Identidad

Podemos definir como el "**Carácter**" de una obra de Arquitectura a aquellos rasgos particulares que la distinguen, visibles en ciertos énfasis - que podríamos llamar "exteriores" - de su imagen. La "**Identidad**", en cambio, se centra en la esencia de su estructura formal, como producto de la relación entre sus condiciones programáticas y los criterios de Orden adoptados (lo que podríamos llamar "partido"). Tanto la potencia expresiva que transmite su imagen como la energía constructiva que emana de su materialización dependerá entonces del carácter e identidad de la obra, originadas en la voluntad de afirmar una intención. En ese sentido, la Estructura, el Cerramiento y el Sistema Constructivo entretejen una trama de relaciones, que plasma en el "carácter" e "identidad" del proyecto su particular originalidad. **Si la Estructura Portante tiene un peso decisivo en la identidad del Espacio, los Cerramientos y el Sistema constructivo lo tienen en el carácter de la Envolvente arquitectónica.**

a - Impronta Estructural

Como vimos anteriormente, el esquema estructural de un edificio es la resultante de un sistema interrelacionado de Cargas, Luces, Apoyos y Tensiones causadas al material, interactuando según las leyes de la Estática y de la Resistencia de Materiales, de las que depende su racionalidad intrínseca.

Peró su pertinencia arquitectónica, plasmada en una distribución racional de las cargas, una discriminación adecuada de las luces, unas razonables alternativas de apoyo y una coherente elección del material, depende de unas decisiones de Partido que además de satisfacerlas debe amalgamarlas en un "Todo". Y en éste Todo, la estructura portante tiene un rol preeminente.

En efecto, por su función primordial de Sostén la estructura constituye **el primer acto de toma de posesión del espacio**, condicionando la permanencia y la evolución ulterior del edificio en el tiempo, más allá de la función originaria. **Primer sub-sistema fijo del proyecto**, determina sus principales trazas directrices sobre el terreno, coordinando las dimensiones, delineando las posibilidades de apertura, los flujos espaciales y la flexibilidad de los usos.

La estructura proporciona un fuerte "orden inicial" donde poder establecer unos criterios de jerarquía y unos márgenes de variabilidad de los restantes elementos, muy especialmente de los cerramientos. Tanto los elementos materiales como "inmateriales" (el espacio y sus virtualidades), tanto su carácter e identidad como las potencialidades de la función quedan marcados a fuego por la Estructura Portante.

El impacto de la impronta estructural es tan grande -como vemos en las arquitecturas de todos los tiempos- que su consideración no puede quedar relegada a un segundo plano, acomodada según razones de menor rango ó delegada en manos del Especialista. Sus vinculaciones con las decisiones de partido de ningún modo son mecánicas y lineales sino estructurales, dialécticas, de ida y vuelta hasta su ajuste recíproco.

En los siguientes ejemplos vemos como la **opción estructural adoptada deja su impronta en el**

carácter del espacio, determinando su introversión ó extroversión, espaldas, aperturas, expansiones y en general, la dinámica de la fluencia espacial.

CARÁCTER DEL ESPACIO - IMPRONTA ESTRUCTURAL

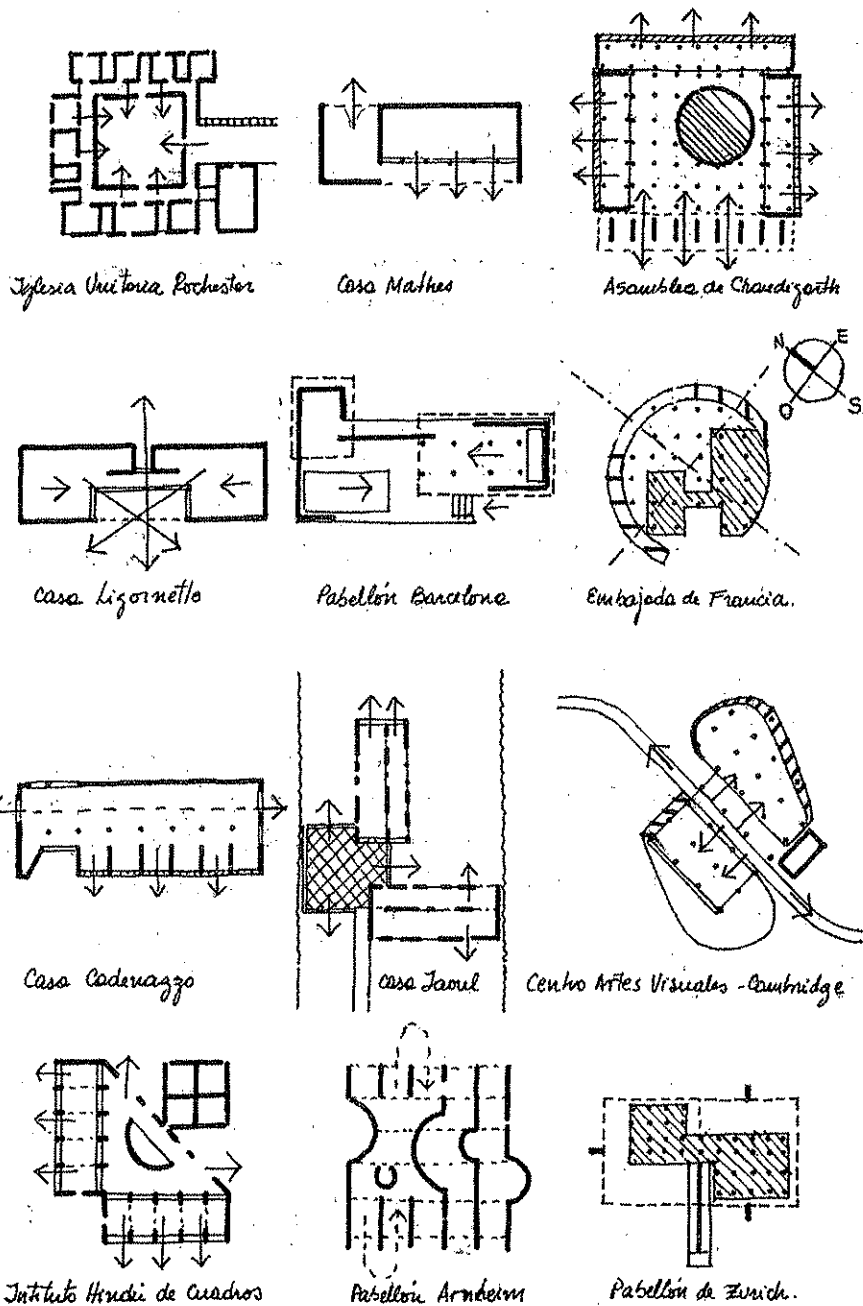


Fig. 158: Carácter del Espacio: Impronta Estructural

Plantas: Iglesia Unitaria de Rochester - Villa Mathes - Palacio Asamblea de Chandigarh - Casa Ligornetto - Pabellón de Barcelona - Embajada de Francia en Brasil - Casa Cadenazzo - Casas Jaoul - Centro de Artes Visuales - Instituto Hindi de Cuadros - Pabellón Arnheim - Pabellón Zurich

b - Cerramientos y Sistema Constructivo

Los Cerramientos (tanto muros, tabiques y aberturas como cubiertas, pisos y entrepisos), cumplan ó no alguna función estructural, deben asegurar adecuadas condiciones de funcionamiento y

habitabilidad, tanto de protección, aislación y acondicionamiento ambiental como a las derivadas del uso, apariencia y mantenimiento. Pero su importancia no se agota en ello, pues su extensión y complejidad funcional los convierte en un **factor determinante de la economía, factibilidad y eficacia del Sistema Constructivo, y por ende, de la imagen arquitectónica**. En efecto, de ellos se deriva:

Procesos constructivos:

- “**unificados**” (mamposterías u hormigones que resuelvan el sostén y cerramiento con un monomaterial).
- “**correlativos**”, (según funciones de sostén y cerramiento vinculadas en un mismo proceso constructivo “in situ”)
- “**Independientes**”, tanto en el tiempo como en el espacio (p/ej.: partes in situ - partes en talleres - partes en industrias (prefabricación, etc.)

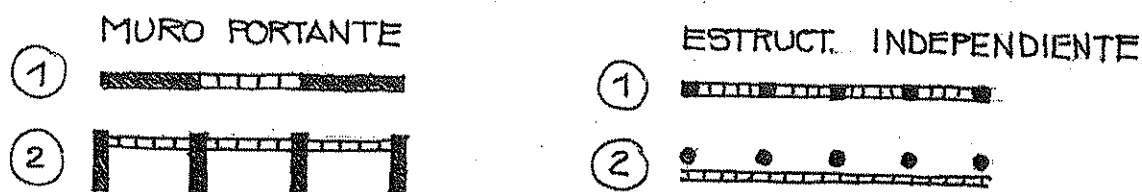
Sistemas de modulación:

- con un “**módulo común**” (generalmente la medida del mampuesto)
- con “**módulos coordinados**” entre sí (generalmente a partir de un módulo patrón, que suele ser el estructural)
- con “**módulos autónomos**”. (generalmente, diferentes sistemas industrializados, con elementos de ajuste entre unos y otros)

c - Relación Estructura-Cerramiento

No es nuestro propósito agotar aquí todas las combinaciones posibles de la relación Estructura-Cerramiento, sino simplemente ejemplificar cómo de las **diversas alternativas de asociación entre las tipologías estructurales y los sistemas constructivos adoptados** se desprenden naturalmente innumerables posibilidades de manipular la imagen de la envolvente resultante:

Alternativas de Asociación



Muro portante

- A partir de un proceso constructivo “unificado” y con un “módulo común”, **Recortes y/o engrosamiento** del plano del muro (Caja muraria en Casa Ligorretto - nichos de ventanas y equipamientos, en la iglesia de Rochester).
- A partir de procesos constructivos “independientes” y “módulos autónomos”, el **Contraste** entre los planos densos y opacos del muro de piedra y los elementos livianos y transparentes de la estructura de madera de la casa Mathes.
- A partir de un proceso constructivo “correlativo” y “módulos coordinados”, la **Profundidad** conseguida en la Casa Sarabhai entre la estructura (pantallas de mampostería portante) y los cerramientos independientes.

Estructura independiente

- A partir de un proceso constructivo "correlativo" y "módulos coordinados", la **Unificación volumétrica** de la envolvente en la Casa Cadenazzo ó en Casa del fascio.
- A partir de un proceso constructivo "correlativo" y "módulos autónomos", la **Superposición** de los planos de estructura y cerramiento en villa Savoie.
- A partir de procesos constructivos "independientes" y "módulos autónomos", la **superposición** de los planos de estructura y cerramiento del Curtain Wall.
- A partir de procesos constructivos "correlativos" y "módulos coordinados", la **Profundidad** de la Envolvente en la Casa Curutchet.

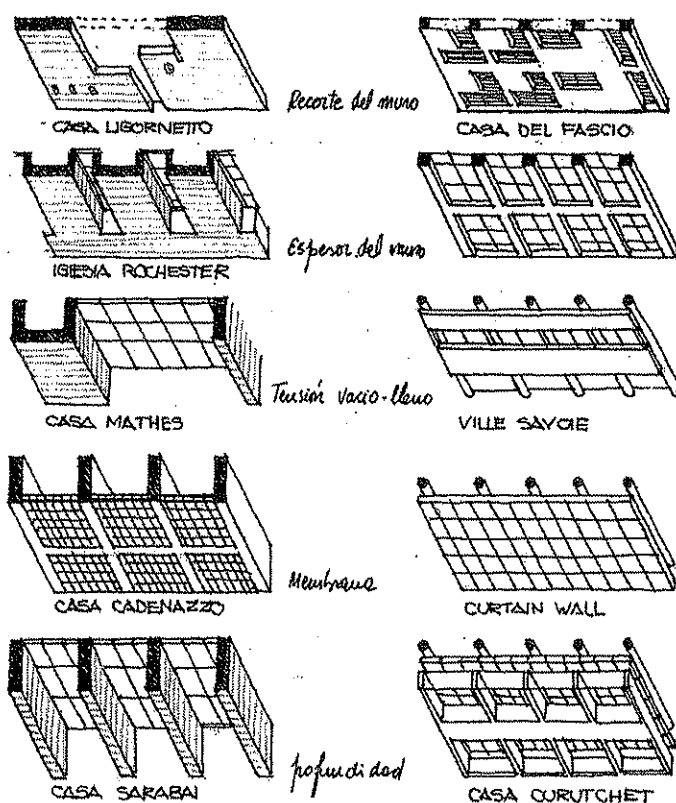


Fig. 159: Carácter de la Envolvente

7.3. - Sistematización

Llegado a un determinado estadio del proceso, un cúmulo de "intenciones" han derivado en un conjunto de "ideas generales" para los diversos aspectos del objeto. Pero para hacer arquitectura no bastan las buenas intenciones ni las ideas generales si no somos capaces de coordinarlas entre sí y darles una estructura coherente.

Por lo tanto, "Sistematizar" significará poner en una norma común el conjunto de lógicas parciales (Funcionales, Formales, Constructivas), que no siempre son coincidentes. La **"Sistematización"** dependerá entonces de su condensación en un triple orden, dimensional, geométrico y formal, que integre lo arquitectónico y lo técnico en un "Todo". (pues como ha dicho L. Kahn, "nada juega si el Todo no juega"):

a – Orden dimensional, Geométrico y Formal

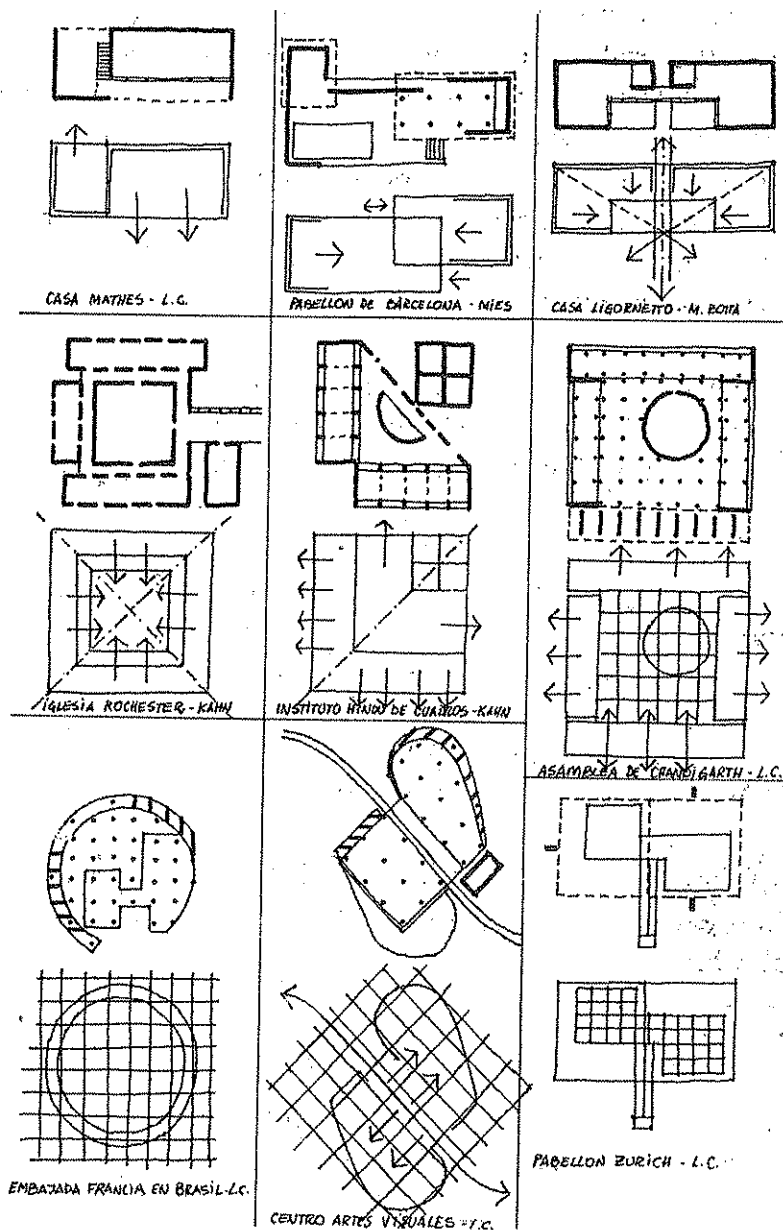


Fig. 160 : Orden dimensional, geométrico y formal

Plantas: Casa Mathes – Pabellón de Barcelona – Casa Ligornetto – Iglesia Rochester – Instituto Hindi de cuadros – Asamblea de Chandigarh – Embajada de Francia en Brasil – Centro de artes Visuales Carpenter – Pabellón Zurich

- El **orden dimensional** supondrá **compatibilizar** las medidas necesarias para la función, el esquema estructural y el constructivo, coordinándolos mediante pautas dimensionales conjuntas.

- El **orden Geométrico**, **coordinar** mediante trazados geométricos los diferentes elementos constructivos, regulando su posición y dirección en el espacio, aportando así una constructividad esencial.

- El **orden formal** supondrá **componer** un conjunto de formas, englobantes de la impronta estructural, de la organización de la planta, de la volumetría general y de la imagen.

b – Instrumentos

Las percepciones y vivencias del espacio arquitectónico (materializadas en la sucesión de un recorrido, en los grados de densidad de la Materia, en las diferentes calidades de la luz, etc.), **dependerán de la manipulación intencionada de la Estructura, del Cerramiento y del Sistema Constructivo**, mediante el manejo de los instrumentos de siempre del oficio de Arquitecto:

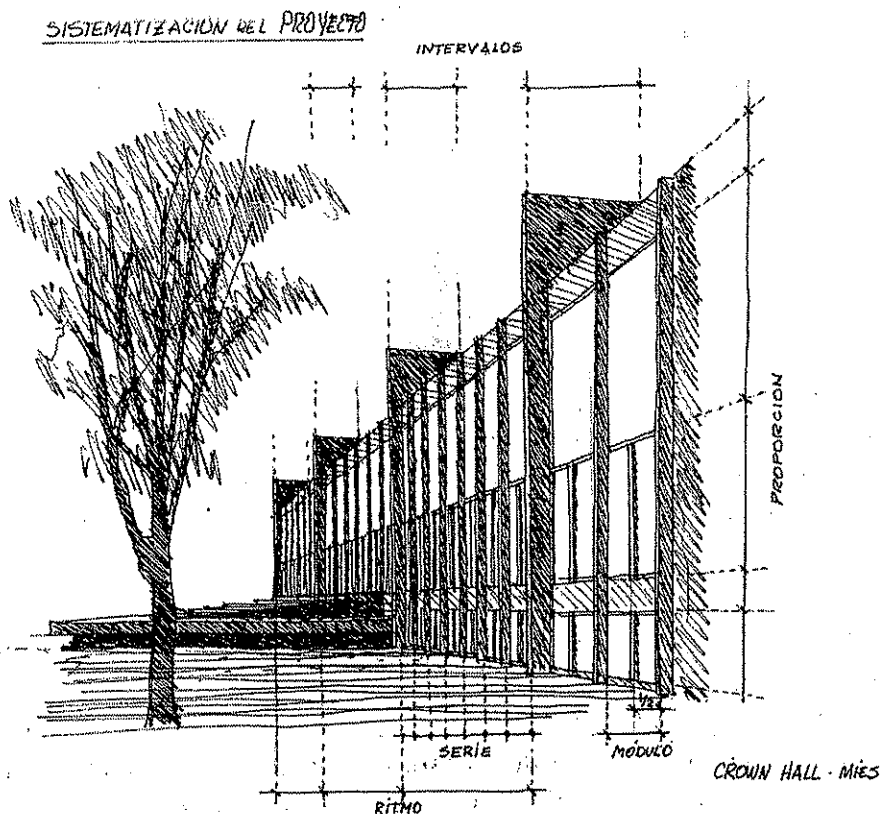
Medidas, Escala, Proporción:

- **Las Medidas** (dato objetivo) de los elementos constructivos, del hombre y sus funciones, que permiten **definir constructivamente** los elementos componentes.
- **Las Relaciones de Escala**, es decir, el “**efecto de tamaño**” causado por el espacio sobre el sujeto que lo percibe (en movimiento).
- **Las Relaciones de Proporción**, es decir, el “**efecto de forma**” causado por la relaciones entre las medidas de las partes (ancho-alto; grosor-esbeltez; vacío-lleno, etc.)

Geometría y Aritmética:

Toda forma puede ser construida geométricamente y definida numéricamente. Gracias a su profunda compenetración, **nos permiten tanto imaginar como experimentar el espacio-tiempo arquitectónicos**:

- **La geometría**, mediante el **movimiento** (traslación, rotación) de puntos, líneas, planos, volúmenes, “**construye el espacio**” fijando la posición, dimensión, y dirección de los elementos arquitectónicos y constructivos.
- **La aritmética**, mediante el **cambio y la repetición** (antes-después; igual-distinto, etc.) “**los ordena en el tiempo**”(sucesión, concatenación, subdivisión, módulo, serie, ritmo, intervalo).



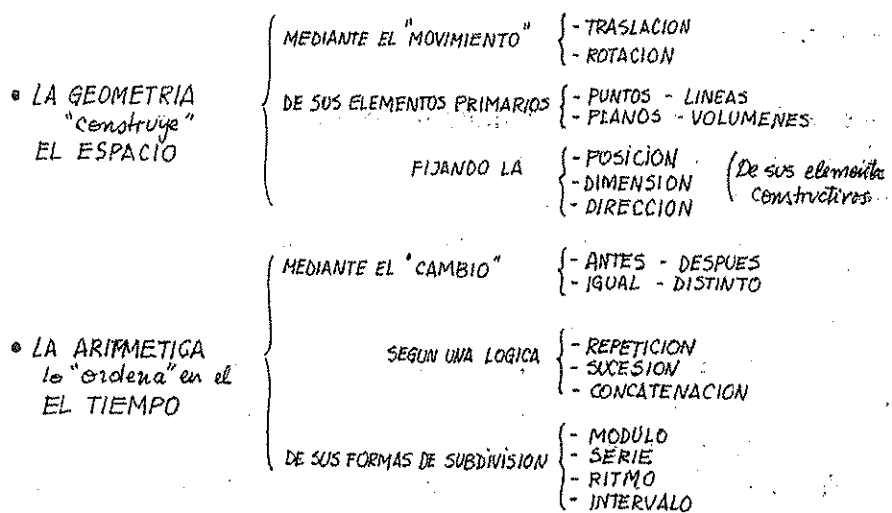
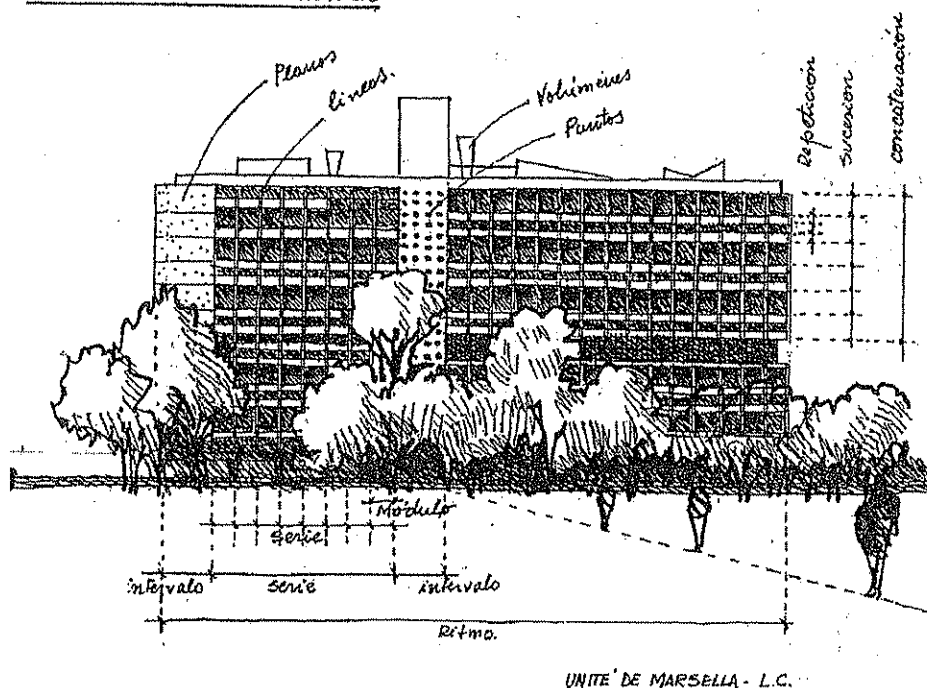


Fig. 161 – Crown Hall – Mies van de Rohe

SISTEMATIZACION DEL PROYECTO



UNITE DE MARSELLA - L.C.

Fig. 162 – Unidad de Habitación en Marsella – Le Corbusier

Como la Música con los sonidos, podríamos decir que la Arquitectura surge de la relación entre los espacios pasados, presentes y futuros, hilvanados en el tiempo por el recorrido. En su percepción, pues, no hay "instantaneidad" sino "sucesión" de materia y espacio, ordenada por un plan que sólo se recompone y totaliza mediante la facultad asociativa de la memoria.

Así, la Arquitectura "actúa" en el Espacio, siendo el Tiempo su "escenario". Materia y Vacío se encadenan por una lógica que tiene en la repetición (lo mismo), la variación (lo diferente) y el cambio (lo distinto) sus instrumentos principales.

Espacios y elementos materiales no adquieren sentido de por sí sino por sus relaciones con los futuros y precedentes. Estas relaciones no pueden ser sino abstractas, mentales, inmateriales, y sin embargo, con un grado de existencia superlativo, pues en ellas radica la infinita variedad y sutileza de la Arquitectura.

Segunda Parte:
EL PROYECTO Y LA OBRA

8 - LA FUNCION DE CERRAMIENTO

8.1. - Evolución

Como vimos al hablar de "Partido y Materialidad", una actitud más analítica y racional inducida por el desarrollo científico alentó una mayor racionalización en el diseño constructivo. Fue posible así analizar separadamente el comportamiento de las partes elementales de un edificio (Paramentos verticales y horizontales, cubiertas y entrepisos, aberturas, etc.) a fin de estudiar en cada uno de ellas las formas de incidencia de los fenómenos atmosféricos, ambientales, estructurales, etc., y las soluciones más adecuadas.

Así, el objeto arquitectónico evolucionó desde la primitiva indiferenciación del Sostén y Cerramiento hacia una **progresiva descomposición elemental del edificio en "partes", "funciones" y "procesos"** ("esqueleto" y "piel"; Sistemas de Aislación y Protección, de Ventilación e Iluminación, de Circulación, de Evacuación, etc.), y una mayor especialización funcional. Un conocimiento más exacto de los fenómenos naturales y del comportamiento del material será el que a posteriori permita su "recomposición", como "**asociación coordinada**" de materiales operando conjuntamente para neutralizar sus efectos.

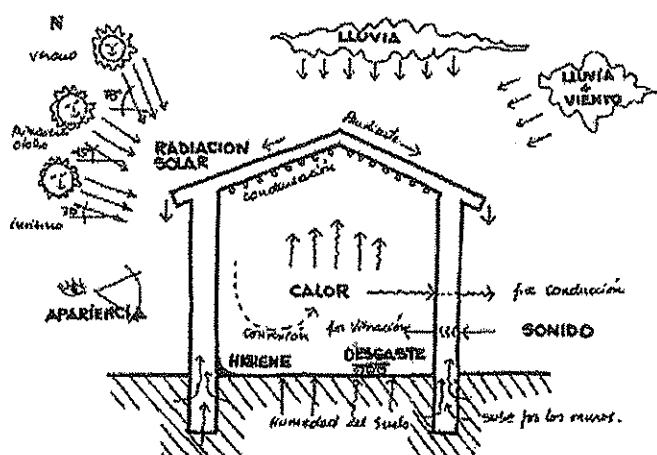


Fig. 163: Fenómenos Incidentes

En consecuencia, y ante la velocidad de los cambios tecnológicos, es vital para el arquitecto desarrollar la capacidad de diseñar estrategias para neutralizar la progresión de dichos Fenómenos, con los materiales más disímiles en cualquier circunstancia y lugar.

En razón de que la finalidad del proyecto no se agota en dicha neutralización, debiendo contemplar también otros factores (Funcionales, formales, productivos, etc.), y de que la mayoría de las veces aquellos fenómenos actúan combinadamente, la "**Composición**" de un Cerramiento es una operación compleja donde – aunque útiles – no son suficientes ciertas soluciones cristalizadas en los "Manuales de Construcción", que nos eximan de apelar al ingenio constructivo, aplicado a una síntesis inteligente y desprejuiciada de tres aspectos que constituyen la esencia del "**Detalle Constructivo**":

- La comprensión cabal de **las formas de incidencia** que adoptan dichos fenómenos a la luz de las leyes físico-químicas que los rigen.
- La utilización de **los materiales más aptos** para oponerse a su progresión, según propiedades específicas.
- La combinación de **las estrategias constructivas** que combinen las intenciones del proyecto con la experiencia empírica acumulada, el ingenio y oficio constructivos.

Para dar una idea elemental de estos temas (de una vastedad en cierto modo inagotable, pero que admiten su abordaje a partir de la comprensión de principios muy simples), haremos en esta segunda parte del curso un análisis del comportamiento físico-químico de los principales **fenómenos incidentes** (cuyo conocimiento profundo acicatea la imaginación), de las **principales propiedades exigibles** a los materiales para neutralizarlos, y de algunas de las **estrategias constructivas** más habituales que se ha probado eficaces para controlarlos, y cuyo innegable potencial didáctico y formativo incorpora herramientas a la formación.

En líneas generales se podrá observar que, en la mayoría de los detalles, se tratará de “conducir” la progresión del fenómeno hasta su neutralización y eliminación completa, y solo cuando esto se revela imposible, oponerse e impedirlo frontalmente.

Pero antes de internarnos en su estudio técnico-científico parece necesario efectuar una reflexión sobre la importancia del Detalle en la arquitectura y de los modos de incorporarlo al oficio.

8.2. – Estudio del Detalle

a - Partido y Detalle

Cuando se trata el tema del Detalle, es frecuente citar las frases de dos pioneros de la Arquitectura Moderna: “Dios está en los Detalles”, de Mies Van de Rohe, y “En el proyecto no hay detalles”, de Auguste Perret. Estas frases, de primera intención aparentemente contradictorias entre sí, analizadas detenidamente sugieren, no obstante, una íntima complementación.

La primera -haciendo eje en la unidad de intención- parece aludir a un invisible hilo conductor que debe recorrer todas las partes de la obra; la segunda -haciendo eje en el método- enfatiza la unidad fundamental del proceso proyectual por sobre los detalles. Unidad de intención y unidad de método parece ser, pues, el mensaje de estos dos maestros de la arquitectura.

Hay sin embargo cierto pensamiento lineal que, siguiendo un aparente “sentido común” propone el camino de un agrandamiento progresivo del dibujo, hasta culminar en el “Detalle Constructivo”. Pero la relación del Detalle con el Partido no es de ningún modo una relación linealmente determinada, donde el Detalle juega un papel dependiente y subordinado de lo que dicta “la Idea”. El proceso real de diseño es un proceso dialéctico en el que el Detalle aparece repetida e inopinadamente en la cabeza del proyectista, influyendo en la idea general de Partido; **el Detalle es un “comprimido”**, una molécula de energía constructiva conjugando la Idea con su Materialidad más específica y es, por lo tanto, la mayor aproximación posible, tanto a su factibilidad práctica como a su eficacia expresiva.

Si ha sido necesario ir de lo general a lo particular para redondear la Idea, ésta no se completa si simultáneamente no realizamos el camino inverso -de la Materia a la Idea- indagando en sus propias lógicas hasta que ambas coincidan. **La mirada del arquitecto debe ser “bifocal”**, con un ojo puesto en la idea y el otro en su materialización, descubriendo las contradicciones ó correspondencias recíprocas. Procediendo de esta manera, lo Constructivo no será ya un conjunto de especificaciones técnicas perteneciente a un campo ajeno al proceso de ideación arquitectónica sino parte constitutiva del mismo, su “contracara material”.

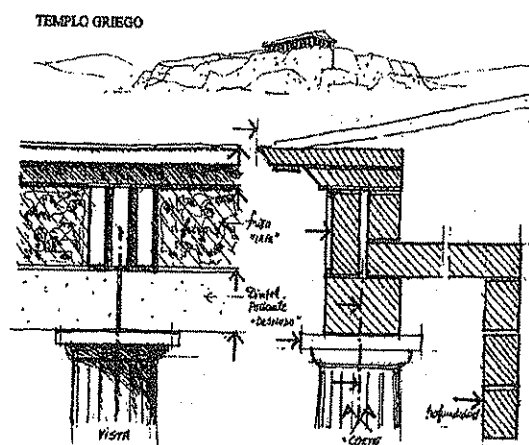


Fig. 164: Detalle crítico de Templo griego

b - Detalle y Lenguaje

“La estrategia del detalle es, en verdad, uno de los elementos reveladores de los cambios del lenguaje arquitectónico”, dice Vittorio Gregotti. La problemática del Detalle pone sobre la mesa cuestiones sobre las que fluctúa el hacer arquitectónico: Elocuencia Figurativa-Economía Expresiva; Parte-Totalidad; Unidad-Diversidad; Necesidad-Libertad; Forma Sustantiva-Forma Adjetiva; etc., son pares polares que nos remiten a juicios sobre el progreso y la tradición, la técnica y la sensibilidad, el oficio y la creación, es decir, a una **toma de posición ética y estética respecto a las relaciones entre sociedad y tecnología, imagen y lenguaje.**

El estudio del detalle es el estudio de la “parte”, y de sus vinculaciones con otras partes. Existe la tentación de hacer una cierta analogía entre el Detalle y el Lenguaje verbal. Haciendo un paralelo podríamos decir que el estudio del Detalle examina “las letras y palabras” con las que se construirá “el texto” de la obra. Pero la analogía llega hasta allí, pues el lenguaje arquitectónico no es discursivo sino figurativo, plástico y material. En él, son las leyes perceptuales y psicológicas, jugando con las leyes físicas y los atributos del material, las que establecen los parámetros principales para su “lectura”. Sus “instrumentos de escritura” vuelven a ser aquellos instrumentos del oficio que permiten la vivencia espacio-temporal: **la Geometría y la Aritmética; la Manipulación del Espacio, la Materia y la Luz; las Medidas, La Escala y Proporción.** etc.

El Detalle es el soporte material de la imagen arquitectónica, donde los juegos de luces y de sombras, de texturas y colores, de espesores y proporciones, de llenos y vacíos, de alineaciones, filos y remates hacen posible las caligrafías constructivas que “materializan” la idea.

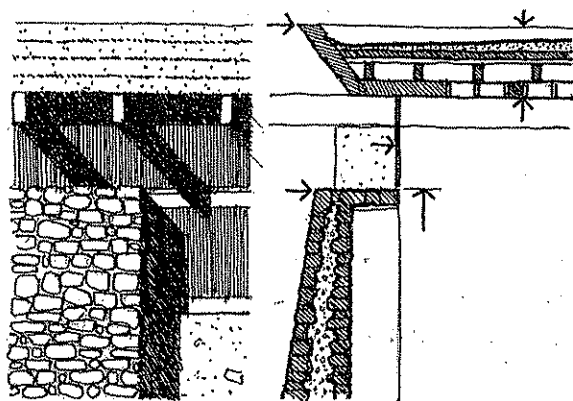


Fig. 165: Detalle Crítico Casa en Balcarce: Almeida Kurth

c – Corte y detalle Críticos

El proyecto de arquitectura contiene muchísimos detalles, pero generalmente el “Partido” puede ser condensado por muy pocos y esenciales. Ciertos énfasis particulares en la horizontalidad ó verticalidad, en la propuesta de la relación interior-exterior, en la impronta de la fachada ó del volumen, etc., se resuelven según el modo como se articulan unos pocos Detalles en lo que llamamos “Corte Crítico”.

El “corte crítico”

Es aquel corte constructivo que intenta mostrar la esencia del Partido Arquitectónico y en donde éste encuentra, por ello, su mayor nivel de expresión y generalización. Detectar el punto por dónde pasa dicho corte requiere, entonces, detectar el punto donde los criterios estructurales, de cerramiento y constructivos confluyen para configurar el conjunto arquitectónico.

El **Corte Crítico** es el “puente” operativo entre los Detalles (de máxima particularización) y el Partido (de máxima generalización); es el instrumento que propone la cátedra para amalgamar los Detalles parciales, ensamblándolos en un conjunto que permita la coordinación de los diferentes subsistemas del proyecto (Estructura, Cerramientos y Sistema Constructivo en planta, corte y vista simultáneamente), de modo de constituirse en el momento de verificación y ajuste final del proyecto con la idea que le dio origen.

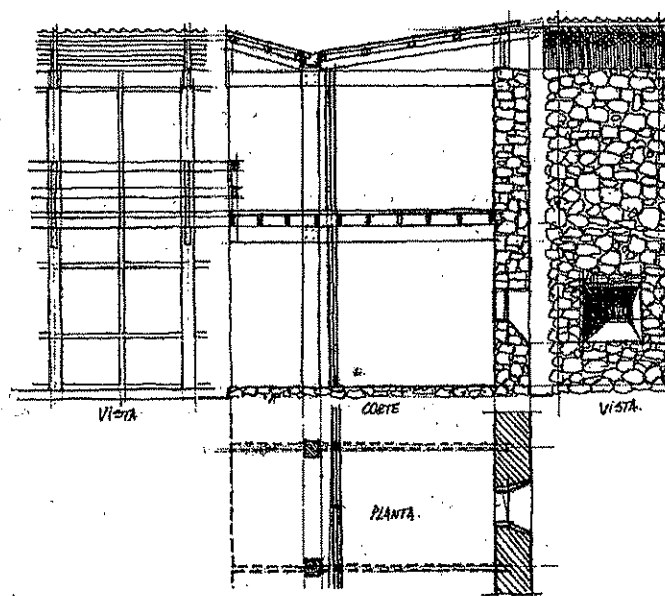


Fig. 166 : Corte y Sector Críticos : Casa Mathes – L. C.

El detalle crítico

Por su parte, el “Detalle Crítico” indaga las estrategias más aptas para neutralizar los fenómenos incidentes sin traicionar las intenciones iniciales. A la par del conocimiento técnico, es también entonces una especulación que –“en los márgenes del dibujo”– sopesa “a prueba y error” las diferentes alternativas técnicas de resolución. Pero además del aspecto “visible”, hay un aspecto “invisible” en el que el detalle juega su eficacia técnica, asegurando la Funcionalidad, Estanqueidad, Permanencia y Estabilidad del edificio y las condiciones de Mantenimiento, Higiene y Apariencia necesarios.

Es por ello un trabajo que comienza antes del “Corte Crítico”, como aproximaciones sucesivas “en borrador” (si se quiere “a mano alzada” pero respetando las medidas, escala y proporción de cada cosa) y que, apoyándose en el conocimiento de los materiales y de los fenómenos incidentes, manipula la forma, posición y dimensión de los elementos constructivos buscando – a modo de puzzle- su ensamblable coherente en el “Corte Crítico”.

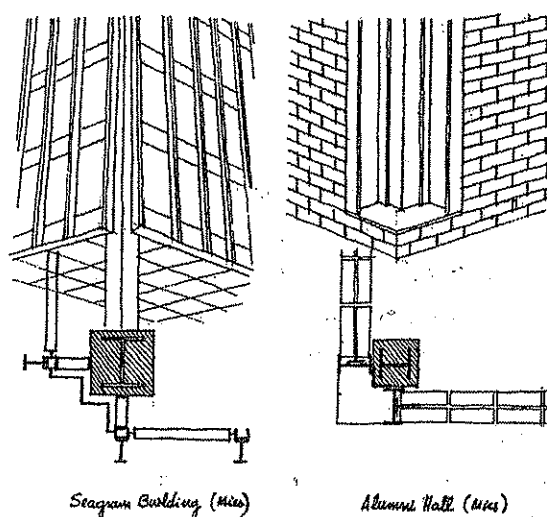


Fig. 167: Detalle crítico Seagram Building y Alumni Hall - Mies

El “pase de escala”

El Dibujo, para captar y “ver” la idea, cuanto más chico y sintético mejor. Pero si en la etapa de Partido dibujamos “intenciones”, en la etapa de Proyecto dibujamos “Instrucciones” para su ejecución. Todo pase de Escala responde a un salto en la exigencia cualitativa del propio proceso de diseño (“No se dibuja si no se sabe qué dibujar”). No se trata, pues, del mero “agrandamiento” de lo mismo sino de la necesidad de tener algo nuevo que expresar. Y eso “nuevo, en el proceso de proyecto, va en el sentido de su más precisa definición material.

El Pase de Escala presupone entonces reunir toda la información elaborada, y seleccionarla, clasificarla, coordinarla y jerarquizarla de acuerdo a dos criterios:

- deberá ser sólo la **necesaria y suficiente**, sin sobreabundancias ni superposiciones pero también sin faltantes, resumiendo en el plano aquel cúmulo de información más ó menos dispersa en los diferentes estudios, informes y cálculos que tienen incidencia física en la ejecución;
- Deberá ser **clara e inequívoca**, fijando las posiciones definitivas sin dar pie a interpretaciones ambiguas. Buscando asegurar el más claro mensaje a los ejecutores, el dibujo debe ser claro y preciso, “técnico”, de fácil lectura, apto para posicionar, medir, computar, presupuestar y construir los elementos constitutivos de la obra.

9 - ACCION DEL AGUA

9.1. - Generalidades

Antes de comenzar a analizar los principales fenómenos que inciden en las construcciones, recordemos algunos conceptos elementales:

Todo material está formado por moléculas, cuya energía es el calor. Las variaciones de temperatura cambian los estados de la materia, haciendo que la misma modifique sus propiedades. Las altas temperaturas (variables en cada caso) llevan a la materia que se trate al estado gaseoso; a medida que la temperatura disminuye ese enfriamiento transforma al gas en líquido y luego en Sólido.

- En el estado Sólido las moléculas vibran sin moverse, ofreciendo resistencia a la deformación.
- En el Estado Líquido cambian constante y fluidamente de posición, siendo imposible comprimirlas.
- En el Estado Gaseoso una fuerza interna de repulsión hace que se alejen constantemente unas de otras (por lo que admiten ser comprimidas).

La incidencia del agua sobre las construcciones adopta una enorme variedad de formas por la compleja combinación de factores que inciden sobre ella, constituyéndose en un problema principalísimo de estanqueidad y acondicionamiento ambiental de los edificios. A su variada procedencia debida a fenómenos naturales tales como lluvias, viento, humedad natural de los suelos, aguas subterráneas, humedad del aire, etc., debemos agregar las variaciones de temperatura, que como se dijo la hacen cambiar de estado, con la consiguiente variación de sus efectos. En realidad, es esta combinación de factores la que define —en toda su complejidad— el **comportamiento higrotérmico** de los edificios.

a - Estado Líquido

En este estado, el agua es un fluido cuyas moléculas se deslizan entre sí bajo la acción de pequeñas fuerzas, tomando fácilmente la forma de los vacíos que las contienen. El agua puede estar sometida a fuerzas exteriores, (acción de la gravedad, vientos, presión atmosférica, etc.), pero también en ella obran fuerzas interiores, fuerzas que de diversa manera ofrecen resistencia al deslizamiento de las moléculas entre si, modificando el comportamiento inducido por las fuerzas exteriores. Así, podremos observar actuar los siguientes principios físico-químicos principales, de gran incidencia en la aislación de los edificios:

- **Presión** : la presión ejercida sobre una porción de la superficie de un líquido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones de su masa (Principio de Pascal) y las fuerzas transmitidas por el líquido son proporcionales a las superficies sobre las cuales actúa.

- **Capilaridad** : De la misma manera anterior, los sólidos que contienen en su masa tubos capilares, en contacto con una masa líquida, absorben parte del líquido por el interior de dichos tubos, llevándolo a un mismo nivel si están comunicados. (Los jugos que las raíces toman del suelo ascienden a los tallos y las hojas de las plantas por capilaridad; un terrón de azúcar, en contacto con el café, se impregna de éste hasta un determinado nivel). La ascensión ó depresión de un líquido en los tubos capilares de diferentes diámetros de un cuerpo, está en razón inversa a los diámetros de dichos tubos.

- **Tensión Superficial:** en virtud de la fuerza de cohesión interna que obra en las moléculas de agua, los líquidos se comportan como si entre las moléculas de su superficie externa obrara tangencialmente una fuerza que, formando una película ó membrana elástica, evita su dispersión (dando origen, por ejemplo, a la gota de agua)

b - Estado Gaseoso

El Vapor de agua se eleva en la atmósfera y forma las nubes. El humo flota sobre las chimeneas y se disipa. Se puede decir que reciben del aire atmosférico un empuje, en virtud del cual vencen la Gravedad y se elevan, como ciertos cuerpos sumergidos que afloran a la superficie. Según el principio de Arquímedes aplicado a los gases, el empuje vertical que un cuerpo recibe por parte de la masa gaseosa que lo envuelve equivale al peso del gas que el cuerpo desaloja. En virtud de ello, un cuerpo sumergido en el seno de una masa gaseosa (por ejemplo, minúsculas gotitas de agua en suspensión en el aire caliente), estará en equilibrio, sin ascender ni descender, si tiene la misma densidad del gas; ascenderá, si la densidad es menor, y descenderá si es mayor.

c - Estado Sólido

Con respecto a las variaciones de temperatura, el agua tiene un comportamiento atípico respecto de otros elementos. Por debajo de los cero grados, a medida que la temperatura baja el agua aumenta su volumen (aproximadamente hasta un 10 %). Pero a partir de cero grados, el volumen disminuirá a medida que la temperatura aumenta hasta llegar a los 4 grados centígrados, a partir de los cuales vuelve a aumentar hasta emparejar y sobrepasar (aprox. A los 8 grados) el volumen obtenido a los 0 grados. Cuando el agua está a los 4 grados tiene un volumen mínimo y, por lo tanto, una densidad máxima.

9.2. - Formas de Incidencia

A través de ejemplos simples, trataremos de mostrar algunos de los comportamientos del agua sobre las construcciones, de acuerdo a los principios físico-químicos involucrados en cada caso particular:

a - Respondiendo a la Ley de Gravedad,

El agua de lluvia cae verticalmente sobre cubiertas y paramentos, deslizándose por pendiente sobre las superficies hasta su eliminación. Pero ante un obstáculo que impida su libre escurrimiento, se acumula a su alrededor aumentando la presión sobre dicho punto y por lo tanto, las chances de infiltración. (p/ej.: clavos del techo, ventilaciones, etc.).

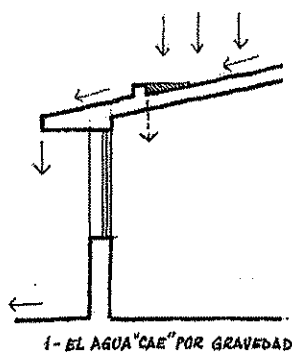
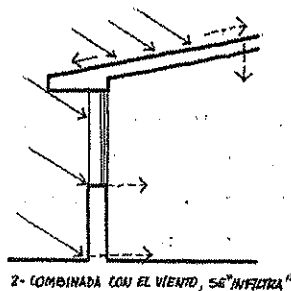


Fig. 168: Gravedad

b - En combinación con la Presión ejercida por el viento,
variable en intensidad y persistencia según la orientación de los vientos dominantes, rompe la vertical e incide sobre cubiertas y paramentos en forma oblicua y aún horizontal, llegando a remontar la pendiente.

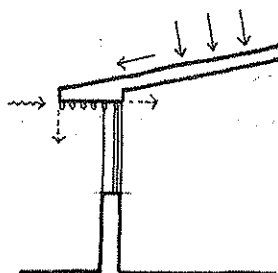


2- COMBINADA CON EL VIENTO, SE "INFLECTA"

Fig. 169: Presión del viento

c - Por efecto de la Tensión Superficial,

y bajo determinadas condiciones, el agua no fluye de forma continua y uniforme. Las gotas (pequeñas cantidades de agua que quedan atrapadas por una membrana elástica formada por fuerzas tangenciales sobre su superficie envolvente), antes de caer, quedan retenidas en bordes y aleros, y empujadas por el viento, "caminan" horizontalmente hasta encontrar un obstáculo.

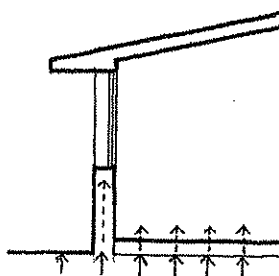


3- POR TENSION SUPERFICIAL, "CAMINA" H.

Fig. 170 : Tensión superficial

d - por Capilaridad

(acción de la presión atmosférica sobre el sistema de vasos comunicantes formado por sus tubos capilares), en contacto con algún material poroso el agua penetra en él pudiendo "ascender" a considerables alturas.



4- POR CAPILARIDAD, EL AGUA "ASCENDE"

Fig. 171: Capilaridad

e – Corrientes Convectoras.

El aire caliente y con agua en suspensión en forma de vapor, de menor densidad que el aire frío que baja, asciende y es transportado hacia arriba por un círculo de Corrientes Convectoras. Al chocar con una superficie fría e impermeable, cede calor y se transforma nuevamente en gotas de agua (**condensación**), que en forma de "goteo" caerá luego por gravedad.

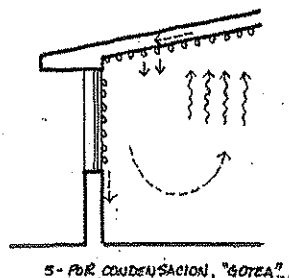


Fig. 172: Corrientes convectors

f – Por congelamiento

(debajo de cero grados), el agua **cambia de estado** pasando de líquido a sólido y aumentando su volumen un 10 %. Si esto ocurre con el agua infiltrada en los vasos capilares de algún material, esa dilatación introduce tensiones que, desde adentro mismo, lo degradan y destruyen.

g – Los ciclos "Seco-Húmedo"

producidos por sucesivas acumulaciones y secado del agua en determinados puntos ó zonas, con su secuela de dilataciones y contracciones repetidas, someten al material a un trabajo mecánico que puede ser muy destructivo (maderas, fieltros de base textil, etc.)

9.3. - Estrategias del Oficio

Como vemos, los endiablados caminos del agua aprovechan cualquier alteración, cualquier falla, grieta ó imprevisión para romper la estanqueidad del edificio. Repasaremos seguidamente las diversas estrategias del oficio que se han usado para contrarrestarlos, y que adecuadas a cada contexto tecnológico siguen siendo útiles a la hora de detallar un proyecto. (Las letras de los ítems identifican en los dibujos el recurso aplicado)

A. LA PERIZIMIC
B. EL SOLAPE
C. LA TRAMPA
D. CORRIENTE DE AIRE

E. LAS BAKELIZAD.
F. DOBCE CONTACTO

ACCION DEL AGUA : ESTRATEGIAS DEL OFICIO

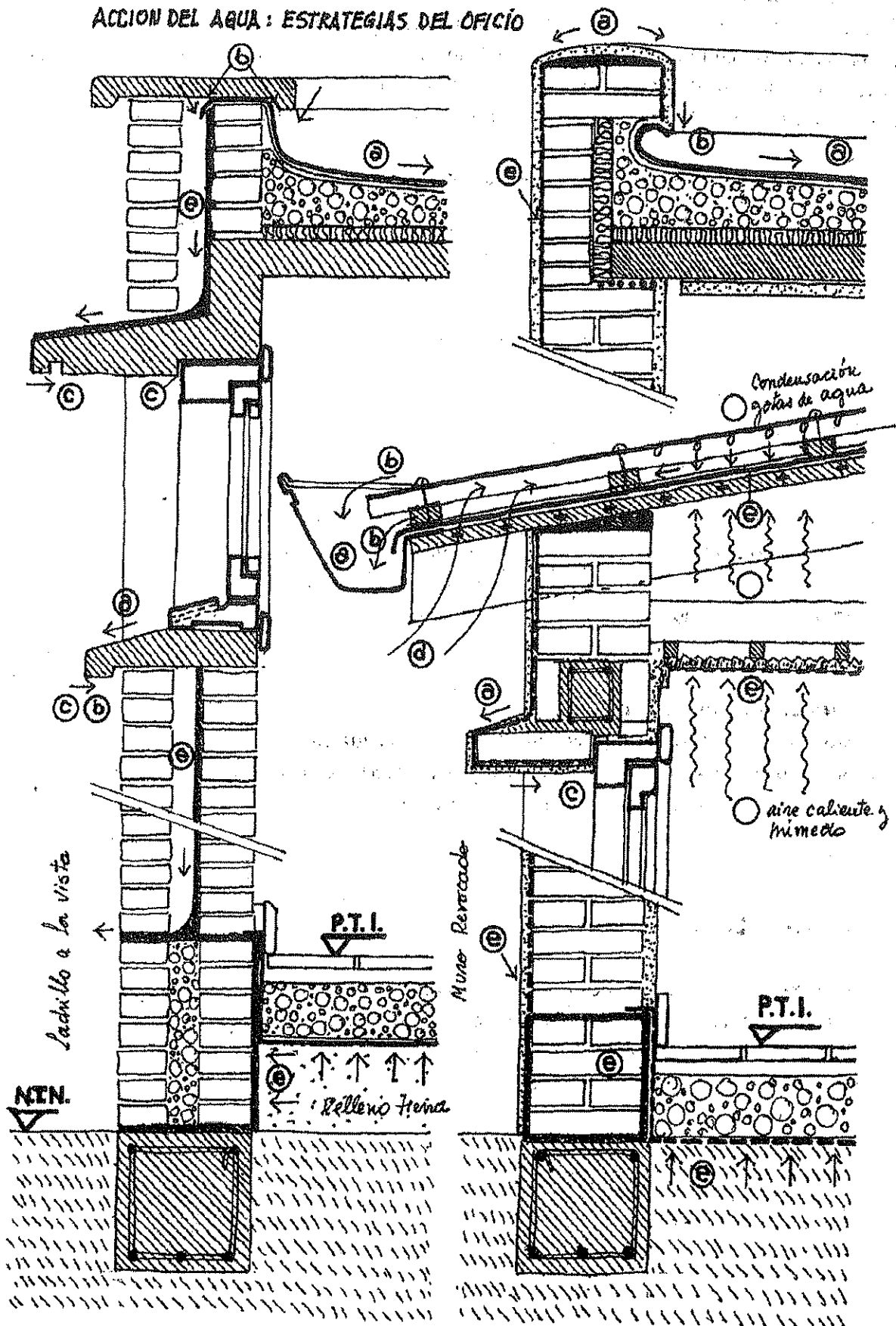


Fig. 173: Detalle general de base – (las letras señalan el recurso empleado)

a - La "Pendiente"

El recurso de la Pendiente se utiliza en el diseño de muchos elementos constructivos con el fin de alejar el agua de los puntos de acumulación y evitar así la corrosión (perfiles normales, etc.), aunque es de aplicación insoslayable en las cubiertas. En ellas se conduce el agua hasta su completa eliminación, siguiendo la secuencia lógica del escurrimiento y del aumento progresivo del caudal de agua. (p/ej.: onda de la chapa, canaleta, bajada, albañal).

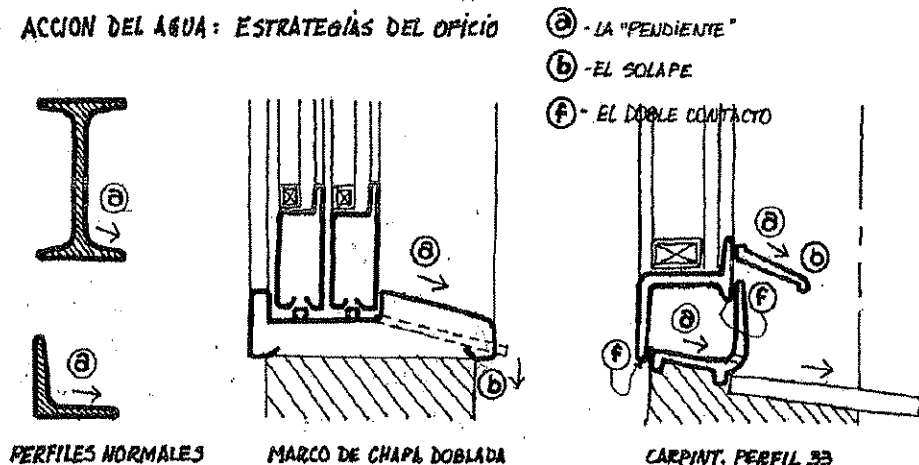


Fig. 174: La Pendiente

En general puede decirse que la magnitud de la pendiente varía en función de la cantidad de elementos que compongan la cubierta. A menor cantidad de juntas ó uniones que se requieran (en función de sus dimensiones unitarias), menor es la pendiente, aunque también influye el tipo de vínculo entre sí. Como casos polares podemos mencionar el de una cubierta "plana", con terminación de membrana asfáltica termosoldada (con una pendiente menor al 3%), y una cubierta inclinada constituida por tejas, de pequeñas dimensiones (con pendientes mayores al 30%). Un caso paradigmático de la influencia de la dimensión del elemento de cubierta en las pendientes adoptadas lo constituye el techo de chapa ondulada de zinc, el que al modificarse substancialmente el largo disponible de las chapas (hasta 12 m.), ha permitido reducir su pendiente, que originalmente debía ser no menor al 10%.

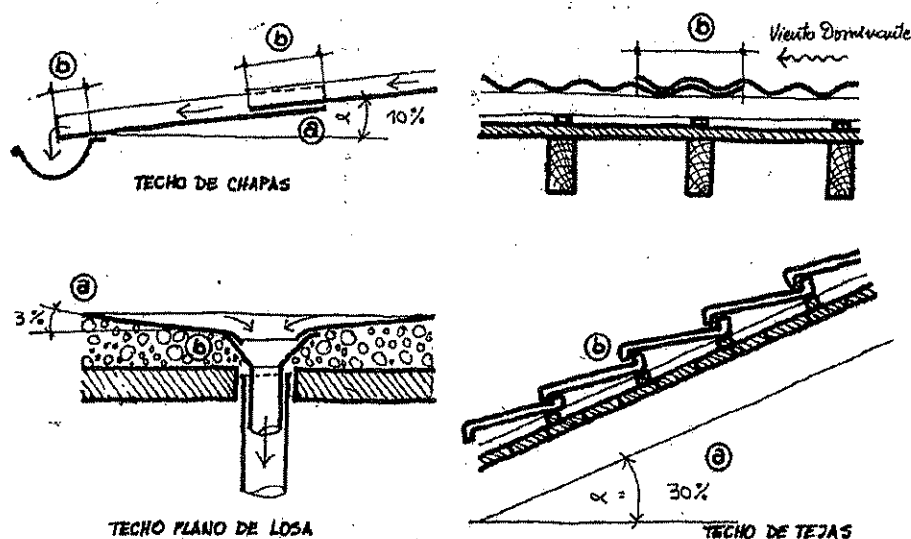


Fig. 175: La pendiente

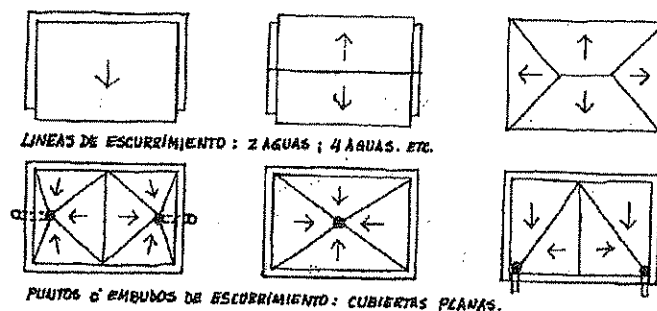


Fig. 176: Pendientes en cubiertas

b) – El “solape”

Como complemento insustituible de la Pendiente se recurre al llamado “solape” de los elementos constructivos. Teniendo en cuenta la acción combinada de la Gravedad y de la presión que ejerce el viento, se superponen los elementos que componen la cubierta de manera tal que el superior (en el sentido del escurrimiento) siempre derrame en el inferior, y no a la inversa. Transversalmente a la pendiente, teniendo en cuenta la dirección de los vientos dominantes, se superponen dichos elementos de manera de no favorecer la infiltración del agua por la presión ejercida.

En las cubiertas planas un caso especial lo constituye la resolución de los bordes. Cuando hay “cargas”, éstas deben asegurar un solape tal que impida al agua ganarse al interior de la obra a través de la unión entre la cubierta y la propia carga, mediante “gargantas” y “contrapendientes”. Cuando no hay carga, el material de cubierta deberá “dar la vuelta” de manera de solaparse con el muro, evitando dejar al descubierto la unión entre éste y el material de cubierta. En las cubiertas inclinadas, se deberá solapar suficientemente el borde de la cubierta con la canaleta que recibe las aguas (aproximadamente hasta su mitad), de manera que el agua descargue sin posibilidades de retroceso por efecto del viento, como así también tener en cuenta la orientación de los vientos dominantes, para evitar que por presión el agua se infiltre a través del solape.

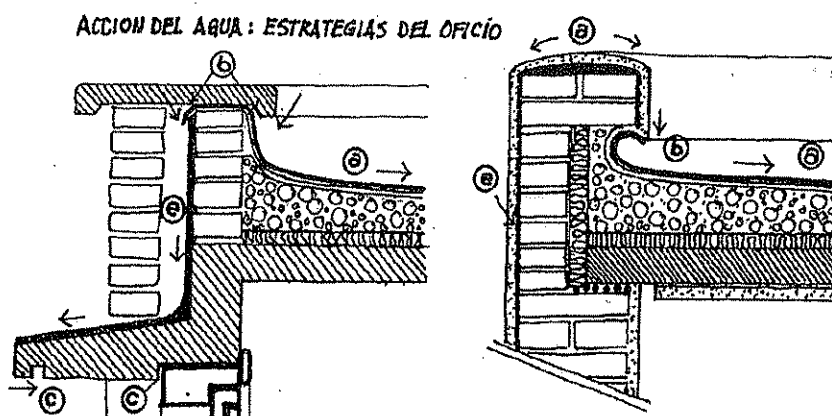


Fig. 177: El solape

c) – La “Trampa”

Llamamos así a la introducción de una discontinuidad en las superficies de aleros y salientes, un obstáculo provocado a propósito (entrante ó saliente) para impedir que las gotas de agua retenidas en los bordes, empujadas por el viento, se desplacen horizontalmente y penetren en el interior. Este

“caminar” de las gotas de agua se puede producir en aleros ó salientes, en dinteles, en la unión entre muros carpinterías ó en fisuras horizontales provocadas en los muros por el movimiento de la cubierta (particularmente en los techos de losa, cuando este movimiento, debido a la dilatación de la losa, no ha sido previsto).

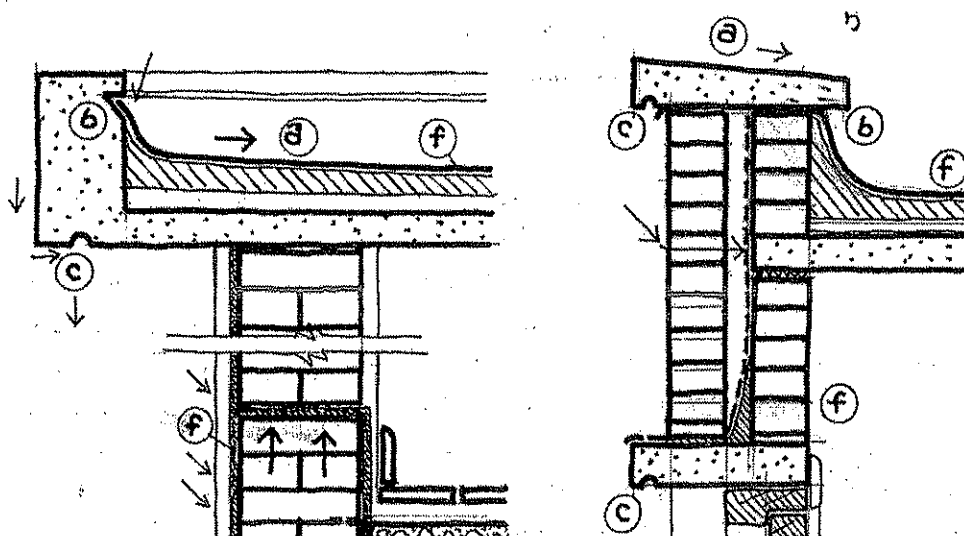


Fig. 178: La “Trampa”

d) – La “Corriente de Aire”

Uno de los factores que influyen en el deterioro de los materiales internos de la cubierta es el fenómeno de la “condensación”. Como ya vimos, esto se produce cuando el aire caliente y húmedo interior chocha con la superficie fría de la cubierta y alcanzando el punto de rocío pasa al estado líquido, en forma de gotas de agua que se revierten al interior.

La ventilación de los entretechos a través de corrientes de aire colabora en la solución, secando el aire contenido en el entretecho y homogeneizando la temperatura para disminuir la producción del fenómeno. Estas ventilaciones se pueden disponer de muchas maneras, dependiendo del tipo de cubierta adoptado, pero usualmente, en cubiertas de chapa ó de tejas con estructura de madera, hierro, etc., se realiza a través de los aleros y de los hastiales, ventilando el interior de la cámara formada mediante rejillas, perforaciones ó a través de los propios intersticios. De todos modos, hay que asegurar un barrido lo más homogéneo posible evitando dejar lugares estancos que favorezcan la putrefacción.

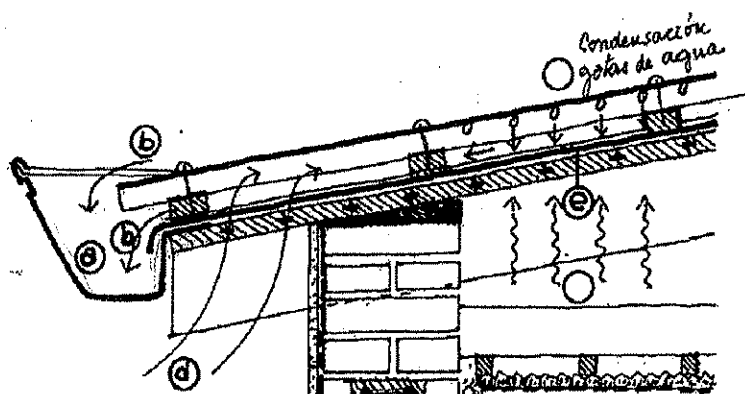


Fig. 179: Corrientes de aire

e)– Las “Barreras”

De todos modos, hay casos en los cuales sólo la interposición de una barrera impermeable, “hidrófuga”, que corte la posibilidad de progresión del fenómeno, es la única solución posible. Este se produce cuando el agua tiene la posibilidad de entrar en contacto con materiales absorbentes, tales como el agua de lluvia que castiga los muros, la humedad del suelo que impregna los materiales en contacto, ó cuando el fenómeno ha sido originado internamente, como es el caso de condensación. En todos ellos no queda otra solución que interponer una barrera hidrófuga que impida el paso del agua y la conduzca hacia fuera hasta su eliminación.

- En los muros exteriores, una fina capa de concreto (cemento + arena) con un hidrófugo plástico adherida al ladrillo (“azotado”), impide el paso del agua, a condición de tomar los recaudos para que dicho revoque no sufra contracciones y se cuartee. Esta capa deberá colocarse lo más exterior posible, de manera de mantener la mayor proporción del muro seco.

- A fin de impedir el movimiento ascendente de agua por capilaridad en los materiales en contacto con el suelo, se realizan las denominadas “Capas aisladoras”, horizontal y vertical, también con el concreto con hidrófugo. Entre el suelo natural y el contrapiso, es conveniente la interposición de un elemento impermeable (un film de polietileno) lo más continuo posible y solapado, asegurando su continuidad hasta las capas aisladoras.

- En el caso de los fenómenos de Condensación, de magnitudes y complejidades muy diversas, habitualmente se recurre a la interposición de “barreras de vapor”, para que la humedad contenida en el aire interior (caliente y húmedo), no se ponga en contacto con las superficies frías de condensación. Para ello, se procede a la colocación de películas impermeables, pinturas en los cielorrasos y muros, fieltros asfálticos, films de polietileno, membranas, etc. en los entretechos, etc. que cumplan la doble función de impedir el paso del vapor de agua ascendente y recibir el posible goteo y demás filtraciones de la cubierta, haciéndolas escurrir por pendiente hacia el exterior.

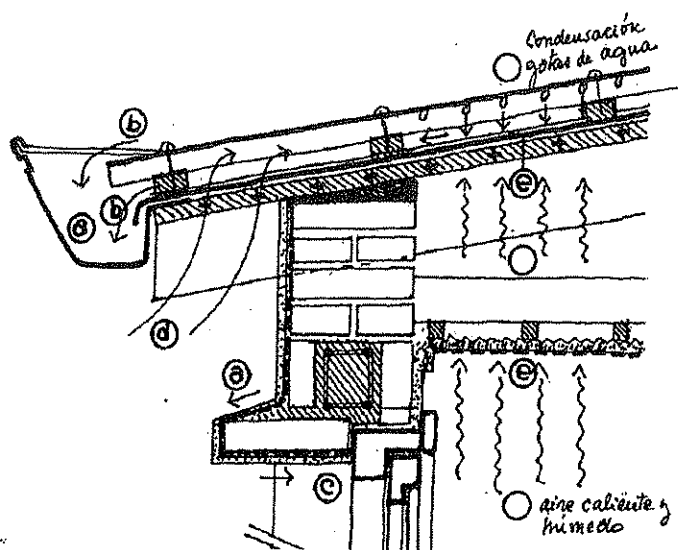


Fig. 180 : Barreras Techo

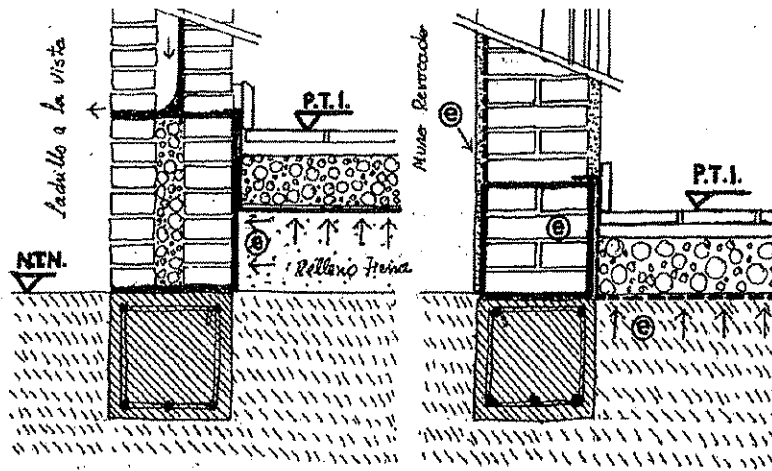


Fig. 181: Barreras Piso

f) – El “Doble Contacto”.

Un caso particular dentro del repertorio de recursos lo constituye el “Doble Contacto”. Para impedir la infiltración de agua y viento en los elementos constructivos “practicables”, esto es, en los elementos móviles en los que su apertura deja necesariamente resquicios no sellables (puertas, ventanas, etc.), se busca producir el “doble contacto” en el diseño del marco de sus hojas, de manera de crear una cámara relativamente estanca que descomprima la presión y amortigue la infiltración.

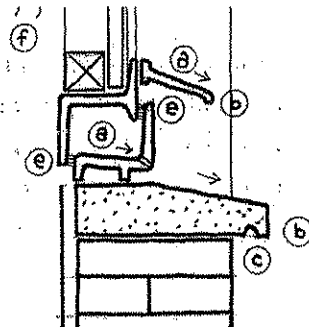


Fig. 182: El “doble contacto”

10 - ACCION DEL CALOR

10.1. – Generalidades

Hasta mediados del S.XVIII, se consideraba al calor como un fluido sutil y sin peso, que se hallaba en todos los cuerpos en proporciones diversas, determinando la temperatura de los mismos. Posteriormente, en las primeras instalaciones industriales, al observar que cuando se ejercía trabajo mecánico sobre un cuerpo aparecía calor transmitiéndose al medio que lo rodeaba, se lo consideró una forma de energía generada por el trabajo mecánico.

Actualmente **se considera calor al contenido energético que posee un cuerpo debido al movimiento desordenado de sus moléculas**. Por lo tanto, la mayor ó menor cantidad de calor almacenado en un cuerpo dependerá, en primer lugar, de su cantidad de materia (de su masa), ya que cuanto más partículas haya en movimiento mayor será la energía calórica acumulada, y en segundo lugar, de la velocidad con que ellas vibren, ya que cuanto mayor sea su frecuencia mayor será la energía que generen.

La Temperatura, que habitualmente se confunde con el calor, es una medida relativa que mide la intensidad y en función de ella, determina el sentido de los intercambios caloríficos entre los cuerpos cuando ambos se ponen en contacto, desde el que tiene más temperatura al que tiene menos.

a – Transformaciones Físicas y Químicas

El Calor determina transformaciones físicas (dilataciones; cambios de estado) y químicas (combustiones, oxidaciones) de gran importancia en la construcción de edificios, razón por la cual su consideración es importante, debiendo tomarse las previsiones necesarias:

Las dilataciones se producen siempre en tres dimensiones, según una progresión que va de menores en los sólidos a mayores en los líquidos, y más aún en los gases. Las dilataciones de los elementos constructivos sólidos (estructuras metálicas, de hormigón armado, etc.), si bien se realizan en las tres dimensiones del espacio, pueden tomar una gran envergadura según la predominancia de una de las dimensiones, introduciendo tensiones adicionales que el edificio no está en condiciones de absorber sin algún grado de rotura cuando no se han dejado libres los espacios necesarios para que ocurran libremente.

Los cambios de estado debidos a los cambios de temperatura también son importantes. Ya se han mencionado las consecuencias que puede tener el agua al helarse, aumentando su volumen un 10% e introduciendo tensiones internas que llevan a la rotura del material infiltrado, la fluencia de determinados materiales (plásticos, metales, etc.), sometidos a la acción de altas temperaturas, ó el agua al pasar al estado gaseoso, produciendo los fenómenos de condensación,

En este punto parece oportuno recordar que los ambientes atmosféricos exterior e interior también son cuerpos gaseosos constituidos por partículas (nitrógeno, oxígeno, agua, etc.), cuyas temperaturas relativas es determinante del sentido de los intercambios calóricos en Arquitectura, en un movimiento pendular que va del exterior al interior en verano y viceversa en invierno. Este movimiento se realiza "a través" de los elementos constructivos que definen el espacio respectivo; por ello, la capacidad de transmisión de calor (ó a la inversa, la capacidad aislante) de estos elementos constructivos es determinante del acondicionamiento térmico del edificio.

b - Clima

En realidad, hablar de los efectos térmicos sobre los edificios implica hablar de algo más que del Calor, pues es la acción combinada de la **Temperatura** del aire, de la **Humedad** ambiente, del Régimen de **Vientos** y del **Asoleamiento** de un determinado punto del planeta lo que determina, en conjunto,

el comportamiento térmico de un edificio.

La noción de "Clima" es una noción compleja que no admite clasificaciones netas, pues generalmente los climas de regiones adyacentes se funden unos con otros, dando gran cantidad de variaciones. No obstante, y a los efectos prácticos, es posible clasificarlos convencionalmente en Climas Tropicales, climas Templados y Climas Fríos, cada uno con la particularidad de poder ser secos ó húmedos.

Influyen en su conformación diferentes factores, entre los cuales podemos considerar como los más importantes el Asoleamiento según la latitud del lugar, la altura con respecto al nivel del mar, la nubosidad media, la humedad relativa del aire, el régimen de lluvias y de vientos. Todos estos factores interactúan para conformar el Clima de la Región.

Para realizar un proyecto de arquitectura no es imprescindible un análisis exhaustivo de los datos meteorológicos, siendo suficientes las medias de las máximas y mínimas diarias a través del año, a menos que la rigurosidad y persistencia de situaciones extremas obliguen a contemplarlas particularmente. Pero en todos los casos, la actitud de aprovechar los recursos de la propia arquitectura para encausar los fenómenos climáticos sin tratar de anularlos a fuerza de derroches de energía, constituye un punto de partida valioso calificando la arquitectura así conseguida.

Indudablemente, en los climas extremos las soluciones arquitectónicas toman un sesgo "climático" más acentuado que en las zonas intermedias, caracterizadas por la elección de los materiales más adecuados, por la mayor ó menor compacidad de la planta, por la necesidad de protecciones adicionales a la envolvente, etc. (techos de sombra ó de vidrio; vegetación asociada, etc.,etc.). En situaciones intermedias, de climas compuestos como el nuestro, las condicionantes climáticas no son tan claras y rotundas, dejando abiertas más posibilidades y una libertad de diseño mucho mayor ante el peso de otros factores.

Sin embargo, la consideración del clima en el Diseño Arquitectónico adquiere cada vez más importancia conceptual, a partir de la conciencia en los problemas ecológicos y sociales que está acarreado el consumo indiscriminado de energía (instalaciones de aire acondicionado, de iluminación artificial y ventilaciones, de instalaciones termomecánicas complejas, etc.), fundamentalmente en los países centrales, que consumen el 80% de toda la energía consumida en el Planeta.

Es por ello necesario una revalorización de los aspectos del diseño vinculados al mejor aprovechamiento de las condiciones naturales del lugar:

"las características de la bóveda celeste del lugar volverá a ser un dato básico del proyecto y del diseño, junto con el recorrido del Sol, la trayectoria y velocidad de los vientos dominantes, el contenido de humedad relativa del aire y las temperaturas que caracterizan cada estación del año. Los conceptos más antiguos, que periódicamente son olvidados ante la engañosa posibilidad de ser superados, estarán vigentes nuevamente, como en las mejores épocas de las arquitecturas de todos los tiempos". (Lucía R. de Mascaró : "luz, clima y Arquitectura", FAU UNLP 1983)

Para la Ciudad de La Plata, los datos principales son los siguientes:

Lluvias de aproximadamente 1000 mm. anuales de promedio, repartidos con bastante regularidad a lo largo del año. Son más abundantes en primavera-verano, y menores en otoño-invierno.

Vientos dominantes del cuadrante S-E (E; S y SE) en primavera-verano, y del cuadrante N-O (NO y O) en otoño-invierno.

Humedad relativa ambiente promedio alta, de notable regularidad, fluctuando entre un 68% en diciembre (mínima) y un 82% en julio (máxima).

Asoleamiento: la salida y puesta del sol en primavera y otoño es coincidente con los rumbos Este y Oeste respectivamente, con ángulos de incidencia máximo (Zenit) de aprox. 45 grados sobre el rumbo Norte al mediodía. (12 hs.) . En verano, la salida y puesta del sol se desplaza aprox. 23 grados hacia el Sur (rumbos S-E y S-O respectivamente) aumentando las horas de asoleamiento, con un ángulo máximo de incidencia, sobre el rumbo norte al mediodía, de 78 grados (el 21/12). En invierno, a la inversa, la salida y puesta se desplaza 23 grados hacia el Norte disminuyendo significativamente las horas de sol, siendo su ángulo máximo de incidencia, con rumbo Norte, de 33 grados, al mediodía del día 21/6.

10.2. – Formas de Incidencia

a - Radiación

En mayor ó menor medida, todo cuerpo emite energía calórica mediante “radiaciones”, ondas electromagnéticas que se propagan a una velocidad de 300.000 km/s, a través de un cuerpo (pero sin calentamiento de éste, es decir, sin intervención de partículas materiales que las transporten), e incluso en el vacío.

El Sol es la fuente de luz y calor primaria, puntual, dinámica y de gran intensidad. La Tierra recibe energía calórica por radiación desde el Sol, prácticamente en el vacío y a una velocidad similar a la de la luz. En las regiones tropicales su intensidad puede alcanzar en un día claro los 800 kcal/m²/h y los 80.000 luxes, sobre superficies perpendiculares al rayo de incidencia.

Como veremos más en detalle, la radiación solar para cualquier punto del planeta está determinada por el ángulo de incidencia de sus rayos sobre dicha área (considerados paralelos, por la gran distancia que nos separa del sol), en función de los Solsticios de verano e invierno (para nuestro hemisferio, los trópicos de Cáncer y de Capricornio respectivamente) y de los Equinoccios de Primavera y Otoño, en los que el Sol “coincide” con el Ecuador, pautando así las estaciones del año.

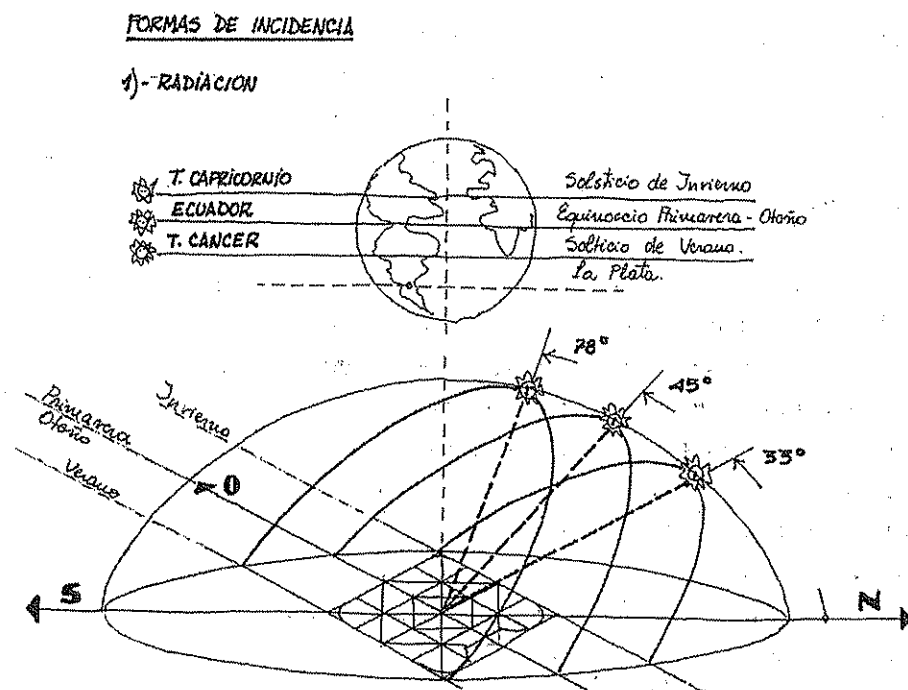


Fig. 183: Movimiento del Sol

Cuando un haz de radiaciones incide sobre una superficie, se produce una reflexión de igual ángulo (medidos ambos sobre la perpendicular a la superficie) que aumenta cuanto más grande es el ángulo y disminuye a la inversa, hasta anularse cuando coinciden rayo incidente y rayo reflejado.

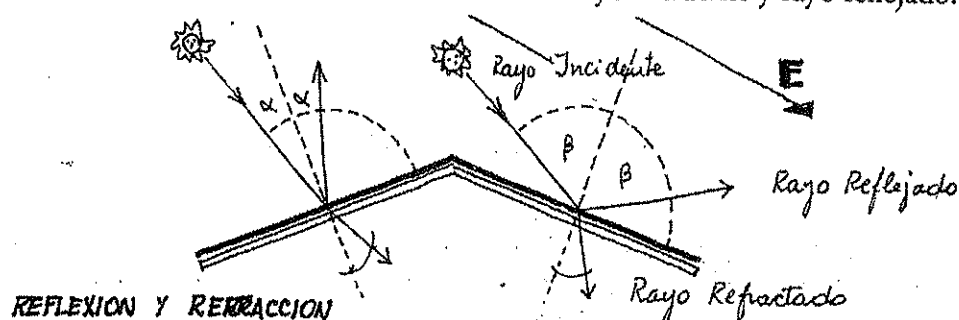
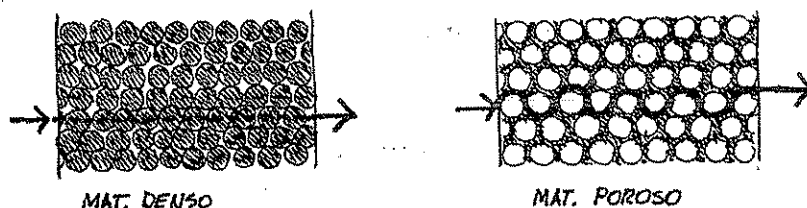


Fig. 184: Radiación

b - Conducción

El Calor se propaga por "Conducción" principalmente a través de los cuerpos sólidos. La transferencia de Calor se produce por intercambio de energía calórica, del mayor al menor, entre las partículas en contacto, siendo por lo general un proceso lento. La rapidez de propagación depende fundamentalmente de la densidad de los propios materiales en contacto, y se la mide mediante un coeficiente de conductibilidad térmica (el "K"), que establece la cantidad de calor por unidad de medida del tiempo que tarda el calor en atravesar un sólido. Un material denso como el Hormigón ó ciertas piedras naturales posee una velocidad de transmisión ocho veces superior al de un trozo de madera natural. Asimismo, el agua es buena conductora, razón por la cual si el material se encuentra húmedo facilita enormemente la transmisión.



2) - CONDUCCION (SOLIDOS)

Fig. 185: Conducción

c - Convección

A diferencia de lo que ocurre con los sólidos, en los líquidos y en los gases el calor se transmite por convección, que en general es una forma más rápida de transmisión. La Convección se produce mediante el movimiento de las partículas de los fluidos (aire, agua, etc.), que al dilatarse por el calor pierden densidad y ascienden, siendo reemplazadas por las partículas de fluido más frías y densas que descienden, formándose en su movimiento relativo las llamadas "Corrientes convectoras de calor".

Para comprender su importancia, es bueno recordar que en buena parte, los vientos son el resultado de gigantescas corrientes convectoras formadas en la atmósfera terrestre. Al caldearse una zona determinada del territorio, el aire se hace menos denso y asciende, derivándose de áreas vecinas masas de aire más frío que las reemplazan.

Estas diferencias se producen sobre todo en áreas de muy distinta constitución: entre el mar y la costa; entre los desiertos y las regiones boscosas; entre la montaña y la llanura, etc. Del mismo modo se producen corrientes convectoras en la masa acuosa de los mares, cuyas temperaturas tienden siempre a uniformarse. (En base a estos conceptos, Le Corbusier decidió el lugar de implantación de la Casa de veraneo para su madre sobre el lago Lemán, buscando el fresco sobre las zonas más bajas de la ladera de la montaña).

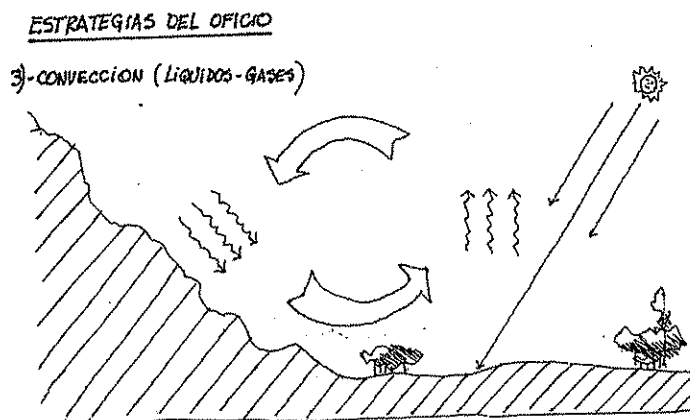


Fig. 186: Convección

10.3. - Estrategias del Oficio

a - Asoleamiento

Como casos de aplicación de los conceptos anteriores, es bueno recordar aquí los esfuerzos realizados para controlar las radiaciones solares basándose en el propio movimiento del sol a lo largo del año, tales como los estudios realizados por el Arq. Wladimiro Acosta para sus casas "Helios", ó por Le Corbusier para su magistral creación de los parasoles fijos ("Brise-Soleil").

La base del razonamiento es la siguiente: Si la radiación solar para cualquier lugar del planeta está determinada por la variación del ángulo de incidencia de sus rayos según un movimiento que se reproduce exactamente en el transcurso de los ciclos anuales, es posible – conociendo esos datos – regular su incidencia sin consumo adicional de energía, mediante diversos recursos de diseño, aventanamiento, orientaciones, etc.

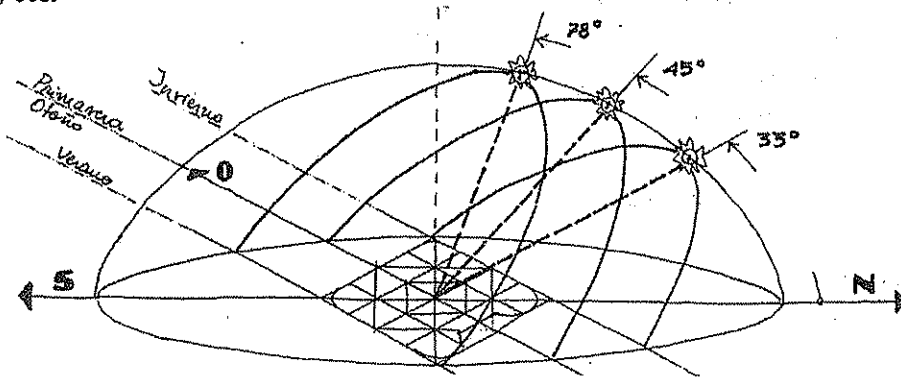


Fig. 187: Asoleamiento

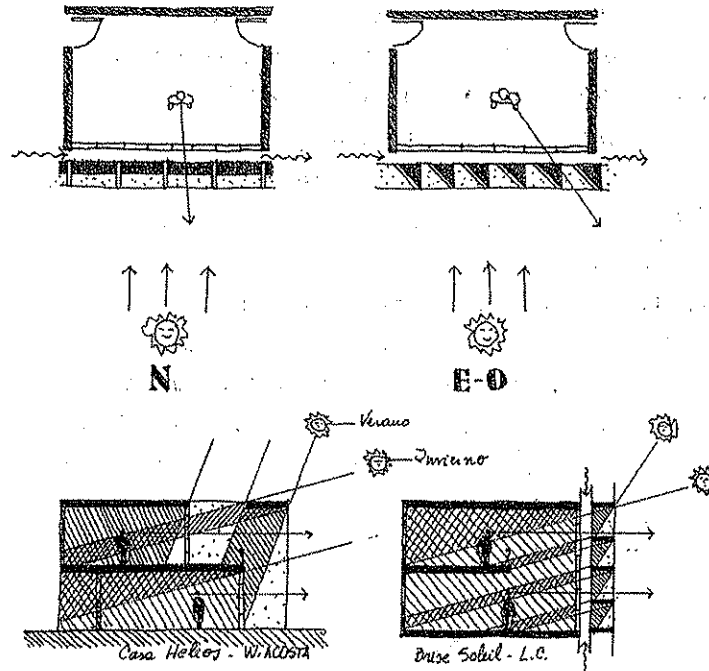


Fig. 188: Control solar

Entre estas soluciones de diseño se destacan los "Parasoles" (Brise Soleil), creados por Le Corbusier, pantallas "fijas" que alternativamente dejan pasar los rayos ó los rechazan según las condiciones deseables para cada estación del año, controlando así no sólo el acondicionamiento térmico del interior sino también las calidades de iluminación, vistas, etc. Estos dispositivos, además, a modo de "caparazones"

de control solar que amplían el concepto de “piel”, se incorporan “orgánicamente” a la envolvente arquitectónica pasando a formar parte de su constitución.

b - Forma, Textura y Color de las Superficies

Como ya hemos visto, sobre una superficie los rayos solares son reflejados según un ángulo igual al ángulo de incidencia, medidos ambos desde la normal a dicha superficie. Pero además, esa reflexión variará mucho de acuerdo a las características de la superficie reflejante. Las superficies más brillantes y pulidas reflejarán más que las opacas; las superficies rugosas neutralizan parte de su poder reflejante por el rebote del rayo en sus recovecos. Los materiales claros ó blancos reflejarán hasta un 90 % de la radiación visible en el espectro (un 50% del total), y hasta un 60% de la invisible. En cambio, los materiales oscuros ó negros reflejarán sólo un máximo de 15% y 40% respectivamente.

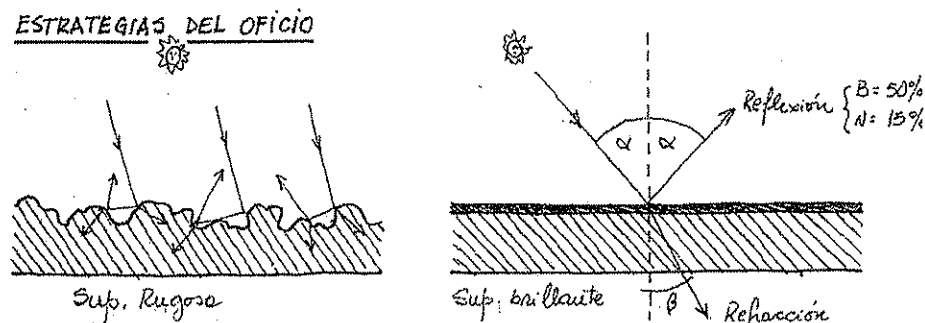


Fig. 189: Forma, textura y color de superficies

c - Techos de Sombra – Corrientes de Aire

En el fenómeno de la radiación solar, parte del rayo será reflejado y parte refractado por el material, que a su vez lo transmitirá por conducción, dependiendo de la constitución del propio material. En los climas tórridos, donde la incidencia del rayo es prácticamente vertical, las consecuencias de esto son muy importantes, toda vez que la reflexión del rayo suele ser mínima durante mucho tiempo (Se puede considerar que, a menor ángulo de incidencia –medido sobre la normal a la superficie- menor reflexión).

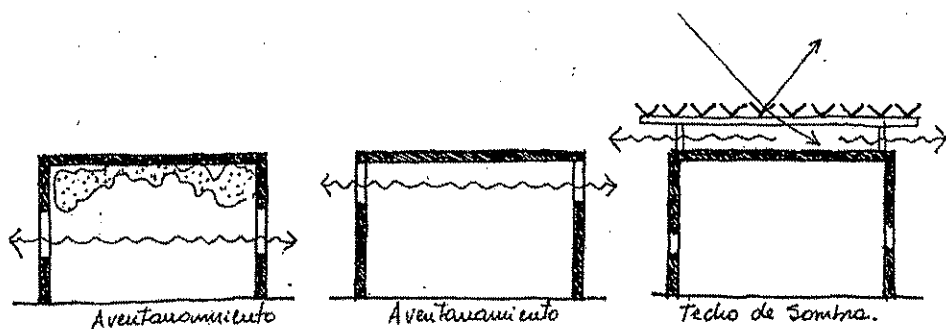


Fig. 190: Techos de sombra; corrientes de aire

Por ello, la creación de “techos de sombra” que impidan la incidencia directa del sol sobre la cubierta propiamente dicha, la creación de “Corrientes de aire” que barran las superficies entre techo y sobretecho, la creación de envolventes de sombra que protejan los muros, etc., son soluciones que pueden atenuar considerablemente esos efectos.

d - Cámaras de Aire

A diferencia de las "corrientes de aire" anteriores, se consideran "Cámaras de Aire" a los espacios estancos que mantienen el aire quieto, sin que se produzcan en su interior "corrientes convectoras", movimientos del aire que faciliten la transmisión del calor de una cara a la otra. Para ello, las cámaras de aire no deberán ser muy grandes. Desde un mínimo de 2 cm. de espesor, su efectividad crece hasta un máximo de unos 5 cm., a partir de lo cual empieza a decrecer.

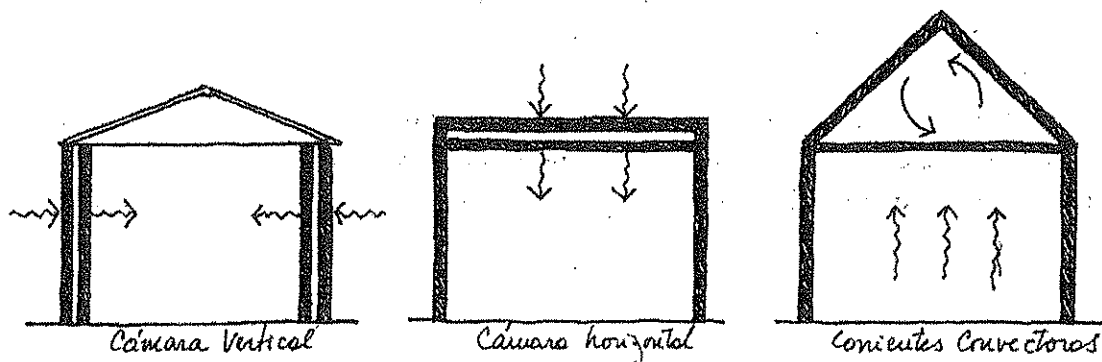


Fig. 191: Cámaras de aire

e - Materiales Porosos

Como vimos anteriormente, salvo por radiación, el calor necesita para propagarse de un medio material como vehículo, que cuanto más denso, más calor acumula y transmite a través de la vibración de sus partículas. Como en los sólidos (y dado que sobre éstos recae la mayor responsabilidad de aislación térmica entre ambientes interiores y exteriores) el calor se propaga fundamentalmente por "conducción", la menor cantidad de materia y la mayor presencia de vacíos por unidad de volumen retardan el paso del calor a través de su espesor, indicando una buena capacidad aislante.

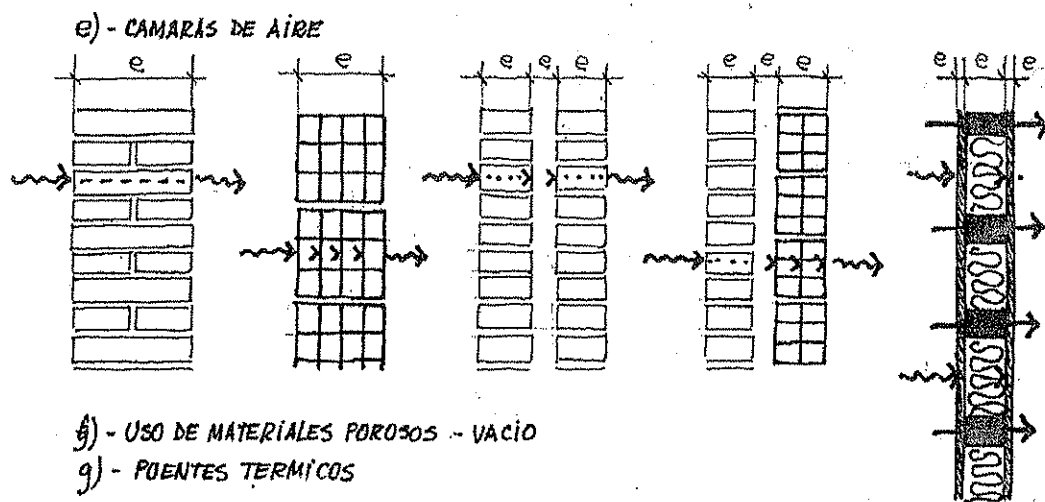


Fig. 192: Materiales porosos

f - Puentes Térmicos

Se denominan "Puentes Térmicos" a aquellos elementos que por su alta densidad, conforman "puentes" por donde el calor pasa más velozmente de un ambiente a otro. La proliferación, por razones constructivas ó estructurales, de éstos elementos de alta conductividad térmica (costillas de acero

ú hormigón, etc.) que multipliquen significativamente los puntos de paso del calor por conducción, hacen disminuir significativamente las capacidades de aislación térmica de los cerramientos.

11 - ACCION DEL SONIDO

11.1. - Generalidades

El Sonido es producido por el **movimiento vibratorio de la materia**, que a partir de una fuente se transmite por ondas mecánicas al medio que lo rodea (el aire) haciendo oscilar sus partículas, pero transportando sólo energía. La propagación del sonido está siempre vinculada a la vibración de un medio material, más ó menos elástico, pero nunca se realiza en ausencia de materia, en el vacío.

a - Propagación

A partir de la fuente de origen, el sonido se propaga en el aire en todas direcciones. Las partículas del aire se mueven en forma paralela a esas direcciones según 5 parámetros:

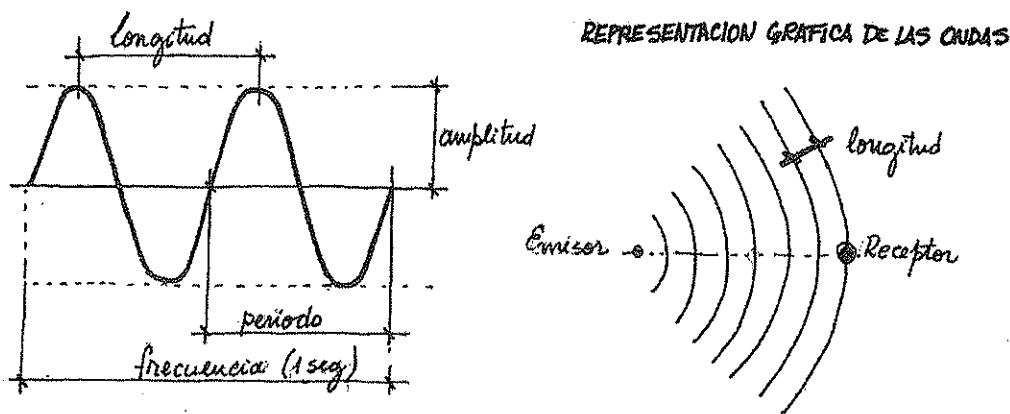


Fig. 193: Propagación del Sonido

- La **velocidad**, que depende del tipo de onda y del medio de propagación (aire; agua, etc.).
- El **período**, que es el tiempo que tarda la partícula en hacer una oscilación completa.
- La **longitud de onda**, que es la distancia en que se propaga la onda en el transcurso de un período.
- La **amplitud de onda**, que es el valor máximo de desplazamiento de la partícula respecto del eje.

La **frecuencia**, que es el número de vibraciones por segundo.

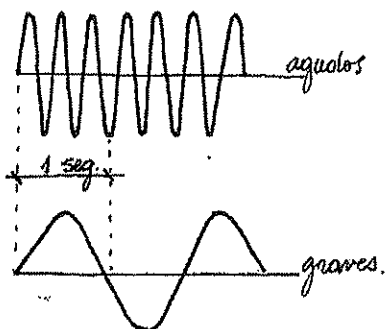


Fig. 194: Características del Sonido

El Sonido posee tres características:

- **La intensidad**, que está determinada por nuestra percepción subjetiva, siendo tanto mayor cuanto mayor sea la amplitud de la vibración.
- **La altura**, que da origen a la clasificación entre sonidos "Graves" (ó bajos) y sonidos "Agudos" (ó altos), en función del menor ó mayor número de vibraciones por segundo ("Frecuencia"), siendo la característica más fácil de medir. (El oído humano está limitado a captar frecuencias de entre los 16 y los 45.000 hertz.)
- **El timbre** nos permite distinguir, de entre dos sonidos de igual intensidad y altura, cual es la fuente de cada uno. (p/ ej. : un violín ó una flauta)

Controlar el fenómeno sonoro en un edificio puede implicar la satisfacción de dos necesidades distintas, derivados del uso a que será destinado: su "Acondicionamiento Acústico" y su "Aislación Sonora", dependiendo de las capacidades de absorción y aislación de los elementos constructivos que conforman el espacio.

b - Absorción

A fin de mejorar las condiciones de audición de un local destinado a usos donde la difusión sonora juega un papel fundamental (Conciertos, espectáculos, conferencias, aulas, bibliotecas, etc.), se recurre básicamente a diversos mecanismos de **absorción**, que "apagan" el sonido generado mediante la disipación del mismo por el diseño de la superficie envolvente interior, neutralizando así efectos molestos tales como El Eco, la Resonancia, etc. de muy difícil control.

Cuando el problema de acondicionamiento se deriva fundamentalmente de la proporción del espacio para la llegada del sonido a todos los auditores, se apela al manejo de la **reflexión** de los rayos sonoros mediante la forma de dicha envolvente. Usualmente, ambos problemas se combinan, por lo que también se combinan ambos recursos.

c - Aislación

Para evitar la propagación del sonido de un local a otro contiguo, es necesario neutralizar el paso de vibraciones a través del elemento constructivo que los separa, esto es, **evitar la vibración** del propio elemento constructivo. Y esto se logra, básicamente, mediante el peso y densidad del elemento en cuestión, aunque también contribuye en forma significativa el vacío entre ambos, si no hay elementos que ayuden a su transmisión. Además, y como vimos anteriormente, toda la energía absorbida y disipada en el local origen del sonido ayudará a disminuir la intensidad de la carga sonora sobre el exterior.

11.2. - Formas de incidencia

a - Reflexión

Cuando las ondas sonoras encuentran un obstáculo son reflejadas, volviendo al medio de propagación. Las características del sonido reflejado (intensidad, velocidad, dirección, etc.) dependerá de la capacidad de absorción del material constitutivo del obstáculo (densidad, rugosidad, etc.), y las posibilidades de difusión de dicho reflejo de la forma que presente la superficie, pues, según la "ley de choque de los cuerpos elásticos", el ángulo que forma el rayo incidente con la perpendicular a la superficie en dicho punto, será igual al ángulo que formará ésta con el rayo reflejado.

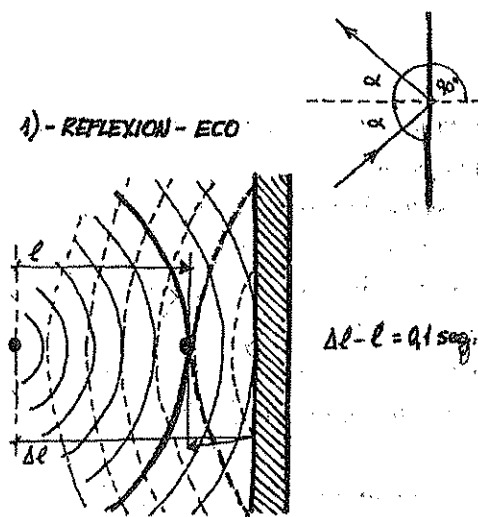


Fig. 195: Reflexión - eco

b - Eco

El Eco es un caso particular de reflexión, que ocurre cuando el oído humano llega a captar, distinguiéndolos, el sonido directo del reflejado. El oído es capaz de diferenciar un sonido de otro cuando el intervalo de tiempo en que ambos son percibidos es de una décima de segundo.

Por lo tanto, la aparición del Eco estará en función de las distancias entre la fuente emisora, el receptor y la superficie de reflexión, y las velocidades respectivas del sonido emitido y reflejado. Cuando el tiempo transcurrido entre la percepción del sonido directo y el reflejado es de 1/10 segundos ó más, se producirá el Eco, que será múltiple cuanto más superficies de reflexión haya. Este fenómeno es de particular importancia en las salas de espectáculos, conferencias, etc. y de muy difícil determinación y control, por lo que en general se evitan las resonancias perjudiciales mediante revestimientos absorbentes (no reflejantes), cortinados y tapices, contribuyendo también personas, muebles, objetos, etc.

c - Refracción y Difracción

Las ondas sonoras, al encontrarse con un obstáculo, no sólo son reflejadas por éste sino que también son **refractadas**, es decir, pasan de un medio al otro experimentando un cambio de velocidad. Las características del sonido refractado dependen de las características físicas del obstáculo en cuestión, su peso y densidad, su espesor, características que influyen en las posibilidades de su vibración.

Si el obstáculo con que choca un sonido tiene un orificio, éste da origen a un segundo movimiento vibratorio, **Difracción** del otro lado del obstáculo, con fuente en el propio orificio. (p/ej. Una ventana).

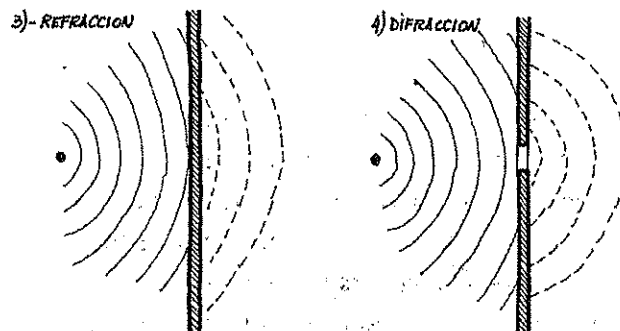


Fig. 196: Refracción- difracción

d - Resonancia

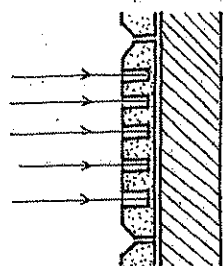
Si las ondas que emite un cuerpo al vibrar alcanzan otro cuerpo capaz de vibrar con un igual período de vibración, los impulsos sucesivos del primero se van agregando hasta que vencen la inercia del segundo y lo ponen en movimiento. (este fenómeno, ejemplificado cuando las ventanas de un edificio se ponen a vibrar en forma conjunta, es muy común entre todos los instrumentos musicales.)

11.3. - Estrategias del Oficio

El acondicionamiento acústico riguroso es una especialidad sumamente compleja que requiere la intervención de Especialistas. No obstante, de los principios físicos expuestos se puede extraer como conclusión que si el sonido es un movimiento vibratorio de la materia, a medida que aumenta el peso, densidad y rigidez del material disminuye la posibilidad de vibración, es decir, aumenta su aptitud aislante. Además, al no poder propagarse en el vacío, los espacios vacíos de los materiales también poseen un alto valor aislante.

a - Materiales Porosos

En la envolvente interior de un local a acondicionar, la utilización de materiales porosos, absorbentes del sonido (fieltros, paneles ranurados ó perforados, telas y cortinados, tapizados, la ropa de la propia gente que ocupa el local, etc.), a través de sus poros y rugosidades, atrapan las ondas sonoras y las disipan en forma de calor. Este recurso se muestra eficaz especialmente para sonidos de alta frecuencia (agudos). Asimismo, la presencia de vacíos en el interior de los materiales dificultan el paso de las vibraciones.

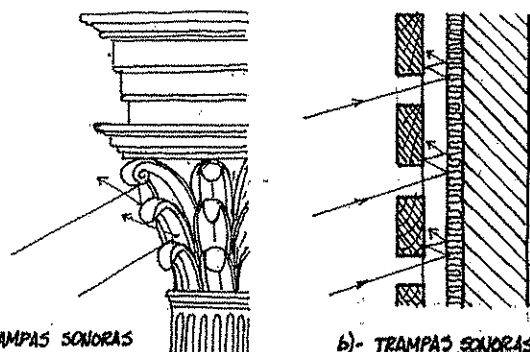


a) - MATERIALES POROSOS

Fig. 197: Materiales porosos

b - "Trampas" Sonoras

Si como vimos, los rayos incidentes son reflejados según ángulos perfectamente determinados por la "Ley de choque de los cuerpos elásticos", es posible diseñar revestimientos acústicos compuestos de pequeñas espacios ó cámaras hagan rebotar repetidamente el sonido en su interior, "atrapándolo" y disipando así su energía.



a) - TRAMPAS SONORAS

b) - TRAMPAS SONORAS

Fig. 198: Trampas sonoras

c - Amortiguadores

Otra manera de disipar la energía sonora es obligarla a realizar "trabajo mecánico" hasta agotarla, mediante membranas flexibles que pueden formar parte de una segunda capa. Estos "amortiguadores" de las vibraciones disipan la energía, principalmente de los sonidos de baja frecuencia (graves). Asimismo, cuando se trata de evitar la propagación del sonido por golpes directos (pisadas, etc.), se interponen "Amortiguadores de impacto" que como "acolchados", reducen la transmisión. (Paredes y pisos "Flotantes")

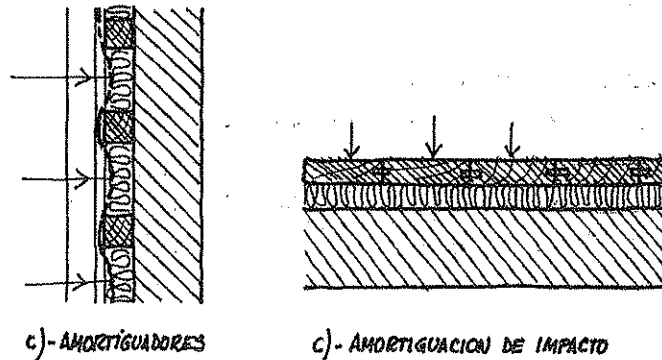


Fig. 199: Amortiguadores de sonido

d - Materiales Pesados

Siendo el sonido un movimiento vibratorio de la materia, a medida que aumenta el peso, la densidad y el espesor de un material aumentará su resistencia a vibrar, es decir, su propiedad Aislante. Este es el principio básico a aplicar para el segundo problema del Sonido, "la Aislación Sonora". Todo el sonido no disipado en las capas previas pasará al exterior del local por vibración del último elemento constructivo, transmitiéndose por ese medio al exterior. Para evitarlo, no hay otra opción que la propia rigidez y peso del material se oponga a la vibración. Materiales como el plomo, el Hormigón, pesados muros de ladrillo, y obviamente el propio terreno natural son excelentes aislantes.

e - Cámaras de Vacío

Como la vibración necesita de un medio material para propagarse, la creación de cámaras de vacío entre la envolvente constructiva interior y la exterior, que evite en lo posible "puentes" de contacto entre sí ó que los haga lo suficientemente densos y espaciados (ej. Las Células de vivienda de la Unité de Habitación de Marsella de Le Corbusier), dificulta eficazmente el paso del sonido.

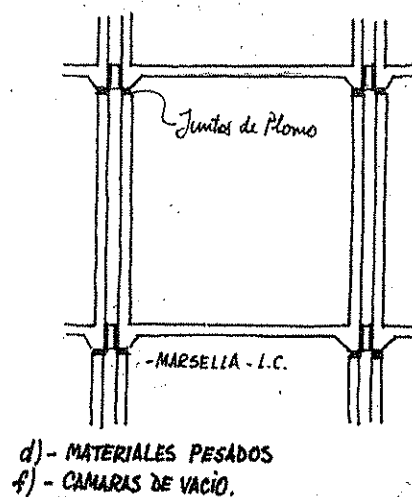
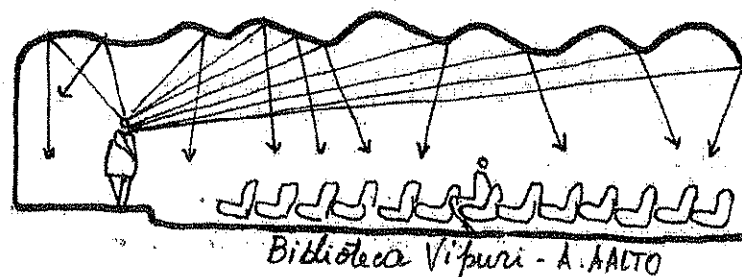


Fig. 200: Materiales pesados

f- Angulos de Reflexión

El manejo de los ángulos de reflexión de manera de "dirigir" el sonido y distribuirlo uniformemente en toda la sala es de difícil determinación rigurosa, estando en relación directa con la forma y proporciones de la sala, requiriendo estudios especiales sobre maquetas que determinen dicha distribución, y por lo tanto, la intervención de especialistas. (Ej. Auditorio de A. Aalto.)



e) - MANEJO DE LA REFLEXION

Fig. 201: Angulos de reflexión

12 - MOVIMIENTOS RELATIVOS

12.1. - Formas de Incidencia

Además de los vistos hasta ahora, inciden sobre la obra una serie de fenómenos provocados “desde fuera”, es decir, desde el medio físico en el que se levanta la construcción, que inducen “Movimientos relativos” entre las diversas partes del edificio a lo largo de su vida útil. Nos referimos a los cambios que puede sufrir la obra por efecto de **Asentamientos Irregulares en el suelo de fundación, de Variaciones de Temperatura y del Tenor de humedad** y de cambios abruptos del estado de carga producto de **Cargas Dinámicas** operando sobre su estructura.

Estos “Movimientos”, de no ser adecuadamente previstos, introducen tensiones adicionales que a veces modifican seriamente el cuadro de solicitaciones previstas, produciendo fallas, agrietamientos, rajaduras y degradación de las obras, pudiendo llevar al colapso de las mismas.

1-ASENTAMIENTO IRREGULAR

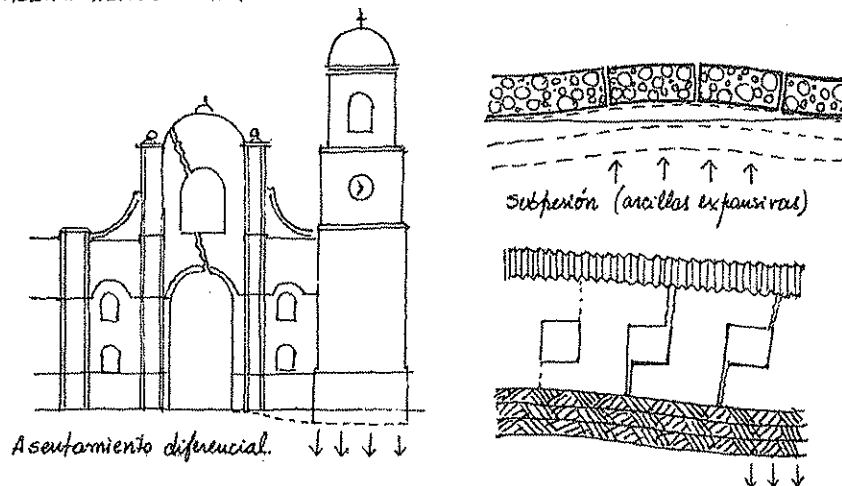


Fig. 202: Asentamientos irregulares

a - Asentamientos Irregulares

Sometido al peso de un edificio, un suelo de fundación no homogéneo puede resistir de manera distinta en un sector de la Fundación respecto de otro. Esto se puede deber a muchas causas: diferencias no registradas en la composición del suelo, con mantos menos resistentes; presencia de corrientes de agua subterránea que “lavan” los suelos y los disgregan; diferente compactación de suelos arenosos debidos a vibraciones, presencia de arcillas expansivas que son muy sensibles a los cambios de los contenidos de humedad, expandiéndose con la saturación de agua y contrayéndose en periodos de sequía, ó expansión de suelos producida por heladas en climas muy fríos, etc.

Como consecuencia, en el sector afectado el esquema portante puede ser sometido a un estado de tensión de tipo fundamentalmente distinto al que fuera considerado al proyectarlo. En las obras de mampostería (no aptas para trabajo de flexión), la parte del edificio afectada se separará por agrietamiento del resto; en las estructuras de hormigón, modificará la forma de solicitación al quedar “Colgada”, invirtiendo las previsiones de tensión. Además, si estos asentamientos desiguales se producen en los primeros momentos, deben preverse problemas mayores en el futuro.

b -Variaciones de Temperatura

Todos los materiales, expuestos a cambios de temperatura, se dilatan ó contraen (Diariamente, du-

rante el ciclo de temperaturas diurnas y nocturnas; y estacionalmente, de acuerdo a las diferentes épocas del año), variando sus dimensiones en las tres dimensiones del espacio. Pero cuando una dimensión tiene una preponderancia mucho mayor con respecto a las otras dos, su dilatación en esa dirección puede ser muy importante, desarrollando tensiones que los elementos constructivos que se le oponen no están en condiciones de soportar, provocando su rotura, siendo tanto más peligrosas como que son "invisibles". Estas tensiones producto de la dilatación pueden ser "externas", es decir, cuando se producen por contacto entre dos ó más partes de la Estructura ó del Cerramiento, ó "internas", cuando se producen dentro de los materiales constitutivos de esas partes.

El comportamiento estructural exige que la estructura sea rígida, pero la absorción de los efectos de la dilatación exigen lo contrario. Por lo tanto, un edificio que deba resistir cargas pesadas y sufra pequeños cambios de temperatura puede ser rígido, mientras que otro que reciba cargas pequeñas pero sufra grandes cambios de temperatura, debe ser flexible. Como tantas veces, el edificio resiste a estos efectos cediendo a ellos, en lugar de combatirlos.

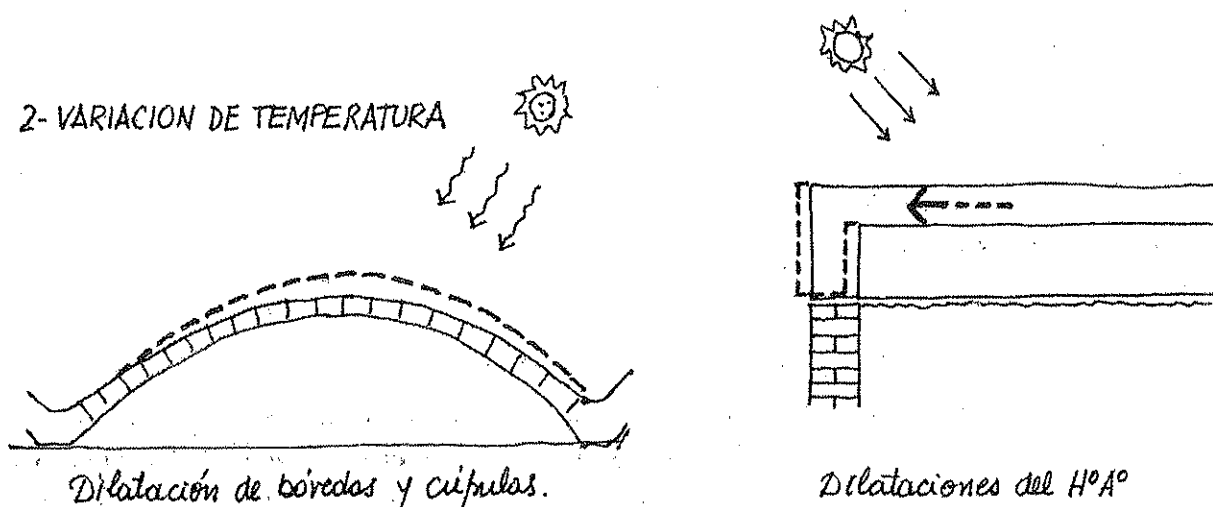


Fig. 203: Variaciones de temperatur

c - Variaciones de Humedad

La variación del contenido de humedad puede ser también causa de cambios en las dimensiones de los elementos constructivos, cuando los materiales involucrados tienen algún grado de absorción de agua. Estos movimientos pueden ser de dos tipos: Reversibles e **Irreversibles**. En este último caso se comportan según una variación dimensional que quedará fija, induciendo tensiones en los elementos vecinos. En el momento del Fraguado del hormigón, se produce una importante contracción de carácter irreversible

En el caso de los "reversibles", someten al material a un "trabajo mecánico" que puede dañarlo hasta destruirlo. Este es el caso específico de la madera, que aumenta más en el sentido radial que en el longitudinal. En cambio, en el caso del hierro es nulo, y en el hormigón es muy pequeño.

d - Cargas Dinámicas

Son las cargas que varían con rapidez ó que se aplican en forma brusca, produciendo efectos mucho

mayores (aproximadamente el doble) que sus efectos estáticos. Es así que podemos identificarlas como “cargas de impacto”, con un muy breve tiempo de aplicación (las ráfagas de viento ó las debidas a los movimientos sísmicos) y las “cargas resonantes”, llamadas así por las repeticiones rítmicas de su aplicación, aunque la carga sea leve. (las cargas de este tipo suelen deberse a Vibraciones).

3- CARGAS DINAMICAS

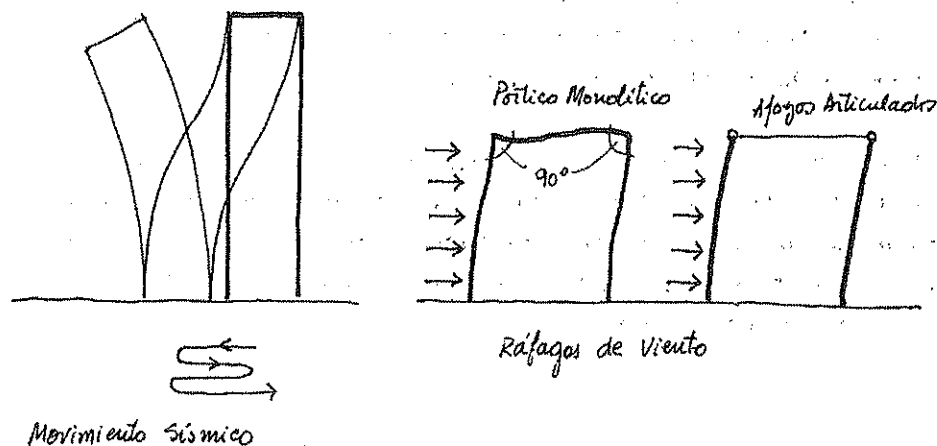


Fig. 204: Cargas dinámicas

12.2. - Estrategias del Oficio

a - La Articulación y el Apoyo Móvil

Cuando los esfuerzos son “Estáticamente Determinados”, es decir, cuando no hay monolitismo en el vínculo (con transmisión de “momentos flexores”) y lo que se transmite al apoyo son sólo esfuerzos simples de tracción ó compresión, el Diseño de Estructuras a desarrollado tipos de apoyo que se denominan “Apoyo móvil” y “Articulación”, que permite el desplazamiento y la rotación de la pieza flexada.

MOVIMIENTOS RELATIVOS

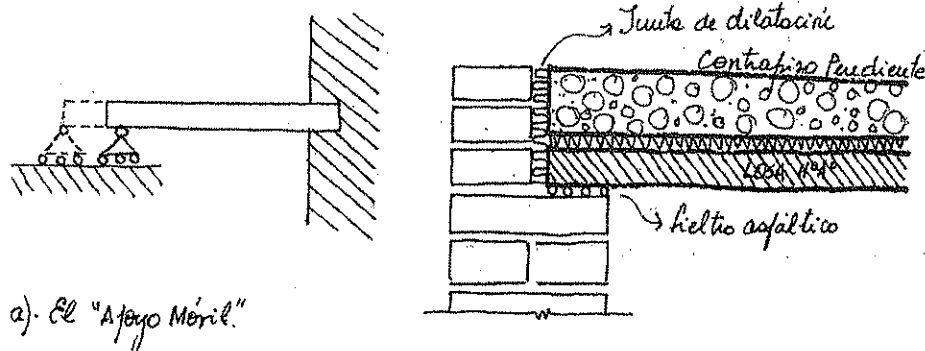


Fig. 205: Articulación y apoyo móvil

Estos tipos de apoyo, que además de su función estructural permiten absorber los movimientos provocados por dilataciones y contracciones, se materializan evitando que la pieza se adhiera al apoyo y lo arrastre provocando su fractura, y dejando libre un espacio adyacente para la libre dilatación. Estos son los casos de Losas de hormigón armado simplemente apoyadas, a las que se le asegura un libre deslizamiento en su apoyo mediante la interposición de un elemento que impida la adherencia (generalmente

un fieltro asfáltico) y un espacio vacío adyacente "sin resistencias" a la libre dilatación.

b - La junta de Dilatación

Hay una gran variedad de "Juntas" de diverso tipo que se realizan en las construcciones. Son básicamente discontinuidades en el material, que se realizan a fin de evitar la acumulación de tensiones por efecto de dilataciones y movimientos que afecten la integridad de la pieza.

Cuando las estructuras de Ho. Ao. tienen en una dirección una longitud importante, (usualmente 25 a 30 mts.) se "repite" la estructura en dicho punto, produciendo una desvinculación efectiva entre una y otra parte, a fin de brindar el espacio necesario para absorber los movimientos de dilatación.

Para absorber las deformaciones que se producen en la estructura por la acción de las cargas, en su unión con otros elementos (Contrapisos, etc.) se realizan asimismo juntas denominadas "de Trabajo". Por las mismas razones, en grandes extensiones de piso continuo (alisados de cemento, graníticos "al puesto", etc.) se producen discontinuidades del material de terminación y de la base (contrapiso); en correspondencia con los apoyos simples de tirantes de madera, ó vigas y losas de hormigón, se procuran los espacios necesarios para que sus movimientos relativos, debidos a los cambios de humedad y/o temperatura, no afecten las obras vecinas.

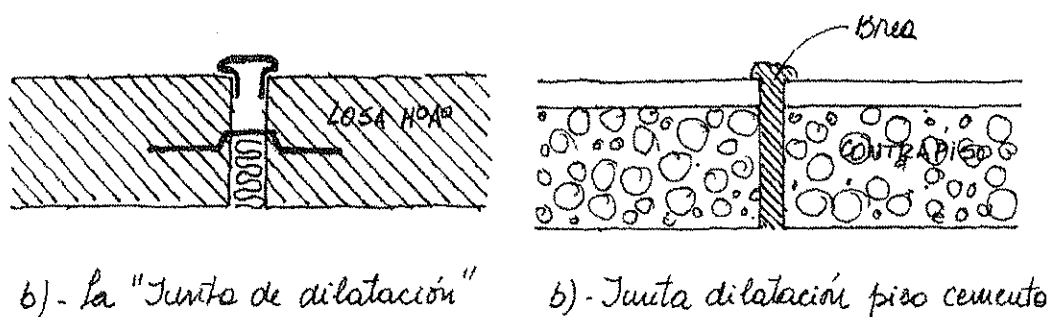


Fig. 206: La Junta de dilatación

c - La "Buña"

En determinadas situaciones, el proyectista "sabe" que las fisuras -producto de estos movimientos- se habrán de producir, y que aunque se contemplen soluciones sucedáneas (revoques con metal desplegado incorporado, etc.), se corre el riesgo de que la falla fatalmente se produzca. Para estos casos, muchas veces se recurre a "marcar" anticipadamente la falla mediante una hendidura que "debilite" el paramento ó el revoque en dicho punto, a efectos de controlarla, y generalmente con ayuda de selladores, de contrapendientes, etc., evitar la infiltración de agua.

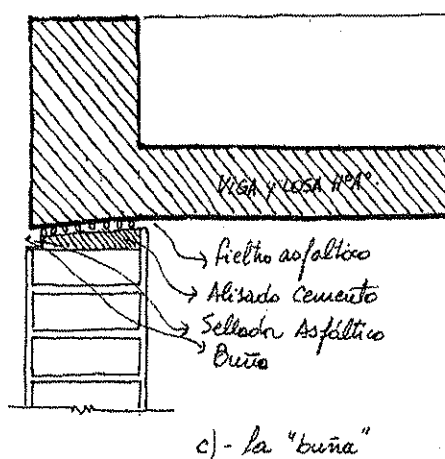


Fig. 207: La "buña"

d - El "Solape"

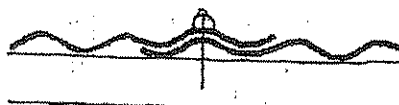
Complementando los espacios necesarios para la libre dilatación de los elementos, se deberá cuidar que la incidencia del agua ó del viento no haga de estas previsiones un problema de filtración. Para ello se recurre nuevamente al "solape" de los elementos que se discontinúan, con las características de escurrimiento y pendientes ya comentadas cuando tratamos "El Agua".



d) - El "Solape"



d) - El "Solape"



d) - El "Solape"

Fig. 208: El Solape

13 - EL PROYECTO Y LA OBRA

13.1. - Ejecución de la Obra

Desde una visión global, las múltiples tareas ó rubros de una obra se pueden dividir en dos grandes grupos: **"los Grandes rubros"**, es decir, aquellos que por su envergadura, función y vastedad se concatan entre sí según una secuencia rigurosa, marcando las pautas principales de ejecución (Replanteo y Nivelación, Movimiento de tierras; Fundaciones, Estructura; Mamposterías y Cubierta), y los **"Rubros Complementarios"** que completan la obra, tales como Instalaciones, Carpinterías, Revoques y Enlucidos, Contrapisos y Pisos, Cielorrasos, Revestimientos, y Pintura General. Por su importancia en la estructuración del Plan de Obra y en la organización global, nos ocuparemos aquí de dar una idea general sobre los **"Grandes Rubros"**:

a - TRABAJOS PRELIMINARES

Obrador:

A caballo entre la "Organización" y la "Ejecución", este conjunto de tareas previas a la obra efectiva exige no obstante una cuidadosa preparación. Cualquiera sea su envergadura, la instalación de los diferentes actores sobre el terreno necesita el apoyo de algunas construcciones auxiliares, el llamado "Obrador". Estas instalaciones, provisorias y desmontables, deben ser emplazadas de manera de no obstaculizar las tareas de construcción y en general de todo aquello que permita el mejor desenvolvimiento de los diferentes rubros, tratando de organizar los trabajos preparatorios en serie, sin cruces ni contramarchas. Para ello, se deben tener en cuenta algunos factores importantes:

- Las vías de acceso al predio, fundamentalmente de los diversos materiales de construcción.
- Los empalmes con los servicios públicos, fundamentalmente Electricidad y Agua para Construcción.
- El control de acceso, los vestuarios y baños para el personal.
- Los límites del predio y de la futura construcción.
- Las áreas para descarga y acopio de materiales.
- Las áreas para preparación de las mezclas.
- Las áreas de maniobras de camiones, volquetes, palas mecánicas, etc.
- La proximidad con andamiajes, apuntalamientos, excavaciones, etc. referidas a las obras a realizar.

Según el tamaño de la obra, podemos diferenciar tres tipos de obrador:

- Para Obras Pequeñas, de hasta 15 operarios, son necesarias una barraca, para vestuario y W.C., y depósito de materiales secos, herramientas, hormigonera, etc.
- Para Obras Medianas, de hasta 60 operarios, se hace necesaria una oficina con teléfono, un depósito de materiales, un local para vestuarios y W.C., un garage para guarda de vehículos, maquinaria, etc., y un estacionamiento de bicicletas.
- Para Grandes Obras, de 60 a 200 operarios, además de lo anterior, son necesarios un garage para vehículos, un taller mecánico, un taller de carpintería, garage para maquinaria de gran porte, y areas para acopio de material a granel, silos, etc.

Replanteo:

La primera fase de ejecución de la Obra sobre el terreno -previo desmalezamiento y limpieza del mismo- es la ejecución a escala natural de su Trazado. Este trabajo puede ser realizado por el Contra-

tista, los Capataces ú otros profesionales (Agrimensores, ingenieros, arquitectos) pero siempre deberá ser supervisado y controlado por el Director Técnico responsable de la Obra.

Sobre la base del Plano respectivo y con instrumentos sencillos, (jalones y estacas, cordel, cabaletes, cintas métricas, reglas de nivel, plomadas, y haciendo uso de diversos recursos geométricos manuales (coordenadas, triangulaciones, etc.), ó mediante instrumentos más sofisticados (Teodolitos, escuadras de espejo, etc.), según la complejidad y envergadura de la obra, se traslada al terreno la forma y medidas principales de los elementos de aquel rubro que será el inicial, determinante de las demás medidas de otros elementos: generalmente las Fundaciones. De la exactitud de sus escuadras y de sus ángulos, de sus centros de curvas, de sus alineaciones y de sus dimensiones relativas depende el futuro de la obra, por lo que se deberá evitar que la acumulación de pequeños errores constituya un grave error al final.

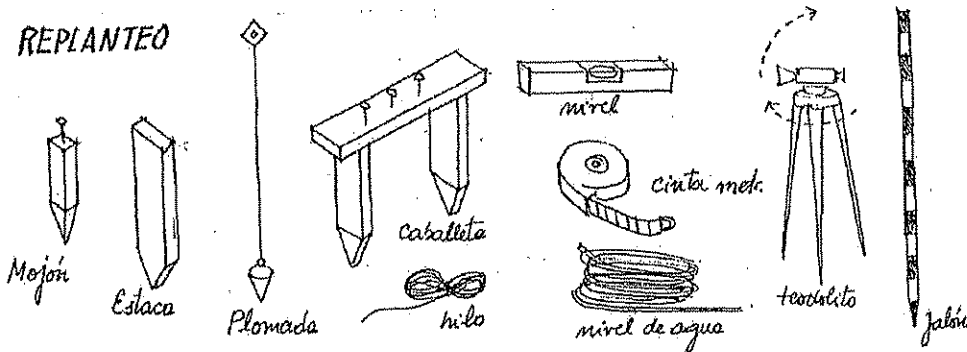


Fig. 209: Replanteo: útiles

Para ello el Proyectista deberá proveer y el Ejecutor (Contratista, Director técnico, etc.) respetar fielmente un instrumento gráfico clave del Legajo de Obra, responsable en gran parte de su ajuste a lo proyectado: el “Plano de Replanteo y Nivelación”. Este plano está estructurado sobre dos “Ejes de Replanteo” perpendiculares entre sí, a los cuales se refiere un sistema de medidas de los elementos constructivos principales (usualmente los ejes de las fundaciones) de las que dependen las restantes, fatalmente determinadas por ellas.

Los “Ejes de Replanteo” son líneas auxiliares que se tienden sobre el terreno -cuidando de no interferir con la futura construcción- y que permiten posicionar la obra a construir en relación con los límites del mismo. A partir de dichos ejes, se traza un sistema de **cotas acumuladas** que determinan, en ambos sentidos ortogonales, los ejes y filos de los elementos acotados. Un sistema complementario de **cotas parciales** permite obtener las medidas de cada elemento constructivo.

Para la confección del plano, y teniendo en cuenta que éste debe ser “interpretado” por el Contratista, se debe tener en claro la secuencia de obra dibujando lo principal y no lo accesorio, y lograr la mayor claridad de dibujo, evitando las repeticiones de medidas que induzcan a dudas ó equívocos.

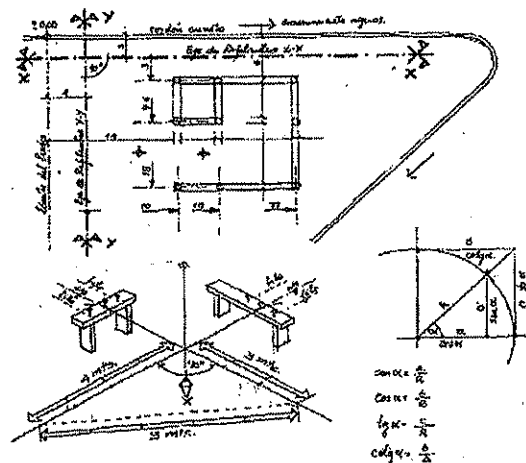


Fig. 210: Replanteo sobre el terreno

Nivelación:

La nivelación general de una región fija sobre el territorio algunos puntos denominados "Hitos" ó puntos de referencia, mediante marcas fijadas en determinados puntos inmutables. (Monumentos, obras viales, etc.) Estas **cotas**, referidas al nivel del mar, figuran indicados en los Planos Topográficos respectivos y en ciertos planos Catastrales. Asimismo, para terrenos más escarpados, se dispone de las "**Curvas de Nivel**", líneas que unen cotas de igual altura y que sirven para tener un relevamiento completo de la forma topográfica de un terreno, sus ondulaciones y accidentes importantes.

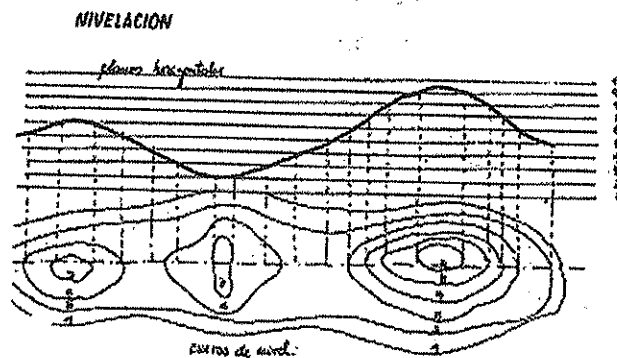


Fig. 211: Nivelación General

Para realizar la nivelación del terreno de construcción se partirá, siempre que sea posible, de uno de tales puntos de referencia, trasladándolo al terreno mediante una obra fija y estable. En caso de que esto sea muy dificultoso, se tomará como punto de referencia el nivel de algún punto perfectamente fijo, accesible y confiable (usualmente el nivel más alto del cordón de la vereda, etc.), a partir del cual, y teniendo en cuenta las pendientes para el escurrimiento del terreno, se fijará el **nivel ± 0.00 de la obra**.

A medida que avanza la construcción, este nivel se trasladará a las diferentes partes de la misma de forma indeleble (Sobre revoques, etc.), de manera de poder referir fácilmente a ellas las cotas definidas por los planos. En éstos, el sistema de **cotas de nivel** puede estar referido tanto a la obra terminada (y por lo tanto, se deberá prever los espesores previos necesarios para llegar a tal nivel) como estableciendo un sistema doble de cotas, uno para los ejes de la estructura y otro para las terminaciones.

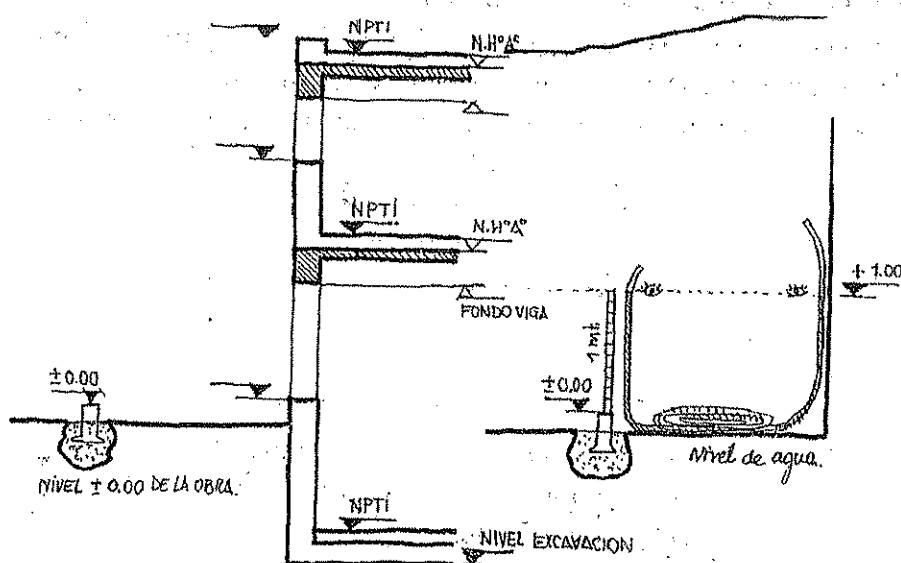


Fig. 212: Nivelación de la obra

Los instrumentos necesarios para llevar a cabo la nivelación de un terreno, son de distinto tipo y complejidad. Una nivelación sencilla, sensiblemente plana, se resuelve aceptablemente con un "Nivel de agua", una manguera llena de agua que por vasos comunicantes marca un mismo nivel sobre dos puntos a cierta distancia. Sin embargo, suele ser un sistema bastante difícil de precisar con exactitud. También se usa un "**nivel tubular de burbuja**" ó una "**regla de nivelar**" de regulares dimensiones, que establece un plano de referencia a partir del cual se fijan los niveles. En obras más complejas, es imprescindible el uso de **Teodolitos** u otros más complejos, generalmente a cargo de especialistas. Una nivelación general de la superficie se logra realizando una cuadrícula, y en ella, determinando mediante estacas el nivel específico de cada punto.

b - Movimiento de tierras

Son aquellos trabajos que implican la modificación del relieve del terreno de Construcción, a fines de adaptarlo a lo definido por el proyecto de arquitectura. Se dividen en tres tipos: "Desmonte"; "Terraplenado" y "Excavación".

Desmonte:

Implica rebajar el nivel del terreno por extracción de tierras, generalmente superficial (de hasta 0,30 m. de profundidad) a fin de disponer una primera nivelación y limpieza del terreno, con la consecuente remoción de malezas, arbustos, árboles, el suelo vegetal ó restos de construcciones anteriores.

Terraplenado:

Implica el aporte de tierras para elevar el nivel del terreno hasta la cota de construcción ó para otros fines. (jardinería, etc.). Se realiza por superposición de capas de entre 0,20 y 0,40 m., con suelos seleccionados, homogéneamente apisonados, con el objeto de reducir el "**esponjamiento**" del material aportado y posteriores asentamientos diferenciales, muy nocivos para las construcciones futuras. Para ello se emplean variados recursos, manuales y mecánicos: desde el empapamiento con agua, secado y posterior apisonado manual, a la utilización de rodado de vehículos pesados (camiones), rodillos lisos ó con pié de cabra, martillos compresores mecánicos, etc.

Es necesario que, previo al terraplenado, se limpie a fondo la vegetación existente para evitar —por putrefacción de la misma— asentamientos posteriores. Asimismo, si el terreno natural tiene pendiente apreciable, es conveniente realizar este relleno mediante escalones horizontales sucesivos, para evitar su deslizamiento eventual. De todos modos, hay que tener en cuenta que después de su relleno se producirá algo de "**Asiento**". En general, según el tipo de material de aporte (tierra vegetal, Tierra colorada; tosca, etc.) se admite un margen de asentamiento que varía entre 1/12 y 1/40 de la altura del relleno.

Excavaciones:

Hay cuatro tipos de excavaciones:

- "**A plena anchura**": que es el movimiento de tierra necesario para realizar construcciones bajo el nivel del terreno natural. (Sótanos, etc)

- **Zanjas**: que son trincheras de unos 40 cm. como mínimo de ancho, (el espacio necesario para los trabajos del operario) y profundidades variables de acuerdo a su destino, destinadas a alojar Fundaciones de muros y canalizaciones.

- **Pozos**: son movimientos de pequeña superficie y gran profundidad, para fundaciones de pilotines, bases, columnas y pilares.

- **Excavación en galería**: son las galerías ó túneles bajo tierra, que requieren la ejecución

adicional de un entibado a medida que la excavación va avanzando, a fin de prevenir desmoronamientos.

Para realizar el **desagote** de una excavación, habrá que facilitar que las aguas de lluvia desagoten por gravedad hacia un punto bajo, y allí realizar un sumidero del cual desagotar con bombas ó conducir el agua a sus canales de escurrimiento natural, fuera de las obras.

A fin de prevenir **desmoronamientos** producidos por el empuje de las paredes de tierra, cuando las excavaciones son importantes es necesario **apuntalar ó entibar** las paredes de tierra de la excavación, mediante los elementos auxiliares adecuados. Asimismo, es importante tener en cuenta el "**talud natural**" de las tierras, es decir, el declive natural que toma el material sin empujes, que varía de acuerdo al tipo de material que se trate. En general, se admite un talud de relación 3/2 (base/altura), cada tipo de material de suelo, la arena, la grava, la tierra vegetal, la arcilla, la marga, la greda, etc. tienen su "talud natural" que, según el respectivo contenido de humedad, puede variar entre los 10 grados hasta los 90 grados.

Las **herramientas** con que se realizan los movimientos de tierra pueden ser Manuales ó Mecánicas. Manuales, como la Pala ó el Azadón, los Picos y martillos, las palas Vizcacheras, etc. ó Mecánicas, como la Retroexcavadora, las diferentes Palas mecánicas, las palas cargadoras, los Bulldozer, etc.

c - Las fundaciones

Las Fundaciones son -huelga decirlo- el fundamento principal sobre el cual descansa la integridad material de un edificio, y de las que depende la estabilidad y solidez de todas las obras posteriores.

A esto se le agrega el carácter de "obra invisible", ya que sus defectos se manifiestan a posteriori, cuando las soluciones son de difícil proyecto y ejecución. Al tratar "los Movimientos Relativos", vimos también algunos de los síntomas de esas fallas, que se manifiestan en deterioros, grietas, y colapsos. Asimismo, al tratar las "Fundaciones" hemos analizado los principales factores que inciden en su proyecto, en particular, las características del suelo de Fundación; cuyo conocimiento exacto es imprescindible para decidir su conformación definitiva.

Para ello, el Ensayo de Suelos nos proporciona el conocimiento experimental, sobre el terreno mismo, de sus principales características, no solo de su Resistencia sino de su composición en profundidad, su homogeneidad, la presencia de corrientes de aguas (superficiales ó subterráneas), la profundidad que pueden alcanzar las heladas, etc.

Tipos de Fundaciones

Como hemos visto, la diversidad de tipos de Fundaciones responde, por un lado, a la forma en que el esquema estructural del proyecto prevé la transmisión de las cargas de la obra al suelo, y por el otro, a las características portantes del suelo de Fundación. En función de ello, hay una variedad de soluciones que dependen, en general, de la Profundidad a la que debe fundarse, es decir, de aquel nivel donde se encuentra el suelo que por su aptitud portante sea capaz de soportar los pesos de la obra a una profundidad razonable; y cuando esto no ocurre, de otras alternativas más económicas de Fundación:

- **Zapatas corridas** para muros y Bases aisladas para Columnas y pilares, cuando la profundidad del suelo apto es razonablemente accesible (de 1 a 4 ó 5 mts.);

- **Pilotes moldeados** en el terreno mediante herramientas manuales ó mecánicas (palas vizcacheras, taladros mecánicos).

- **Pilotes hincados** (usualmente prefabricados de Ho.Ao) ó moldeados al terreno a gran profundidad (20 a 30 mts.); cuando los suelos resistentes se encuentran en niveles muy profundos.

- **Plateas (ó "zampeados")**: Si a consecuencia de la escasa resistencia del Terreno hay que aumentar exageradamente la superficie de contacto de cada fundación aislada, es preferible en su lugar establecer una "Platea" general para todos los elementos de apoyo, sean estos columnas, muros, pilares, etc.

- Estas plateas, que transmiten las cargas al terreno mediante una superficie igual ó superior a la de la propia obra, pueden ser desde una sencilla losa de Ho.Ao. ó un emparrillado de vigas paralelas o perpendiculares entre si, según convenga al apoyo de las obras superiores, hasta complicados zampeados realizados con bóvedas invertidas de mampostería ú Hormigón.

Drenajes:

Además de las cuestiones referidas a la Resistencia, hay otro tipo de factores que inciden en la ejecución y que hay que tener en cuenta en cada caso particular que se presente:

- El primero está referido al **Drenaje** del terreno ante la presencia de aguas, superficiales ó subterráneas, que irruman en el área del proyecto. Esto puede afectar tanto a la estabilidad, modificando la naturaleza del terreno previsto, como producir el ascenso por capilaridad de una constante humedad que se transmita de los cimientos a la obra de superficie. Para ello, es recomendable instalar drenajes cerca de las fundaciones, que consisten básicamente en **tubos perforados** (de plástico, fibrocemento, etc.), colocados a tope y rodeados por una **camisa de drenaje** hecha con gravas de distintos diámetros, que rodean al tubo.

- Para trabajos por debajo del nivel de las capas de agua, ó en terrenos saturados, se deberá prever la forma de desalojarlas de las zanjas ó pozos de fundación, mediante la creación de un recinto estanco, cerrado mediante "**Tablestacas**", pilotes ó tablas hincadas (de hierro, madera, hormigón), y el bombeo de las aguas acumuladas fuera del area encerrada.

- Cuando una obra se sitúa por debajo de una napa de agua queda sometida a un **Empuje Hidráulico**. Este empuje, que actúa tanto de abajo hacia arriba como lateralmente a las paredes de fundación se denomina **Subpresión hidrostática**, que depende de la altura del nivel del agua por encima del plano considerado. La subpresión tiene varios efectos, por lo que las fundaciones deben estar calculadas para resistir dicha fuerza invertida: por un lado, tiende a levantar la obra, disminuyendo la carga ejercida sobre el terreno; cuando la subpresión ejercida es igual al peso de la obra ambas se anulan, y el edificio flota. Si la subpresión aumenta, la obra corre el riesgo de ser levantada de su asiento, sobre todo en las obras muy livianas (Piscinas, cisternas, etc.) Para ello conviene que estas obras estén sobrecargadas ó ancladas fuertemente mediante pilotes de anclaje.

d - La Estructura de Sostén

Es evidente que los dos primeros rubros analizados ("Movimiento de Tierras", "Fundaciones"), y el que vamos a hacer ahora, "Estructura de Sostén", están vinculados correlativamente en la secuencia del Plan de Obra. Pero a partir de la ejecución de "lo Estructural", y de acuerdo a las características particulares del Esquema Portante del proyecto, se multiplican las posibilidades de "concatenación" con el resto de los rubros, no habiendo para ello otras reglas que las que emanen de la experiencia propia y acumulada y la racionalidad con que se encaren los objetivos de Calidad, Economía y Rapidez.

La materialización de la estructura de sostén, en sus diferentes modalidades de ejecución, permite conseguir algunas condiciones nada desdeñables para el desarrollo de las tareas, tales como un mayor orden y limpieza general de la obra y contar más ó menos rápidamente con algunas áreas semi-cubier-

tas, con las consiguientes ventajas operativas que ello supone.

De un modo ú otro, algunas características fundamentales del tipo de obra a realizar están impuestas ó inducidas por el tipo de estructura portante, pautando de manera decisiva los trabajos "in situ" ó "en Taller" y el carácter de obra "Húmeda" ó "en seco".

Desde este punto de vista, podemos ordenar las diferentes clases de esquemas portantes en: **Estructuras "in situ"**; y **Estructuras Prefabricadas** (en fábrica ó taller) y montadas en obra. Está además el caso de las **Estructuras mixtas**, muy habitual, en las que se combinan en diversas proporciones las dos anteriores, participando en igual proporción de sus principales características:

"in Situ":

- Se las considera **Estructuras "In Situ"**, cuando el proceso de su ejecución se realiza en el terreno de emplazamiento. Generalmente son obra "**Húmeda**", es decir, que para su consolidación definitiva intervienen **mezclas de materiales ligantes y agua**, que para su fraguado necesitan el paso de considerable Tiempo. Tales los casos de las tradicionales Mamposterías, (de piedra, ladrillos, bloques, etc.) y del Hormigón Armado "in situ".

- Durante dicho periodo de tiempo, variable según cada caso, la obra se convierte en una "fábrica" de sí misma, con una gran cantidad de tareas subsidiarias y movimientos preparatorios de la tarea principal. La preparación de las mezclas ó el suministro por medio de camiones, el acarreo de materiales, su estiba provisoria cerca de los puntos de aplicación, la confección de encofrados y armaduras, las previsiones para su correcta geometría, los apuntalamientos, etc., monopolizan casi por completo la atención y el espacio disponible.

- Es de hacer notar que, en el caso de las Estructuras de Mampostería, su íntima relación con la función de Cerramiento puede dar por resultado un proceso constructivo unificado, en el que a la par de los muros se resuelve la colocación de aberturas y otros dispositivos para la aislación, debiendo preverse en tiempo y forma la disponibilidad al pie de obra de los diferentes elementos intervinientes. (Aberturas, Dinteles, Aislaciones, premarcos, etc.).

- Esta coordinación es en principio más fácil cuando se trata de Retículas estructurales independientes, en las cuales dichas incorporaciones pueden hacerse a posteriori, no obstante lo cual deberán dejarse ejecutadas las previsiones del caso. (insertos en el hormigón, huecos, juntas, etc.)

- Aunque menos asiduamente, puede haber casos de Estructuras "In Situ" de obra "seca" (de madera, metálicas, etc.); en las cuales el panorama de la organización de la obra es más ó menos similar, aunque de más corta duración en el tiempo y con las ventajas derivadas de la efectividad y rapidez de los sistemas de unión.

Estructuras Prefabricadas :

- Se consideran "**Estructuras Prefabricadas**" (de Hormigón Armado, de Madera, Metálicas. etc.), aquellas en que la ejecución de las partes ó piezas de la Estructura se realiza fundamentalmente fuera de la obra, (según sea, en fábricas ó Talleres), y que son transportadas para finalmente ser montadas en ella, tanto en forma "**Húmeda**" (Colados de Hormigón) como "**Seca**" (Abulonados, soldaduras, encastres, etc.).

- En comparación con las anteriores, es necesario advertir que éstas representan para la marcha del "Plan de Obra" un ahorro de tiempo de tipo cualitativo que hay que saber aprovechar para un planeamiento inteligente. De no ser encargadas con adecuada anticipación, dejarían un tiempo "muerto" inaceptable, situación que debe ser prevista en el Plan de Obra respectivo.

- No obstante, la precisión necesaria para su montaje futuro exige la preparación previa

del terreno de maniobras, la realización de obras "fijas" in situ que las reciban (Fundaciones, etc.), así como un cúmulo de tareas preparatorias para su montaje (instalación de grúas, aparejos, colocación de piezas auxiliares, etc.), orden y libertad de movimientos.

- Es posible, además, realizar otras tareas, independizables de la principal (tales como mamposterías interiores, obras de canalización, sótanos, cisternas, etc.) siempre que no la interfieran y retarden.

e – Mamposterías:

Como ya hemos visto, se denominan "**Muros**" aquellas obras de mampostería que cumplen una función Portante, y "**Tabiques**" aquellas paredes divisorias que no tienen función portante alguna. Ambas, sin embargo, tienen la función de constituirse en "**Cerramientos**" de los locales proyectados, con todos los compromisos de Aislación hidráulica, Térmica, Acústica, etc., correspondientes a su situación particular dentro del proyecto.

Portantes:

Como Mamposterías Estructurales ya hemos consignado en los capítulos respectivos algunas de sus características constructivas más importantes, entre las que sobresalen su carácter de obra "humeda" (morteros y revoques), sus técnicas de ejecución como obras de colocación manual (mampuestos), sus condiciones de Apilamiento, Traba, Aparejos, y las limitaciones generales ante los esfuerzos de tracción, que deberán ser tenidas en cuenta mediante adecuados arriostramientos (encadenados), enlaces y armaduras.

A los efectos de la concatenación de tareas, los **Muros portantes** participan de las características generales de las "Estructuras in situ" que se han desarrollado en el punto anterior. En cambio, los "**Tabiques**" dependen de la erección previa de las Estructuras de Sostén en que se apoyan para su construcción.

Tabiques:

En los edificios con Estructura Independiente, los tabiques cumplen de manera vasta una función de Cerramiento y subdivisión interna del espacio conformado, siendo irrelevante la función de arriostramiento general, a cargo de la estructura. No obstante, son el soporte para otros rubros posteriores, desde el alojamiento de instalaciones (sanitaria, eléctrica, etc.) hasta los revoques, enlucidos y revestimientos en general.

Cada uno de éstos rubros lleva frecuentemente a subdividir la ejecución de los tabiques en etapas, que responden a una coordinación particular: la erección de las mamposterías sin revocar, con colocación simultánea ó posterior de las aberturas; la ejecución de las partes que quedan definitivamente "a la vista"; los revoques exteriores para la aislación hidrófuga; los revoques gruesos para embutir cañerías, para recibir enlucidos ó revestimientos, etc., de acuerdo a las características del proyecto.

f – Cubiertas

Alcanzar la cubierta total ó parcial de las obras en el menor tiempo posible constituye de por sí un logro importante de toda obra, por las ventajas operativas que de ello se derivan. Indudablemente, poder independizarse – aunque sea parcialmente- de los avatares climáticos constituye una ventaja inapreciable para reducir los tiempos de ejecución y para la comodidad, calidad y eficiencia en el desarrollo de los trabajos por parte de los operarios. Por lo tanto, la estrategia para alcanzarla constituye

una pieza clave en el plan de obra, que frecuentemente repercute en la propia elección de los sistemas constructivos.

El factor determinante de este objetivo es, indudablemente, la velocidad de ejecución y puesta en función Portante del tipo de Estructura de Sostén adoptada, que se deriva directamente de sus técnicas y proceso constructivo.

Como ya hemos visto, la Cubierta en sí misma se podría dividir, desde el punto de vista del plan de obra, en dos grandes clases:

Cubiertas "livianas"

Habitualmente de ejecución "en seco" en muy breve tiempo (metálicas, de madera, etc.)

Cubiertas "Pesadas":

Que requiere la ejecución, parcial ó total, de obra "húmeda" y que, a las complicaciones derivadas de su diseño, montaje manual ó mediante maquinaria (Grúas, aparejos, etc.), apuntalamiento, encofrado, etc., suma los tiempos - generalmente largos- que insume el endurecimiento para su consolidación portante.-

13.2. - Organización de la Obra

a - Generalidades

La ejecución satisfactoria de una obra de arquitectura es en gran parte consecuencia de una conveniente **coordinación previa** de los diferentes actores que intervienen en ella (Comitente; Arquitecto proyectista; Director de Obra; Representante técnico de la Empresa, Capataces; Operarios; Proveedores, etc.) los que, desde su propio ámbito de competencia, deberán confluir a una **Organización común**. Desde la definición detallada del Proyecto mediante la documentación técnica correspondiente (Legajo de Obra) y las formas de contratación de Materiales y Mano de Obra, hasta la corriente de flujos económicos aportada por el Comitente y el esquema financiero de Inversiones, el objetivo que los reúne deberá plasmarse en una hoja de ruta, un "**Plan de Obra**" que deberá responder a tres factores interrelacionados:

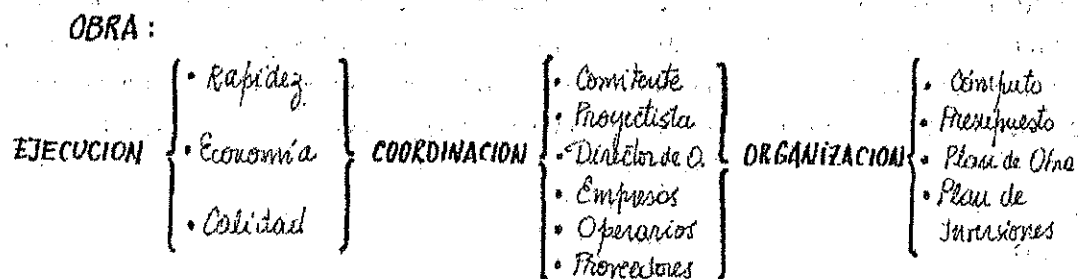


Fig. 213: Factores de organización de la obra

La **Rapidez** suele ser en muchos casos un factor principal para los intereses del Comitente ó del Inversor, de la Empresa Constructora y de los diferentes Actores de la obra, pues de él se derivan importantes beneficios, fundamentalmente económicos y laborales. Pero no es posible tomarlo aisladamente;

sin considerar previamente los límites económicos del emprendimiento, la ecuación costo-beneficio, la frecuencia de los aportes dinerarios y financieros necesarios y posibles y las repercusiones sobre la calidad requerida.

La **Economía** es, más allá de las anteriores determinaciones, la consecuencia de una organización racional de la obra, permitiendo una adecuada sincronización de tareas, un orden y pulcritud en las acciones, de tal forma de evitar demoras, desperdicios, deterioros y entorpecimiento en su desarrollo, y de una correcta utilización de los Materiales, haciendo rendir al máximo sus posibilidades.

• COMPUTO Y PRESUPUESTO

	Rubros de Obra.	Cómputo		Presupuesto				Totales
		Unidad	Cantidad	Mano de Obra		Materiales		
				P. Unitario	P. Total	P. Unitario	P. Total	
1	Trabajos Preliminares							
2	Movimiento de tierras							
3	Fundaciones							
	Estructuras							
	etc.							

Fig. 214: Cómputo y presupuesto

La **Calidad**, por último, aún en la más "económica" de las obras, será el resultado del conocimiento a fondo de los materiales, sus límites y posibilidades, y de las Técnicas más adecuadas y precisas para su puesta en obra, y de una selección equilibrada, compatible con los factores anteriores.

b - El Plan de Obra

Habitualmente a cargo del Director de Obra, el **Plan de Obra** es el encargado de sintetizar armónicamente los factores anteriores en un "Plan Operativo". En razón de la diversidad de aspectos que inciden en él (la magnitud de la obra; la complejidad del proyecto; los tipos de materiales y técnicas involucrados; las disponibilidad local de materiales y mano de obra; los modos de contratación; las exigencias de control de calidad; las posibilidades económicas y financieras, etc.), y del objetivo supremo de proporcionar un rumbo general, sintetizador del proceso de obra, no es un "Programa Detallado de Tareas" (rubro por rubro, generalmente a cargo de los contratistas respectivos), sino más bien una "**Hoja de ruta**", un rumbo general basado en la coordinación previa de las tareas parciales.

Es decir, pone el acento en la manera en que los rubros intervinientes "**concatenan**" sus tareas en el tiempo y en el espacio con la mayor celeridad y sin interferencias, para poder ser llevadas a cabo razonablemente —por todos los actores involucrados y en el menor **plazo de Ejecución**— de manera de establecer un compromiso cierto y cumplible.

Naturalmente que para la ejecución del "Plan de Obra", el Director Técnico deberá tomar en cuenta, y para ello conocer y/o requerir de los diferentes actores intervinientes, los "modus operandi" de sus tareas específicas, los insumos de tiempo, los momentos de intervención, las prelación, etc., así como prever la provisión a tiempo de los materiales involucrados, contemplando la variación de las Condiciones Climáticas, el régimen de lluvias, las temperaturas mínimas y máximas, las interrupciones debidas a vacaciones, feriados, etc., según la naturaleza de las tareas a realizar (a la intemperie ó bajo techo,

etc. p/ej.; Zanjeado; Mamposterías, Yasería, diferentes Instalaciones, etc.)

• PLAN DE OBRA

		Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4	
		1ª q.	2ª q.	1ª q.	2ª q.	1ª q.	2ª q.	1ª q.	2ª q.
1	Tareas Preliminares	■	■						
2	Movimiento de tierras		■	■					
3	Fundaciones			■	■	■			
4	Estructuras					■	■	■	
	etc.							■	■

Fig. 21: Plan de Obra

Realizar un "Plan de Obra" requiere de una "Estrategia", para lo cual es necesario tener presente algunas distinciones. En primer lugar, toda obra es el producto combinado, en diversas proporciones, de dos tipos de tareas: tareas "in situ", es decir, en el sitio en que se levantará, y "en taller", cuya ejecución se realiza fuera del ámbito de la obra, en talleres especializados (Metalúrgicos, carpinterías, etc.), ó cuando el producto es de factura Industrial, en Fábricas diversas (premoldeados de Ho.Ao., Acerías, etc.). Dentro de este último grupo, los elementos constructivos pueden ser "a medida", es decir, ceñidos a lo dispuesto en el proyecto, ó "standard", con medidas normalizadas a las que el proyecto se deberá adaptar.

Las tareas realizadas "in situ", se caracterizan porque la forma final del elemento constructivo se perfila directamente en obra, "al puesto", a partir de materias primas elaboradas por los operarios (componentes del hormigón, diversos mampuestos, etc.). Por esta razón suele ser una obra "húmeda", es decir, con materiales que necesitan un período de tiempo para su elaboración, colocación y/o endurecimiento. (Mamposterías, hormigón, etc.)

En cambio, las obras denominadas "en taller" son realizadas en talleres especializados (Cabriadas metálicas, premoldeados de hormigón, carpinterías, etc.) y entregadas en la obra para su "montaje en seco" en su posición definitiva, con técnicas de unión también "en seco" (Soldaduras, Abulonados) ó con menores intervenciones de "obra húmeda" (amures, colados de hormigón, etc.).

Como estos elementos generalmente vienen "terminados" (hasta incluso prepintados), pero deben acoplarse con otros realizados "in situ" (sean paredes, columnas, bases, etc.) es necesario tomar las precauciones para su **correcto ajuste**, lo que habitualmente se hace con **piezas de transición** (Realizadas en Taller pero colocadas in situ), que vinculan con cierto margen final de ajuste el ensamble de estos dos tipos de obra (mediante insertos en el hormigón, planchuelas amuradas, premarcos, etc.). No está demás agregar que para estas tareas la justeza del replanteo resulta fundamental.

El otro aspecto, complementario del anterior, es regular el flujo de dinero y el ritmo de inversiones que acompañe la marcha del Plan con las posibilidades e intereses del cliente, es decir, el "**Plan de Inversiones**", necesario para cerrar el plan definitivo.

Es importante que esta tarea de coordinación general que implica el plan de obra se centralice en la figura del **Director de Obra**. Las soluciones consistentes en encomendar a cada contratista por separado su propio plan conduce generalmente a manipulaciones equivocadas, a causa del predominio de las conveniencias e intereses sectoriales en desmedro del conjunto.

Cuando hay claramente definido un Contratista Principal que se hace cargo de gran cantidad de rubros de la obra, éste pauta claramente el rumbo a seguir, al cual se acoplarán los subcontratistas secundarios. Pero en todos los casos, es importante que sea el Director de obra el que, procurando obtener la colaboración de todos, **centralice y cierre el plan respectivo**, lo cual permitirá una obra con acuerdo de todos, sin tropiezos ni contramarchas y por lo tanto, de ejecución rápida, económica y de calidad.-

• PLAN DE INVERSIONES

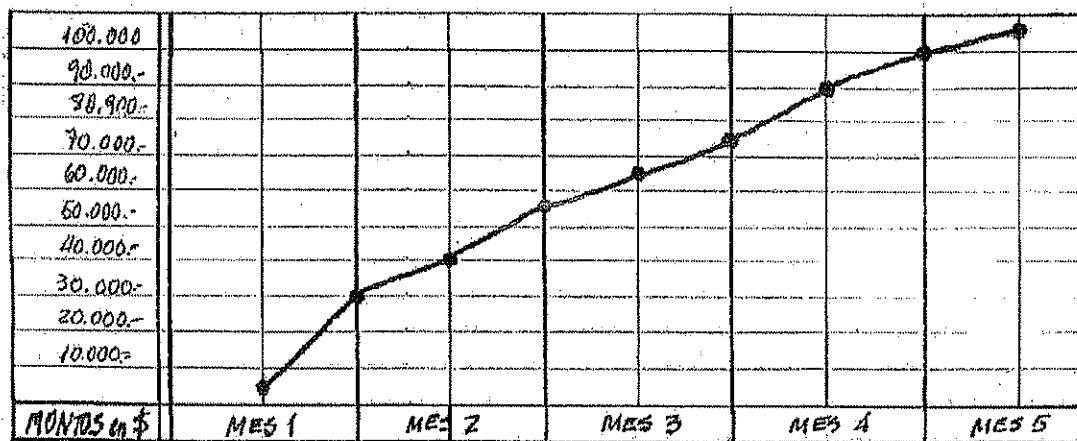


Fig. 216: Plan de Inversiones

INDICE DE FIGURAS

(NOTA: Las figuras extraídas de libros y revistas se citan en negrita - Las figuras restantes son dibujos del autor.)

1 – Partido y Materialidad

- 1 – Bocetos del Sitio: Palacio Justicia Chandigarth – (de **“LE CORBUSIER, Obras Completas, Vol. 5, 1946-52”**, publicadas por W. Boesiger - Les Editions d'architecture Zurich, 1966 (5ª edición)
- 2 – Ideas preliminares Palacio de Justicia (**idem anterior**)
- 3 – Anteproyecto definitivo Palacio de Justicia – (**idem anterior**)
- 4 – Despiece Villa Savoye – Le Corbusier
- 5 – Casa en Pompeya, Panteón, Catedral de Mallorca, Capilla Pazzi, Palacio Ducal Venecia, Partenón
- 6 – Club Yahara, Casa Weiss, Casa Farnsworth, Villa Savoye, Maison Domíno.
- 7 – Corte del Panteón
- 8 – Corte del Gran Kursaal

2 – Comportamiento Estructural

- 9 – Cargas Térmicas y de Asentamiento
- 10 – Cargas Dinámicas
- 11 – Equilibrio en una dirección
- 12 – Equilibrio rotatorio
- 13 – Diagramas de momento – Tensión y Deformación del Acero.
- 14 – Isotropía-Anisotropía
- 15 – Tracción
- 16 – Compresión
- 17 – Pandeo
- 18 – Corte
- 19 – Flexión
- 20 – Tensiones internas del material (PNI)
- 21 – Cables
- 22 – Polígono Funicular
- 23 – Cubiertas de Cables
- 24 – Antifunicular
- 25 – Triangulación
- 26 – Cabriadas
- 27 – Estereoestructuras
- 28 – Flexión: Diagrama momentos
- 29 – Momento de Inercia
- 30 – Viga simplemente apoyada
- 31 – Viga empotrada
- 32 – Viga continua
- 33 – Viga en voladizo
- 34 – Pórticos
- 35 – Monolitismo
- 36 – Flexión Uni y Bidireccional
- 37 – Enramados
- 38 – Acción de placa
- 39 – Placas nervuradas

- 40 – Plegados
- 41 – Membranas
- 42 – Cáscaras
- 43 – Tipos de Fundación

3 – Los Materiales Tradicionales

- 43 – Prefect. Shimane (Japón)
- 44 - Aldea Subterránea Loyang (China)
- 45 – Club de Hombres (N. Guinea)
- 46 - Mina de Sal (Polonia)
- 47 – Aldea Fortificada (Svanetia)
- 48 – Complejo Oficinas Barcelona - J.A. Coderch
- 49 – Casa Errázuriz de LE CORBUSIER
- 50 – Edificio Goldman Salasch en Viena– A. Loos
- 51 – Edificio Fate en Buenos aires – J. Solsona y Ass.
- 52 – El muro
- 53 – Recinto-trazas
- 54 – El Vano
- 55 – Arco-dintel
- 56 – Pirámides
- 57 – Templo Griego
- 58 – Catedral Gótica
- 59 – Casa Mathes – Casa lago Lemán - L.C.
- 60 – Pabellón Barcelona – MIES
- 61 – Huellas de la Madera en la Piedra
- 62 – Lógica de entramado
- 63 – Vivienda Tradicional Japonesa
- 64 – Diagrama del Acero
- 65 – Claustro Medieval – Biblioteca Labrouste
- 66 – Galería de las Máquinas – Contamin y Dutert
- 67 – Acero y vidrio
- 68 – Hormigón : Piedra artificial
- 69 – Armaduras de tracción
- 70 – Monolitismo del Hº.Aº
- 71 – Caja Muraria
- 72 – Estructura Independiente
- 73 – Esqueleto y piel
- 74 – Estructuras celulares y fibrosas
- 75 – Prefabricación

4 – Tecnología de los Materiales

- 76 – Anisotropía en mampuestos
- 77 – Muros de piedra
- 78 – Ladrillos comunes
- 79 – Ladrillos huecos portantes
- 80– Ladrillos huecos no portantes
- 81 – Bloques de cemento

- 82 – Posiciones básicas del ladrillo
- 83 – Aparejos
- 84 – Juntas en mamposterías
- 85 – Mortero de asiento
- 86 – Lecho de mortero
- 87 – Corte transversal del Tronco
- 88 – Aserrados y Escudrías
- 89 – Encastres
- 90 – Clavos, tornillos, conectores
- 91 – Diseño estructural – Triangulación
- 92 – Braced y Ballom Frame
- 93 – Diagrama deformaciones y tensiones Acero
- 94 – Detalles Seagram Building y Alumni Hall – Mies Van de Rohe
- 95 – Flexión – tensiones internas del material
- 96 – Funicular y antifunicular
- 97 – Cabriadas y reticulados
- 98 – Remaches y roblones
- 99 – Rotura de remaches
- 100 – Soldaduras
- 101 – Disponibilidad del Acero
- 102 – Hormigón: complementación granulométrica
- 103 – Armaduras de tracción en H^o.A^o.
- 104 – Apoyos, deformaciones y armaduras de piezas de hormigón
- 105 – Encofrado
- 106 – Juntas de dilatación

5 – Concepción Estructural

- 107 – Distribución de las cargas
- 108 – Discriminación de luces (pequeñas luces)
- 109 – Discriminación de las luces (grandes luces)
- 110 – Alternativas de apoyo
- 111 – Tipos de vínculo
- 112 – Alternativa n° 1
- 113 – Alternativa n° 2
- 114 – Alternativa n° 3
- 115 – Alternativa n° 4
- 116 – Recorrido de las cargas
- 117 – Elástica de deformación
- 118 – Deformación en los vínculos
- 119 – Forma de la sección
- 120 – Repartición lineal de la carga – continuidad del muro
- 121 – Verticalidad de las cargas
- 123 – Rigidización horizontal
- 124 – Villa Rotonda – PALLADIO –
- 125 - Iglesia de Rochester – L. KAHN
- 126– Cubierta: estructura a un agua
- 127 – Cubiertas planas

- 128 – Cubierta: bóveda
- 129 – Cubiertas de gran luz a dos aguas
- 130 – Cubiertas de gran luz planas (pórticos)
- 131 – Cubiertas Panteón – Catedral Gótica
- 132 – Triangulación
- 133 – Evolución del muro de carga
- 134 – Estructura Independiente
- 135 – Palacio Asamblea de Chandigarth – LE CORBUSIER
- 136 – Pabellón Barcelona – MIES VAN DE ROHE
- 137 – Casa Curutchet – LE CORBUSIER
- 138 – Argentina Televisora Color – J. SOLSONA Y ASS.

6 – La Elección del Material

- 139 – Murondins, de LE CORBUSIER - (LE CORBUSIER, Obras Completas, Vol. 4, 1938-46”, publicadas por W.Boesiger - Les Editions d’architecture Zurich)
- 140 – Proyecto de Pueblo - J. STIRLING - (de “Arquitectura, Forma, Espacio y Orden” – FRANCIS D.K. CHING, Ed. Gustavo Gili/méxico, 12ª edición)
- 141 – Escuelas Móviles, de LE CORBUSIER - (LE CORBUSIER, Obras Completas, Vol. 4, 1938-46”, publicadas por W.Boesiger - Les Editions d’architecture Zurich)
- 142 – Plan Previ Peru . C. Alexander
- 143 – Casa Sarabhai – LE CORBUSIER
- 144 – Casa Mathes – LE CORBUSIER
- 145 – Villa Cartago – LE CORBUSIER
- 146 – Casa de la Cascada – F. LL. WRIGTH
- 147 – Casa Errázuriz – LE CORBUSIER
- 148 – Museo Arnheim – A. VAN EYCK
- 149 – Hangar, P. L. NERVI
- 150 – Puente sobre el Salginatobel, R. MAILLIART
- 151 – Acceso al Louvre; M. PEI –
- 152 – Life Insurance; ROCHE, DINKELLOO

7 – El Artefacto Arquitectónico

- 153 – Iglesia Rochester; L. KAHN
- 154 – Palacio Asamblea; LE CORBUSIER
- 155 – Casa del Fascio; G. TERRAGNI
- 156 – Ayuntamiento de Murcia; R. MONEO
- 157 – Casa Sarabhai - L.C.
- 158 – Carácter del Espacio: Impronta Estructural
- 159 – Carácter de la Envolvente
- 160 – Orden Formal, dimensional y geométrico
- 161 – Geometría y Aritmética : Crown may - MIES
- 162 – Geometría y Aritmética : Marsella - L.C.

8 – La Función de Cerramiento

- 163 – Fenómenos Incidentes
- 164 – Detalle Crítico : TEMPLO GRIEGO
- 165 – Detalle Crítico : Casa en Balcarce, D. ALMEIDA KURTH

- 166 – Corte Crítico : Casa Mathes, L.C.
- 167 – Detalle Crítico: Seagram Building, Alumni Hall, MIES

9 – Acción del Agua

- 168 – Ley de Gravedad
- 169 – Presión del Viento
- 170 – Tensión Superficial
- 171 – Capilaridad
- 172 – Corrientes convectoras
- 173 – Detalle General de Base
- 174 – La Pendiente
- 175 – La Pendiente
- 176 – Pendientes en cubiertas
- 177 – El Solape
- 178 – La Trampa
- 179 – Corriente de Aire
- 180 – Barreras del techo
- 181 – Barreras del piso
- 182 – El Doble contacto

10 – Acción del Calor

- 183 – Movimiento del Sol
- 184 – Radiación
- 185 – Conducción
- 186 – Convección
- 187 – Asoleamiento
- 188 – Control Solar
- 189 – Forma, textura, color de superficies
- 190 – Techos de Sombra, corrientes de aire
- 191 – Cámaras de aire
- 192 – Materiales Porosos

11 – Acción del Sonido

- 193 – Propagación del Sonido
- 194 – Características del Sonido
- 195 – Reflexión-Eco
- 196 – Refracción-Difracción
- 197 – Materiales Porosos
- 198 – trampas sonoras
- 199 – Amortiguadores de sonido
- 200 – Materiales Pesados
- 201 – Angulos de Reflexión

12 – Movimientos Relativos

- 202 – Asentamientos Irregulares
- 203 – Variaciones de Temperatura
- 204 – Cargas Dinámicas

205 – Articulación y apoyo móvil

206 – La Junta de dilatación

107 – La Buña

208 – El Solape

13 – La Obra

209 – Replanteo : útiles

210 – Replanteo sobre el terreno

211 – Nivelación general

212 – Nivelación de la obra

213 – Factores de Organización de la obra

214 – Cuadro “Cómputo y Presupuesto”

215 – Cuadro “Plan de Obra”

216 – Cuadro “Plan de Inversiones”

BIBLIOGRAFIA

- G. BAUD : *Tecnología de la Construcción* - Ed. BLUME, Barcelona, 1970.
- MERCEDES DEL MÁRMOL, *La Materialidad de la Arquitectura* - Ed. DUNKEN, 2006
- ATTILIO ARCÁNGELI : *La Estructura en la Arquitectura Moderna* - Ed. EUDEBA, Buenos Aires, 1975.
- MARIO SALVADORI Y ROBERT HELLER : *Estructuras para Arquitectos* - Ed. CP67, Buenos Aires, 1987.
- G. MARTIN : *Mecánica - Sonido - Calor* - Ed. El Ateneo . Buenos aires, 1939
- MARIO CHANDÍAS : *Introducción a la Construcción de Edificios*
- JUAN PRIMIANO : *Curso Práctico de Edificación*
- HONORIO AÑON SUAREZ : *Tecnología de los Materiales I* - Ed. CEAU FAU UNLP, La Plata, 1964.
- HONORIO AÑON SUAREZ : *Tecnología de los Materiales II y III* - Ed. CEAU RAU UNLP, La Plata, 1969.
- CECIL HANDISYDE : *Detalles Cotidianos* - Ed. BLUME, Madrid, 1978.
- A. ARRESE, J. PUEYO, C. HUNTER, J. STRAVALACHI, A. VAZQUEZ NÍSTICO, A. ANTÍCOLI, de la Cát. Diseño II del Arq. J. SOLSONA : *Los Arquitectos y el Ladrillo* - Ed. FADU UBA, Buenos Aires, 1984.
- BERNARDO VILLASUSO : *La Madera en la Arquitectura* - Ed. EL ATENEO, Buenos Aires, 1997.
- LUCIA R. DE MASCARÓ : *Luz, Clima y Arquitectura* - Ed. FAU UNLP, La Plata, 1983.
- SUMMARIOS 93 Y 94 : *Dios está en los Detalles I y II* - Ed. SUMMA, Buenos Aires, 1985.
- SIGFRIED GIEDION : *Espacio, Tiempo y Arquitectura* - Ed. DOSSAT S.A., Madrid, 1980.
- REYNER BANHAM : *Teoría y Diseño Arquitectónico en la Era de la Máquina* - Ed. NUEVA VISION, Buenos Aires, 1965.
- FRANCIS D.K.CHING : *Arquitectura, Forma, Espacio y Orden* - Ed. G.GILI, México, 1998.
- BERNARD RUDOFKY : *Arquitectura sin Arquitectos* - Ed. EUDEBA, Buenos Aires, 1973
- D. LEWIS : *El Crecimiento de las Ciudades* - Ed/ GILI, Barcelona, 1971.
- CHRISTIAN NORBERG SCHULZ : *El Significado de la Arquitectura Occidental, Vol. 1* - Ed. SUMMA, 1979.
- HECTOR TOMAS : *El Lenguaje de la Arquitectura Moderna* - Ed. FAU UNLP, La Plata, 1998.
- EDUARDO SACRISTE : *Charlas a Principiantes* - Ed. EUDEBA, Buenos Aires, 1986.
- W. BOESIGER : *Le Corbusier : Obras Completas Vol. 1; 3 ; 4 ; 5; 7* - Ed. VERLAG FUR ARCHITEKTUR (ARTEMIS), Zurich, 1953.
- PETER CARTER : *Mies van der Rohe at work* - Ed. PHAIDON PRESS, London, 1974
- JEAN PROUVÉ : *Prefabrication, Structures and Elements* - PALL MALL PRESS, London, 1971.
- R. GIURGIOLA Y J. METHA : *Louis Kahn* - Ed. G.GILI, Barcelona, 1976.
- REVISTA EL CROQUIS : *Rafael Moneo 1995-2000: La Estructura de las Intenciones* - Ed. EL CROQUIS, Madrid, 2000.

CONSTRUIR COMO PROYECTO

Una Introducción
a la Materialidad Arquitectónica

¿Cómo aprender a “construir ideas arquitectónicas”?; ¿cómo elegir coherentemente materiales y técnicas apropiadas?; ¿cómo ajustar idea y materialización lo más estrechamente posible?; ¿Cómo, finalmente, generar intenciones genuinas salvaguardando la unidad de los problemas?

A estas preguntas intenta responder la consigna “CONSTRUIR COMO PROYECTO”: por un lado, como la firme voluntad de llegar a construir lo pensado; por el otro, como la aspiración de fusionar lo construido y lo pensado en un mismo modo de obrar.

Sabemos que el compromiso del alumno con su proyecto es la vía más segura para acceder al genuino conocimiento constructivo, aquel que queda indeleblemente grabado en su formación. Sabemos también que no podemos enseñar creatividad, pero estamos convencidos de que podemos facilitarla, haciendo accesibles algunas claves constructivas que subyacen en la forma.

Este texto no es, por ello, un manual donde encontrará fórmulas constructivas consagradas sino más bien criterios constructivos conceptuales, hilvanados en el complejo camino de la concepción arquitectónica. Se convocan para tal fin conocimientos de distintos ámbitos y se invita a relacionarlos: de lo histórico-social y cultural, de lo geográfico y lo climático, de la tradición constructiva y de la ciencia, y fundamentalmente de la práctica arquitectónica acumulada, instándolo a que ejerza su autonomía: él debe ser quien fije las metas a las que lo constructivo debe aspirar.

Jorge Raúl García

