

**UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - AZCAPOTZALCO**

**MAESTRIA EN CONSERVACION DE INMUEBLES DE VALOR  
PATRIMONIAL**

**ARQ. SEGISMUNDO ENGELKING  
TITULAR**

**ARQ. GABRIEL JIMENEZ GONZALEZ  
1996.**

**GENERALIDADES SOBRE EL CONCRETO EN  
LA CONSTRUCCION.**

## I. CEMENTOS

- A). Cemento Portland.
  - 1. Composición química aproximada.
- B). Requisitos generales de cualquier cemento
  - 1. Finura.
  - 2. Sanidad.
  - 3. Tiempo de fraguado.
  - 4. Esfuerzo a compresión.
  - 5. Esfuerzo a tensión.
  - 6. Influencia de los compuestos secundarios.
- C). Tipos de cemento.
  - 1. Tipo I
  - 2. Tipo II
  - 3. Tipo III
  - 4. Tipo IV
  - 5. Tipo V

## II. AGREGADOS

- A). Agregado grueso
- B). Agregado fino.
- C). Generalidades sobre los agregados
  - 1. Limpieza.
  - 2. Elementos orgánicos.
  - 3. Resistencia.
  - 4. Sanidad.
- D). Agua

## III. CONCRETOS

- A). Generalidades
- B). Proporcionamientos
  - 1. Relación agua-cemento
  - 2. Peso específico.
  - 3. Módulo de finura.
  - 4. Peso compactado seco
  - 5. Ejemplo.

- a). Peso específico.
- b). Módulo de finura.
- c). Peso compactado seco.
- d). Relación agua-cemento
- e). Revenimientos.
- f). Proporcionamiento.
- g). Recomendaciones.

C). Revenimiento

D). Cilindros de prueba.

E). Aditivos

1. Acelerantes.
2. Retardantes.
3. Plastificantes.
4. Durabilidad.
5. Impermeabilizantes.
6. Varios.

F). Medición de materiales

1. Cemento.
2. Agua.
3. Agregados.
4. Mezclado de concreto.

G). Transportación

1. Camiones revolvedores.
2. Camiones normales.
3. Canales.
4. Torres.
5. Bombas.
6. A mano

H). Vaciado.

I). Vibrado.

J). Curado.

K). Descimbrado.

L). Acabado.

M). Armado.

## I. CEMENTOS

### A). Cemento Portland en general.

Los cementos Portland son cementos hidráulicos, elaborados de materiales calcáreos, como caliza o marga, y materiales arcillosos o barrosos como esquistos o arcilla. La materia prima se tritura, pulveriza y mezcla, para la composición química correcta y se vierten en hornos rotatorios donde se calcinan a temperaturas de 1,482°C, formándose el compuesto llamado clinker. El clinker se pulveriza agregando una pequeña cantidad de yeso para regular el tiempo de fraguado.

El producto pulverizado es el cemento Portland, el cual se muele tan finamente que el 90% de él debe pasar un tamiz de 40,000 agujeros por pulgada cuadrada con espacios de 74 micras entre los 2 hilos consecutivos.

#### 1. Composición química aproximada del cemento Portland.

Cal 60 al 64%  
Sílice 19 al 25%  
Aluminio 5 al 7%  
Magnesio 5% máximo  
Anhídrido sulfúrico 2% máximo  
Oxido de hierro 4% máximo

Estos compuestos forman a su vez otros que dan propiedades específicas a los diferentes tipos de cementos Portland, tales como silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferro aluminato tetracálcico.

### B). Requisitos generales de cualquier cemento.

#### 1. Finura

Se determina por el aparat foto-eléctrico llamado "turbidímetro de Wagner" y se da en cm<sup>2</sup> de superficie por gramo de cemento o también como el porcentaje de cemento que queda en la malla antes descrita.

#### 2. Sanidad

Este requisito exige que la expansión en el autoclave, de las probetas fabricadas según especificaciones, no sea mayor de 5%.

#### 3. Tiempo de fraguado

Las especificaciones para los tiempos de fraguado inicial y final son para la aguja de Vicat: el inicial no menor de 45 min. y el final no mayor de 10 hrs; y para las agujas de Gillmore: el inicial no menor de 60 min. y el final no mayor de 10 hrs.

#### 4. Esfuerzo a compresión

Este se determina en cubros de 5x5x5 cm. y con edades de 1, 3, 7 y 28 días habiendo permanecido el primer día en la cámara húmeda y los demás en agua

(sumergidos).

#### 5. Esfuerzo a tensión

Se determina rompiendo "briquetas" fabricadas según especificaciones a la misma edad que para la prueba de compresión.

#### 6. Influencia de los compuestos secundarios

Silicato tricálcico, a mayor porcentaje de este compuesto, mayor velocidad en adquisición de resistencia.

Silicato dicálcico, este compuesto genera más calor y es el que origina grietas mayores por cambios de volumen.

### C). Tipos de cemento.

#### 1. Cemento tipo I

Este cemento se usa generalmente cuando se necesita un concreto no expuesto a la acción de los sulfatos y cuyo valor generado en la hidratación no sea de importancia a la estructura, es conveniente usarlo en climas fríos.

#### 2. Cemento tipo II

Este cemento se usa en estructuras en las cuales se requiere un menor calor de hidratación y es el conveniente a usar en clima cálido; este cemento tiene propiedades contra el ataque de los sulfatos, por lo cual es comúnmente usado en estructuras de drenaje.

#### 3. Cemento tipo III

Este cemento se emplea cuando se requieren altas resistencias en cortos períodos de tiempo durante el invierno o en clima frío para reducir el período de protección contra bajas temperaturas.

#### 4. Cemento tipo IV

Este cemento es el que genera menor calor a la hidratación y es perfecto para usarse en grandes masas de concreto (presas) y en climas cálidos.

#### 5. Cemento tipo V

Este cemento es especial para usarse en estructuras expuestas a la rigurosa acción de los sulfatos o con alto contenido de álcalis teniendo como precaución el considerar un fraguado más lento que el cemento tipo I.

Existen otros tipos de cemento como el Portland blanco, el Portland impermeable y el Portland para pozos de petróleo, siendo el impermeable elaborado con materiales repelentes al agua, molidos con el clinker; el cemento para pozos de petróleo tiene como propiedad, fraguar no obstante las altas temperaturas reinantes en pozos de petróleo muy profundos.

En la ciudad de México, y en general la República Mexicana, sólo se fabrican los cementos de tipo I y III, se pueden lograr las otras variedades -- con aditivos, los cuales se detallan más adelante en el capítulo de aditivos.

## II. A G R E G A D O S

### A). Agregado grueso.

Probablemente el agregado grueso es el ingrediente más importante del concreto; si se sabe de antemano que el agregado grueso es pobre de calidad, habrá que recurrir a medidas especiales, como aumentar excesivamente la -- cantidad de arena en la mezcla, para poder obtener la resistencia requerida en las especificaciones.

Cuando se tiene un agregado grueso de buena calidad, lo mejor es utilizar el agregado de mayor tamaño posible, limitado por el hecho de que las piedras mayores no deberán pasar de un quinto de las dimensiones mínimas de la sección, ni de 3/4 del espacio libre mínimo entre refuerzos o entre encofrados y refuerzos.

### B). Agregado fino.

La arena es el 2o. material de importancia de la producción de un concreto de buena calidad. Como regla empírica y genérica, para conocer las propiedades de una arena, basta tomar un puñado de la pila de almacenaje y apretarla con la mano; si hinca en la piel es prueba de que tiene propiedades adherentes, tírela y frótese la mano, si queda relativamente limpia, la arena no tiene exceso de cieno ni finos perjudiciales.

Esta prueba, por supuesto, no sustituye a los ensayos hechos en el laboratorio, pero sí se asegura, si n pasa las pruebas anteriores, tampoco pasará las del laboratorio. La última parte importante del agregado fino es su buena granulometría, concepto que explicaremos en el capítulo de proporcionamientos.

### C). Generalidades de los agregados.

En general, los agregados, tanto gruesos como finos, deben reunir las siguientes condiciones:

#### 1. Limpieza

Deben ser limpios con el objeto de que exista mayor adherencia (como ejemplo, barro la limitaría), si los agregados no son limpios habrá que lavarlos.

#### 2. Elementos orgánicos

Deben de estar libres de estos elementos, pues su presencia alteraría las reacciones químicas del cemento y afectaría su resistencia.

### 3. Resistencia

La fatiga a compresión de la roca de la cual provienen, debe ser mayor o igual que la fatiga del concreto proyectado y poco porosas para que absorban menos agua.

### 4. Sanidad

Los agregados deben ser sanos para que al sufrir cambios de temperatura su volumen no aumente excesivamente.

#### D). Agua

El motivo principal de adicionar agua al cemento, es causar su hidratación el aumento de la cantidad de agua va en detrimento de la calidad del concreto. Dicha agua debe estar libre de ácidos, álcalis y grasas desecharse definitivamente el agua que contenga cuerpos orgánicos pútridos porque pueden interferir en el fraguado del cemento.

El agua de mar se puede utilizar en la composición de concretos tomando en cuenta que el usarla representa una disminución en la resistencia de concreto de un 20% aproximadamente, por lo cual deberá corregirse la proporción, aumentando cemento y disminuyendo agua, es decir, se puede utilizar para un concreto de 140 kg/cm<sup>2</sup> una proporción de agua-cemento igual a la utilizada para concreto de 175 kg. sobre cm<sup>2</sup> aproximadamente.

## III. CONCRETOS

#### A). Generalidades

El requisito esencial y por lo tanto característico del concreto, es su larga vida su mantenimiento reducido, a más de que, es el único material artificial que aumenta su resistencia con el tiempo, siempre y cuando durante el proceso de fraguado y curado no se produzca el secado total del cemento, ya que, al originarse este secado, cesan las reacciones químicas en su interior, que son la causa del aumento de resistencia; sin embargo, si se renueva el curado por humedad, aun después de un prolongado período de secado, la resistencia volverá a aumentar aunque no en la misma proporción que si no se hubiese permitido que el concreto llegara a secarse completamente.

Un hormigón colado a un grado centígrado, sólo tiene el 75% de la resistencia de un hormigón exactamente igual al primero, pero colado a una temperatura de 22°C. En temperaturas por debajo del punto de congelación (menor 4°C), no existe prácticamente aumento alguno de la resistencia, es decir, el concreto no llega a fraguar.

#### PARA COLAR EN CLIMA FRIO

Como recomendaciones generales para colado en clima frío, es preferible -- efectuarlo por la tarde, cuando los agregados tienen su mayor temperatura,



así como calentar el agua de hidratación y efectuar el curado con membrana plástica en vez de agua.

En la República Mexicana, sólo en los estados del Norte se presentan temperaturas que hacen necesarias estas precauciones.

### PARA COLAR EN CLIMA CALIDO

1. Las altas temperaturas aumentan el ritmo de endurecimiento del hormigón por consecuencias, el lapso de tiempo para su manipulación es más crítico, además de que, por estas causas, se ocasionan juntas debidas a la falta de continuidad de colado.
2. Las altas temperaturas del concreto provocan la formación de un material gelatinoso durante el proceso de hidratación, dando lugar a resistencias menores, a más de que, la evaporación hace creer que el concreto necesita más agua.
3. Se pueden formar grietas plásticas debidas a contracción del concreto en estado plástico por la rápida evaporación superficial del agua.
4. Se recomienda una mayor atención y cuidado en el curado, ya que en estos climas es más difícil retener la humedad.
5. El concreto caliente arrastra menos aire incluido que el concreto frío.
6. Se recomienda colar en las primeras horas de la mañana, cuando los agregados están relativamente fríos y adicionar hielo al agua de mezclado. La primera formación de grietas por contracción plástica es posible corregirla durante la operación de acabado; aunque si solamente se consolida la superficie, el alivio es temporal y las grietas volverán a surgir más tarde. El revibrado apropiado, aplicado tan tarde como lo permita el hormigón, -- contribuirá a evitar dichas grietas o a eliminar las ya formadas.

En superficies expuestas se tendrá en cuenta que una brisa de 15 km. por hora ocasionará 4 o más veces evaporación que una superficie con aire tranquilo.

#### A). Proporcionamientos

Este es el capítulo más importante del concreto y es la causa del fracaso parcial o total de la estructura; si se adiciona mucho cemento la obra es antieconómica, si se disminuye en cantidad considerable, la obra puede causar no sólo pérdidas materiales sino de vidas humanas.

##### 1. Relación agua-cemento

La resistencia de un concreto está en relación inversa con la proporción -- agua-cemento empleada.

AVIA  
ARCAPOYERAIOS  
CON. DEPARTAMENTO

**LEY DE ABRAHMS**

$f'c$  = fatiga concreto a los 28 días

$$f'c = \frac{A}{B X}$$

Donde

A = 14'000 lbs./plg.<sup>2</sup> = cte.

B = Cte. de laboratorio = 7,

B = Cte. de campo = 9.

Por consiguiente:

$$f'c = \frac{14'000.00 \text{ lbs./plg.}^2}{9 X}$$

Siendo X =  $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$  en volumen

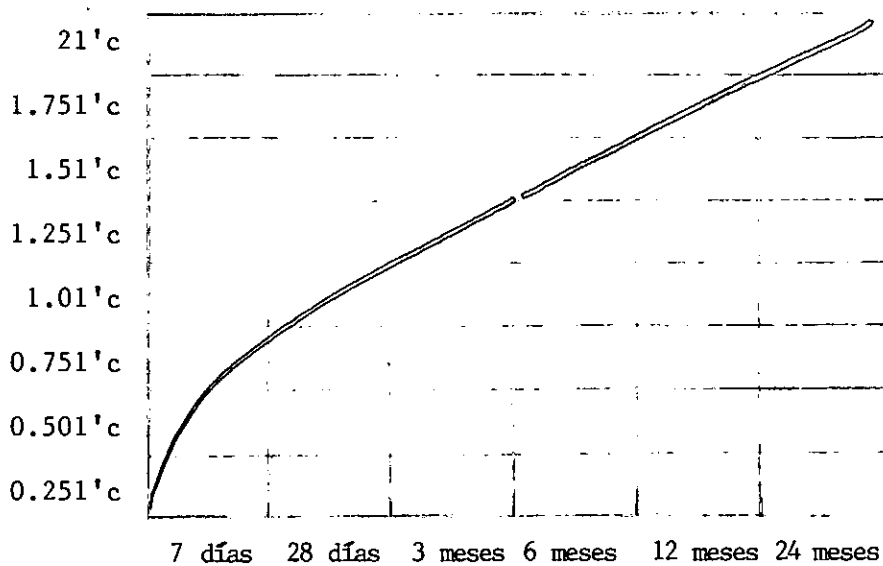
Y por peso,  $f'c = \frac{984}{27 X}$

Siendo X =  $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$  en peso

**FORMULA DE LYSE**

$$f'c = \frac{174.3}{X} - 121.6$$

**INCREMENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON LA EDAD**



Si integramos en un cuadro los resultados de la aplicación de la Ley de Abrahms, fórmula de Lyse y recomendaciones de A.C.I. obtendremos la tabla comparativa siguiente:

**TABLA COMPARATIVA**

X	Ley de Abrahms	Fórmula de Lyse	Recomendación A.C.I.	Unidad	Observaciones
0.80					
0.75	110	110		Kg./cm <sup>2</sup>	Para las cantidades X anotadas es válida la interpretación lineal.
0.70	128	127	138	"	
0.65	147	146		"	
0.60	171	168	175	"	
0.55	198	195	230	"	
0.50	229	227		"	
0.45	265	265	281.20	"	
0.40	305	313		"	
0.35			337.44	"	

Por consiguiente, y tomando las cantidades que ofrecen mayor coeficiente de seguridad, usaremos para nuestro diseño la ley de Abrahms.

## 2. Peso específico

Se recomienda para obtener este peso, ensayar materiales en su condición saturada, pero con sequedad superficial ya que el agua contenida en los agregados tiene muy poco efecto en la resistencia del concreto, en cambio el agua superficial afecta la laborabilidad de la mezcla y su resistencia.

La determinación más sencilla del peso específico se lleva a cabo por medio de un recipiente con sifón, en el cual se colocan 1,000 gramos de agregado y se pesa el agua desplazada, por ellos, en consecuencia el peso del agregado, dividido entre el peso del agua desplazada es el peso específico del material.

## 3. Módulo de finura

El módulo de finura, es un índice del valor lubricante de la arena, mientras menor sea el módulo de finura mayor será el valor lubricante; pudiéndose adicionar en ese caso más grava sin que la mezcla deje de ser trabajable. La gran desventaja de un módulo de finura bajo (arena de mar) es que dichas arenas indican una preponderancia de finos con áreas superficiales extremadamente grandes que habrá que cubrir con lechada de cemento si se desea un concreto de buena calidad y resistencia.

Como datos significativos, podemos anotar que para la arena de Tecamachalco la grava del mismo lugar, un m<sup>3</sup> de arena tiene 7,000 m<sup>2</sup> de superficie y un m<sup>3</sup> de grava con agregado máximo de 1 1/2" tiene 250 m<sup>2</sup> de superficie.

Por consiguiente, para una arena de río de casi 8,500 m<sup>2</sup> de superficie, se

r  necesario aumentar la lechada agua-cemento aproximadamente en un 20% para conseguir que todos los agregados queden cubiertos con una película de agua-cemento.

El módulo de finura se define como el porcentaje retenido acumulado de una arena hecha pasar tamices de 3/8, números 8, 16, 30, 50 y 100 y gamella; - porcentaje acumulado que se suma entre sí y se divide entre 100.

#### 4. Peso compactado seco

Para determinar dicho peso se usa un recipiente de 10 litros llenándose en 3 camadas y compactándose cada una de ellas con 30 golpes de la barra estándar punta de bala como la usada, para la hechura de los cilindros de concreto.

Después de enrasar el recipiente a nivel, se pesa, y se calcula el peso volumétrico compactado seco.

#### 5. Ejemplo

Tenemos que proporcionar un concreto para un f'c de 171 kg. por cm<sup>2</sup> con agregado máximo de 3/4, con un módulo de finura de la arena de 280 y necesitamos un revenimiento de 3" a 4" sabiendo que el peso específico del cemento es de 3.15.

A). 1,000 grms. de grava desplazaron 357 grms. de agua, por consiguiente su peso específico es de 2.80.

1,000 grms. de arena desplazaron 377 grms. de agua, por consiguiente su peso específico es de 2.65.

B). El laboratorio reporta un módulo de finura de 2.80 (módulo que con algo de práctica se puede suponer un valor muy cercano a la verdad).

C). 1,000 litros de grava compactada seca pesaron 1,681.81 kgs. por consiguiente, si sabemos que 1,000 litros absolutos de grava pesan 2,800 kgs. existirá un 39.58% de vacíos.

D). De la tabla de Abrahms obtenemos que para una resistencia a los 28 días de 171 kgs. sobre cm<sup>2</sup>, es necesaria una relación en peso agua-cemento de 0.60.

#### E). Tabla de revenimiento

Rev. en pulgadas	1/2"	3/4"	1 1/2"	Unidad
1 a 2	183	163	144	Lts./M <sup>3</sup>
3 a 4	203	178	158	"
6 a 7	213	188	168	"

F). Conociendo que para un revenimiento de 3" a 4" y para un agregado máximo de 3/4" son necesarios 178 lts./M<sup>3</sup> de agua, la cantidad de cemento - requerida para dicha mezcla será de 178 entre 0.60, igual a 296 kgs. de cemento y suponiendo que el cemento tiene un peso específico de 3.15, 296 kgs de él corresponderán a 93.2 lts. absolutos.

Por consiguiente, tendremos:

Agua .....	178	litros
Cemento .....	93.2	"
Aire (1%) .....	<u>9.32</u>	"
	280.52	litros de lechada absoluta

Los 719.48 litros restantes para el m<sup>3</sup> serán de agregados y la tabla anexa nos dice que una arena con un módulo de finura de 2.80 y para un agregado máximo de 3/4 la relación grava-arena de 61% de aquélla y 39% de ésta, quedando por consiguiente:

Grava 719.48 litros por 0.61 = 439 lts. absolutos.  
 Arena 719.48 litros por 0.39 = 280 lts. absolutos.

Por lo tanto y conociendo los pesos específicos de la grava y de la arena, tendremos una proporción final de:

Agua .....	178	litros
Cemento .....	296	kgs.
Grava .....	1,230	"
Arena .....	741	"

**VOLUMENES ABSOLUTOS DE GRAVA Y ARENA PARA UN VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO**

Ø Máx	2.40		2.60		2.80		3.00	
	Grava	Arena	Grava	Arena	Grava	Arena	Grava	Arena
3/8	0.46	0.54	0.44	0.56	0.42	0.58	0.40	0.60
3/4	0.65	0.35	0.63	0.37	0.61	0.39	0.59	0.41
1 1/2	0.76	0.24	0.74	0.26	0.72	0.28	0.70	0.30

Para cambiar la anterior proporción a volúmenes aparentes, se procederá a tomar de la pila de agregados y en las mismas condiciones en las cuales se tomará permanentemente, 10 lts. de grava y 10 lts. de arena, los cuales se pesarán separadamente y se hará la proporción correspondiente, planteándose la ecuación en esta forma:

Si 10 lts. aparentes de grava pesan X kgs.  
 1,230 kgs. tendrán un volumen de Y lts.

6. Cuando no se disponga de laboratorio para conocer el módulo de finura de la arena se podrá averiguar la proporción correcta grava-arena - (siempre y cuando sus pesos específicos sean semejantes) de la siguiente forma:

1. A volumen conocido, se procederá a compactar una mezcla de 50% de arena y 50% de grava; procediéndose a pesar.

2. Al mismo volumen conocido se compactará otra mezcla de 40% de arena y 60% de grava; procediéndose a pesar.

3. El mismo volumen conocido se compactará a otra mezcla de 30% de arena y 70% de grava; procediéndose a pesar.

4. El peso máximo obtenido nos dará la proporción correcta, procediéndose por tanteos a buscar la más precisa.

Se vuelve a insistir que este procedimiento sólo es válido para pesos específicos muy semejantes.

#### C). Revenimientos

Esta es la medida convencional de trabajabilidad del concreto, llevándose a cabo de la forma siguiente:

1. El cono de revenimiento se llena en 3 camadas apisonadas 25 veces con la varilla estándar punta de bala.

2. Se procede a retirar el molde dejando asentarse el hormigón, tanto como su consistencia lo permita.

3. Se mide la distancia de la condición original del concreto a la -- condición revenida en su parte superior y ése será el revenimiento.

#### D). Cilindros de prueba

La resistencia del hormigón se mide como la resistencia compresiva a los 28 días, de cilindros de generatriz vertical de doble altura, que han sido mantenidos húmedos por inmersión o en arena húmeda a 21.1°C, desde su vaciado.

Si el cilindro se relaciona con el trabajo de obra, como es el caso que nos ocupa, los cilindros de concreto se dividen en de "calidad" y de "obra" el primero se sujetará a las condiciones antes expuestas y el segundo se le someterá en todo lo posible al mismo tratamiento que el concreto de la estructura, es decir, a exposición, temperatura y similares condiciones de cuidado.

Los cilindros de prueba para los tamaños de agregados usuales del concreto se llevan a cabo en moldes metálicos de 6" de diámetro y 12" de altura compactando 3 camadas de concreto con 25 golpes de la varilla estándar 5/8 punta de bala por camada y enrasado a nivel.

## E). Aditivos

Se usan para proporcionar al concreto propiedades específicas y en general para acrecentar las propiedades naturales del cemento.

### A C E L E R A N T E S

El acelerante más conocido es el cloruro cálcico y se emplea en el cemento tipo I para lograr un cemento tipo III.

Es conveniente usarlo en climas fríos para lograr que la protección del concreto tenga un menor costo al necesitarse menos tiempo de protección.

Existen distintas marcas de aceleradores de fraguado, las cuales indican -- claramente su forma de aplicación.

#### 2. Retardantes

Sirven para este efecto, los azúcares, los almidones, el yeso y algunos ácidos orgánicos así como las sales bases de los mismos.

El azúcar y el yeso tienen la desventaja que la mezcla se llega a expandir excesivamente.

Se están empleando actualmente carbohidratos como retardadores, pero presentan el problema de aumentar el afloramiento normal del concreto.

Las sales de lignina son las que han dado mejor resultado actualmente, presentan la ventaja o desventaja, según el caso, de arrastrar aire, pero en cambio permite reducir el contenido de agua y por consiguiente aumentar su resistencia. Los retardadores se deben usar sólo en casos especiales.

#### 3. Plastificantes

En general, permiten reducir el contenido del agua de la mezcla sin alterar el revenimiento.

Los plastificantes se pueden usar cuando se tenga una mala granulometría, - pues si se tiene una granulometría adecuada, su efecto es inverso; es decir, hace necesario un aumento en el contenido de cemento.

Es recomendable usar los plastificantes cuando se necesiten revenimientos - muy altos, como para muros muy delgados y refuerzos excesivamente juntos, y para el caso de falta de vibradores.

El plastificante es un material de consistencia fina que puede ser producto cementicio o producto puzolánico como la cal hidráulica, la ceniza volvánica, la tierra diatómica, etc.

#### 4. Durabilidad

La durabilidad del concreto se consigue con un arrastre de aire en cantidades específicas, siempre y cuando este porcentaje de aire no sea excesivo, ya que al serlo produce cualidades invertidas. El arrastre de aire se consigue con aditivos espumantes como jabones o detergentes, pero se tendrá --

cuidado al usarlos, ya que disminuyen la resistencia del concreto principalmente en mezclas ricas.

En mezclas pobres la reducción de la resistencia es contrarrestada, porque el adicionar dichos jabones permite reducir la cantidad de agua sin reducir el revenimiento, es decir, actúa también como plastificante.

El arrastre de aire conveniente para un concreto es del 3 al 8%. La sal cálcica de lignina sulfonada es además de retardador un agente que aumenta la durabilidad del concreto y se recomienda porque produce hormigón más resistente, más durable y permite una mayor reducción en el agua de mezclado.

#### 5. Impermeabilizantes

En primer lugar debemos hacer notar que no existe el concreto impermeable; los aditivos para este efecto sólo rebajan la permeabilidad y reducen la absorción. Esta propiedad está directamente relacionada con el hecho de reducir el contenido de agua y reducir el afloramiento, por consiguiente; los aditivos que permiten mayor reducción de agua y menor afloramiento, serán los que produzcan el hormigón menos permeable.

Para lograr aditivos impermeabilizantes se utilizan ácidos grasos que repelen el agua, pero su eficacia es dudosa cuando se someten en fuertes presiones como en caso de subpresiones en cimentaciones y obras abajo del nivel freático o con una carga hidráulica considerable.

Se recomienda usar aditivos impermeabilizantes para concretos expuestos como losas, muros, etc., y para concreto en contacto con el terreno, se recomienda usar aditivos para arrastre de aire combinados con aditivos impermeabilizantes.

#### 6. Varios

Podemos considerar entre éstos el aditivo que da tenacidad, es decir, resistencia al desgaste intenso como el hierro en partículas bien graduadas; debe tenerse cuidado que las partículas estén libres de grasa y que no contengan metales como aluminio o cinc cuya presencia sería perjudicial.

Se deberá tener cuidado en considerar que los agregados para arrastre de aire que contiene jabón o detergente no se deban de usar cuando se requiere la propiedad de tenacidad.

Otro aditivo muy usado actualmente es el que proporciona un cemento expansivo o un agregado que contrarreste el encogimiento del mortero. Los aditivos más comunes para este caso contienen aluminio en polvo o hierro combinado con un agente oxidante, los cuales trabajan produciendo gas que se expande, lo que contrarresta el asentamiento normal del mortero.

Como conclusiones de este capítulo debemos tener las siguientes precauciones:

- a) Escoger debidamente el aditivo recomendado.
- b) Cerciorarse que sus propiedades secundarias no se contrarresten.
- c) Pensar muy detenidamente antes de indicar su uso y en general se -



recomienda efectuar pruebas antes y después de usarlos.

#### F). Medición de materiales

Es deseable hacer siempre la medición por peso ya que hacerlo por volumen aparente es bastante inexacto, cuando se haga en esta forma será necesario checar periódicamente la proporción de peso a volumen aparente.

##### 1. Cemento

Ante todo, deberá obtenerse el peso real de los sacos, ya que en México -- existen errores en peso del orden de 1 a 6 kgs. por saco.

Se recomienda además no hacer medidas de medio saco por volúmenes aparentes, ya que esto aumentaría las posibilidades de error. El cemento no debe tener desperdicio, ya que esto afecta directamente la resistencia del concreto.

##### 2. Agua

Los medios seguros y exactos para la medición del agua son indispensables -- para un buen concreto. De preferencia deberán usarse recipientes no deformados y de capacidad conocida y periódicamente probada.

##### 3. Agregados

La medición por volumen aparente, como hemos dicho anteriormente, no es aconsejable excepto con un control riguroso cada día de colado, ya que una pequeña cantidad de humedad en los agregados y principalmente en la arena, provoca aumentos de volumen aparentes que pueden llegar a ser de 15%.

La arena moderadamente húmeda contiene alrededor de 6 litros de agua por cada 100 kgs.

La grava moderadamente húmeda contiene alrededor de 3 litros de agua por cada 100 kgs.

Por consiguiente, deberá corregirse la proporción agua-cemento descontando dicha humedad del agua total de la mezcla.

En obra no existen los agregados 100% secos, ya que en la condición más favorable el agregado tiene un 1% de agua por humedad de los agregados.

Los agregados porosos y muy livianos tiene mayor capacidad de absorción la cual deberá determinarse en cada caso.

##### 4. Mezclado

Todo concreto deberá ser mezclado completamente hasta lograr una misma apariencia con todos los ingredientes bien distribuidos y sin segregación.

Se recomienda para mezclado hasta de  $3/4$  de  $M^3$  de capacidad, un minuto de mezclado y un aumento de 15 segundos por cada tercio de  $m^3$  de capacidad adicional.

El período de mezclado se cuenta desde el momento en que todos los materiales sólidos se encuentran dentro de la mezcladora. El agua de mezclado se deberá agregar a la cuarta parte del tiempo de mezclado.

Si las paletas se desgastan o se impregnan de concretos es imperativo reemplazarlas así como quitar el concreto acumulado antes y después de cada colado.

Para colado en clima frío y cuando se emplea agua caliente, se mezclarán primero los agregados con el agua y después se adicionará el cemento a la cuarta parte del tiempo de mezclado. Para colado en clima cálido con agua helada; se procederá normalmente.

### G). Transportación

Este capítulo tiene como fin proporcionar soluciones para impedir la segregación del concreto.

1. Camiones revolvedores: Este método impide la segregación, pero si su transporte es prolongado, puede ocasionar el fraguado del concreto. Por regla general del transporte no debe exceder de una hora y media para cemento normal y de una hora para cemento resistencia rápida.

2. Camiones normales: Este transporte sólo se recomienda para distancias muy reducidas y para caminos y pistas uniformes con traslado de materiales de poco revenimiento.

3. Canales: Deberán ser de metal o revestidos de metal con fondos redondeados y de tamaños adecuados para impedir el derrame, el concreto deberá deslizarse rápidamente manteniendo limpio el canal pero no tan rápido como para ocasionar segregación.

Se recomienda una pendiente de 33 al 50% dependiendo del alto obajo revenimiento.

4. Torres elevadoras: Se evitará en todo lo posible inercias, vibraciones y golpes que provoquen segregaciones.

5. Bombas: El bombeo de hormigón puede hacerse hasta 300 mts. de distancia en tuberías de 15 a 20 cm. de diámetro teniendo en cuenta que:

Codo de 90° equivale a 12 m. tubería horizontal.


Codo de 45° equivale a 6 m. tubería horizontal.

Desnivel de 30 cms. = a 2.5 m. tubería horizontal.

Se recomienda bombear concreto con revenimiento del orden 3" a 4".

6. A mano: La transportación del concreto a botes, deberá hacerse en botes limpios, evitando vibraciones y golpes así como teniendo cuidado de que éstos no se enjuaguen y cuando esto fuera necesario, el ingeniero residente deberá cerciorarse que no queden en el bote residuos de agua que afecten la resistencia del concreto.

Por ningún motivo se deberá adicionar agua al concreto después de mezclado

 CONVENIO  
CONVENIO

y en el caso de que esto sea indispensable, se añadirá lechada de cemento de igual proporción que la usada para la mezcla.

#### H). Vaciado

Antes de colocar el hormigón deberá prepararse adecuadamente la subrasante e instalarse los encofrados y refuerzos. Las subrasantes han de ajustarse a la elevación especificada y estarán húmedas al vaciar el hormigón. Que una subrasante esté húmeda es especialmente importante para evitar la rápida extracción del agua del hormigón cuando se coloca concreto para pavimentos, pisos y trabajos similares en tiempo cálido.

Los cimientos con base de roca se limpiarán de todo material suelto antes de la colocación del hormigón. Cuando sea necesario cortar la roca, se procurará que las superficies sean por lo general verticales y horizontales, no inclinadas.

Los encofrados deberán estar limpios, herméticos, bien arriostrados y contruidos de material que imparta la textura deseable al hormigón terminado. Se procurará que no queden residuos de aserrín, etc. Donde va a vaciarse hormigón, humedezcan o engrásense los encofrados antes del vaciado, para facilidad del descimbrado. Cuando el encofrado ha estado expuesto a la acción del sol durante algún tiempo puede ser necesario saturar la madera enteramente para hacer las juntas herméticas. A las formas de madera en chapada (plywood), o triplay cimbra, se les aplica a veces laca en vez de humedecerla o aceitarla.

El acero de refuerzo ha de estar limpio y libre de óxido (suelto o escamas) al vaciar el hormigón. Quítense al acero de refuerzo todo revestimiento de mortero endurecido.

#### CONCRETO ENDURECIDO

Cuando se vacía concreto fresco sobre concreto endurecido se precisa una adherencia adecuada y una junta hermética. Ciertas precauciones se hacen necesarias para obtener estos resultados. El hormigón endurecido deberá estar a nivel, razonablemente áspero, limpio y húmedo, con algunas de las partículas de los agregados expuestos. Hay que quitar cualquier nata o manto de mortero blando de la superficie del hormigón endurecido. Un espesor apreciable de tal nata implica que ha tenido lugar segregación y aflojamiento. Esto se evita mediante el uso de una mezcla más dura o material más fino, particularmente en la parte superior de la hormigonada.

Hay que humedecer muy bien el concreto endurecido antes de la colocación del concreto fresco. Donde el hormigón se ha secado es necesario saturarlo con agua durante varios días. No deberán quedar lagunas de agua, cuando se coloque el nuevo concreto. Cuando se ha de colocar concreto sobre concreto endurecido o sobre roca, es necesario colocar una capa de mortero sobre la superficie dura para brindar "acolchamiento" sobre el cual colocar el hormigón fresco; esto evita los bolsones de piedra y proporciona una unión hermética. Consistirá en mortero del mismo contenido de agua del hormigón y con asentamiento de alrededor de 6 pulgadas (15.24 cms). Deberá ser de 1/1 a 1 pulgada (1.27 a 2.54 cm) de espesor e impregnarse bien

sobre las irregularidades de la superficie dura. En la construcción de ca ma da s para piso, aplíquese un revestimiento de pasta de cemento y agua con la consistencia de pintura espesa a la superficie, justamente antes de colocar la segunda capa (finos pulidos).

## **VACIADO DE CONCRETO**

El hormigón deberá vaciarse lo más exactamente posible en su posición defi ni ti va. No deberá colocarse en grandes cantidades en determinado lugar y permitir que se corra o se acarree a grandes distancias dentro del enco fr a d o. Esta práctica deviene en segregación, porque el mortero tiende a fluir más allá del material grueso. También origina, planos inclinados entre cap as sucesivas de hormigón. Por lo general, ha de vaciarse en capas hori z o n t a l e s de grueso uniforme, consolidando adecuadamente cada capa antes de colocar la otra.

Las capas deberán ser de 6 a 12 pulgadas (15.24 a 30.48 cm) de espesor, para miembros reforzados y hasta 18 pulgadas (45.72 cm) de espesor para trabajo de masa dependiendo el grosor del ancho entre los encofrados, la can ti d a d e ref uer zo y los requisitos de que cada capa se coloque antes de en du re ce r la anterior.

## **CAIDA DE HORMIGON**

No se permita que el hormigón caiga libremente más de 3 a 4 pies (91 cm. ó 1.22 m).

El hormigón se coloca algunas veces a través de aberturas conocidas co rr i e n t e m e n t e como "ventanas", al costado de encofrados altos y estrechos. Cuando una canal descarga directamente a través de la abertura, existe el peligro de segregación.

Cuando se coloca hormigón en encofrados altos a un ritmo bastante rápido, puede resultar algún afloramiento de agua hacia la superficie superior. Es to se re du ce va ci an d o m ás l e n t a m e n t e emple an d o  hormigón de consistencia m ás past osa con m ás material fino, es decir, con más cemento o más partí cu las fin as en los agregados o ambos. En muros altos se vaciará el hormigón hasta un lugar a un pie (30 cm.), por debajo de la parte superior, per mi ti e n d o  que trans curra una hora o m ás para que tenga lugar el fraguado ini ci al. El vaciado deberá continuar después, antes de que tenga lugar el fraguado final para evitar una junta.

### **I). Vibrado**

El procedimiento para el eficaz vibrado del hormigón varía con el tipo de trabajo, el vibrador empleado y el revenimiento del concreto a emplearse. La mayoría de las reglas para el vaciado a mano han de observarse y además tomarse otras precauciones.

Por lo general, las capas de hormigón pueden ser algo más gruesas que para el vaciado a mano, como en muros y estribos donde las capas pueden ser de alrededor de 45 a 60 cm. de espesor, comparadas con 30 ó 45 cms., generalmente recomendadas para el vaciado a mano. El nivel del hormigón en esqui nas y extremos de miembros ha de dejarse algo alto para evitar la acu m ula ci o n

ción de la lechada en estos lugares.

#### Empleo de vibradores

Se ha observado, en cierto número de obras, que existe una tendencia a continuar el vaciado del hormigón en determinado lugar y emplear vibradores - para empujar la masa de hormigón lateralmente en los encofrados. Este no es el propósito al usar vibradores y se emplea su energía para mover el - hormigón horizontalmente en lugar de consolidarlo verticalmente. Es probable que las segregaciones tengan lugar con esta práctica.

Con las máquinas de eje flexible, el elemento vibrador puede colocarse sobre el hormigón y pronto se sumergirá en la masa. Puede introducirse a -- través del hormigón lentamente y con cortos movimientos laterales y verticales hasta que la capa quede plástica y totalmente compactada.

Generalmente los intervalos entre los puntos de inserción no han de ser mayores de 60 cms. para los vibradores más potentes y, desde luego, a intervalos más próximos para las máquinas menos potentes. Los vibradores han de insertarse y retirarse lentamente y deben operarse continuamente mientras se extraen. Se recomienda 15 a 20 segundos de vibrado en cada capa, hincados a cada 40 cm. de separación.

El hormigón mojado más de la cuenta no ha de vibrarse, porque es posible - que tenga lugar la segregación de los materiales. El asentamiento ha de - reducirse al mínimo posible para atenderse con una cantidad razonable de vibración.

#### J). Curado y Protección

Se ha demostrado que la resistencia e impermeabilidad del hormigón mejoran con el envejecimiento, siempre que las condiciones sean favorables para la hidratación continuada del cemento. Otras cualidades, tales como la resistencia a las heladas y deshielos, se ven similarmente afectadas con un curado deficiente. El hormigón fresco contiene agua suficiente para una hidratación completa del cemento pero mucha se pierde, en la mayoría de los casos, por evaporación, a menos que se tomen ciertas precauciones. Se ha demostrado que la hidratación prosigue a ritmo mucho más lento cuando las temperaturas están por debajo de lo normal y que no existe prácticamente, acción química alguna, cuando la temperatura se acerca a la congelación o está por debajo de ésta. Como se ve, el hormigón deberá protegerse de modo que la humedad no se pierda durante el comienzo del endurecimiento y -- mantenerse a temperatura que coadyuve a la hidratación.

#### La humedad

El hormigón puede mantenerse húmedo mediante ciertos procedimientos, tales como dejar los encofrados en su lugar y rociando agua, por inundación, con cubiertas retenedoras de humedad o por revestimiento sellante líquido que al endurecer, forma una película delgada. Los encofrados son una gran ayuda para retener la humedad. En clima templado y seco los encofrados de madera se secan y han de mantenerse húmedos mediante rociado. En todo caso, las superficies expuestas deben protegerse contra la pérdida de humedad.

Cuando el hormigón se mantiene húmedo mediante rociado procúrese que no se seque la superficie entre las distintas aplicaciones de agua. Los ciclos alternos de humidificación y secados de hormigón fresco originan cuarteaduras y agrietamientos irregulares. Un fino rociado de agua, aplicado continuamente provee un abasto constante de humedad y es mejor que copiosas -- aplicaciones de agua con períodos de secado entre ellas.

En tiempo cálido han de tomarse ciertas precauciones para evitar temperaturas altas en el hormigón fresco y al curado se le presta todavía más atención que en condiciones normales para evitar un secado rápido. Las altas temperaturas en el hormigón fresco ocasionan rigidez rápida. También aumentan el peligro del agrietamiento del hormigón endurecido, por las contracciones térmicas al enfriar. Esto es particularmente cierto en trabajo de masa (represas grandes, estribos de puentes, etc.)

En la construcción durante tiempo frío, es a menudo necesario calentar los materiales y cubrir el hormigón fresco o proveer un recinto cerrado. La hidratación del cemento origina la generación de algún calor, si este calor depende mucho de la forma y tamaño de la estructura. En grandes miembros el calor será retenido más tiempo que en estructuras más pequeñas. Después de colocado el hormigón deberá mantenerse a temperatura favorable lo suficiente, para evitar daños por exposición a la temperatura atmosférica. De ordinario, las especificaciones requieren que el aire ambiente alrededor del hormigón se mantenga a 21°C o más durante los primeros 3 días y por encima de 10°C durante 3 días después, y para el concreto resistencia rápida por encima de 21°C durante 2 días o 10°C durante 3 días después.

La resistencia del hormigón que ha estado sujeto a un simple ciclo de congelación, puede restaurarse a la normal reanudando las condiciones de curado favorables, pero tal hormigón no poseerá la resistencia a la intemperización ni será tan impermeable como el hormigón que no se ha congelado. -- Cuando tienen lugar varios ciclos de congelación y deshielo inicialmente, tanto la resistencia como las otras cualidades quedan permanentemente disminuidas.

Evítese el enfriamiento demasiado rápido del hormigón al finalizar el período de protección. Tal enfriamiento súbito de la superficie mientras el interior está caliente puede causar esfuerzos lo suficientemente fuertes -- como para agrietar el hormigón.

#### K). Descimbrado

La ventaja de dejar los encofrados el mayor tiempo posible para el curado y protección del hormigón se ha discutido previamente. En contraste, es a veces ventajoso quitar los encofrados lo antes posible para que el parcheo y resanado pueda efectuarse de inmediato.

No obstante, de ningún modo han de quitarse los encofrados hasta que el -- hormigón haya logrado suficiente resistencia para brindar estabilidad estructural y para que pueda soportar el peso muerto y cualquier carga de construcción que se le agregue. El hormigón deberá ser lo suficientemente duro para que las superficies no se dañen al desencofrar con cuidado.

La relación envejecimiento-resistencia se determina por ensayos con especí

menes representados del hormigón empleado en la estructura y curado bajo las condiciones imperantes en la obra. Para hormigón hecho con cemento Portland corriente No. 1 con alrededor de 24.5 litros de agua por saco de cemento, el tiempo requerido para lograr las resistencias mostradas ha de ser aproximadamente el siguiente:

Resistencia kg./cm <sup>2</sup>	35.00	52.50	105.00	140.00
Envejecimiento	24 hs.	36 hs.	3 días	4 1/2 días

Debe recordarse, sin embargo, que las resistencias se ven afectadas por los materiales empleados, la temperatura y otras condiciones imperantes en las obras.

No deben emplearse barretas de uña, patas de cabra u otras herramientas de metal contra el hormigón para aflojar los encofrados. Si es necesario deben emplearse pedazos de madera para hacer palanca entre el hormigón y el encofrado. Al quitar encofrados próximos de alguna proyección o saliente, se ha de comenzar a alguna distancia de ésta y luego progresar hacia la proyección o saliente. Esto evita la presión contra los esquineros salientes y reduce los riesgos de romper los bordes. Téngase especial cuidado con los encofrados empotrados. Estos se dejan en su lugar el mayor tiempo posible para que se encojan y despeguen del hormigón. No se tire de los encofrados después de comenzar a acuñar por un extremo, pues esto con toda seguridad romperá los bordes del concreto.

#### L). Acabado

Las molduras y protuberancias se quitan mediante cincel o máquina y luego se pule, esmerila o martelina, para conseguir el acabado indicado.

Los parches poco profundos han de llenarse con mortero similar al empleado en el hormigón. Estos han de colocarse por capas no mayores de 1 1/4 cm. de espesor y cada capa se raya a fin de lograr una adherencia adecuada con las capas subsiguientes. La última capa puede terminarse conforme al hormigón alrededor del parche.

Los parches grandes y profundos pueden llenarse de concreto y mantenerse en su lugar mediante encofrados. Tales parches han de reforzarse y anclarse al hormigón endurecido.

Al cortar el hormigón defectuoso hasta llegar al material sólido es esencial para un trabajo satisfactorio. Si se dejan panales detrás de la capa poco profunda de mortero, la humedad penetrará en los vacíos y con el tiempo la acción climática hará que el mortero se astille.

Los parches, por lo general, lucen más oscuros, que el hormigón circundante, por lo que deberá emplearse algún cemento blanco en el mortero y hormigón empleado para el parche o donde la buena apariencia es deseable. Se han de hacer muestras para determinar la mejor proporción de cemento blanco y gris a emplear.

Antes de colocar el mortero u hormigón en los parches, el hormigón circundante debe humedecerse y mantenerse así durante varias horas. Se aplica una le-

chada de cemento y agua a la superficie donde ha de colocarse el material del parche.

Es preciso curar debidamente el nuevo material; el curado debe comenzar lo antes posible para evitar el secado prematuro. Se puede emplear arpillera o encerados, pero en muchos lugares es difícil mantenerlos en su lugar. En tales casos los compuestos para el curado por membrana son generalmente -- más convenientes.

### **LIMPIADO DE CONCRETO**

El lavado de ácido es a veces empleado para limpieza general. La superficie se humedece totalmente y mientras está todavía húmeda se restrega vigorosamente con una solución del 5 al 10% de ácido muriático y cepillo de cerdas rígidas.

El ácido se quita luego mediante enjuague con agua limpia.

### **PRUEBAS DE RESISTENCIA**

La inventiva y el análisis han dado lugar a varios intentos para desarrollar ensayos sencillos empíricos para determinar el desarrollo de resistencia temprana como criterio para el descimbrado y resistencia final, entre ellas está el ensayo o prueba de dureza por bola, similar al "Brinell" y/o ensayos de dureza por huella "Rockwell" para metales (empleando bolas mayores y técnicas de ensayo diferentes). Un método utilizado por el Negociado de Recuperación de E. U. A. (U. S. Bureau of Reclamation), es la prueba de dureza por huella de impacto, por la cual se deja caer una bola desde una altura prefijada para golpear papel carbón interpuesto entre el hormigón y la bola al caer. Cuanto más pequeño sea el diámetro de la huella circular impresa por el papel carbón, más duro (resistente), es el hormigón. Otro dispositivo es la inclusión parcial antes del vaciado de cortos tramos de barras para comprobar la adherencia en el hormigón, asumiendo que la adherencia desarrollada en determinado período de tiempo es proporcional a la resistencia. El dispositivo más recientemente empleado es el "Martinete - Suizo", disparado contra el hormigón mediante mecanismo accionado por muelles, llevándose nota del rebote en forma similar al ensayo escleroscópico para determinar la dureza de metales. Hasta el presente, tales procedimientos no están suficientemente establecidos para justificar alto grado de confianza derivado de las indicaciones. El martinete suizo o esclerómetro es recomendable para tener idea de uniformidad de concretos.

#### **M). Armado**

Es preciso reforzar el hormigón cuando queda sujeto a esfuerzos de tensión.

El refuerzo sirve también para limitar el tamaño de rajaduras causadas por encogimiento durante el fraguado y originadas también por cambios de longitud debidos a variación de temperaturas.

Los diversos tipos de refuerzo empleados en la construcción de concreto con



sisten principalmente de barras de acero redondas, barras deformadas (varilla corrugada) malla de alambre o metal expansionado.

Las barras lisas y deformadas (varilla corrugada) son de tres grados: grado estructural, grado intermedio y grado duro. El acero del cual proceden estas barras es de tipo "Siemens-Martin" horno eléctrico o "Bessemer-Acido"

El acero de carriles y acero de ejes se emplean también mucho para la producción de barras de refuerzo (espec. A 16 y A-160 de la ASTM). Las barras de acero de carriles para refuerzo de hormigón, laminadas de secciones normales, son lisas y deformadas. Las barras de acero de ejes son lisas y deformadas y de grado estructural intermedio y duro.

El alambre estirado en frío (ASTM A-82), y la malla de alambre soldada (ASTM A-185), se emplean para refuerzo de losas para pisos, particularmente en losas tendidas sobre rellenos y como refuerzo para pisos de hormigón con escoria. Tal refuerzo se emplea también en conductos, tuberías de hormigón prevaciado, muros de retención solos y en unidades de losas para pisos prevaciados. El uso más grande del alambre y malla de alambre es como refuerzo de pavimentos para carreteras, losas pistas de aeropuertos y autopista. El metal expansionado se especifica a veces para el refuerzo de losas de pavimentos de carreteras.

#### **EFEECTO DE REFUERZO**

En una estructura de concreto armado no rígida, sujeta a condiciones que dan lugar a encogimiento, se desarrollan esfuerzos compuestos en el acero, y esfuerzos de tensión en el concreto siendo la compresión total igual a la fuerza tensora total. A medida que el hormigón tiende a deformarse elásticamente y también a fluir plásticamente bajo esfuerzos sostenidos, estos esfuerzos tractors originan el estiramiento del hormigón en tensión, a la vez, la pérdida de humedad origina gran encogimiento en el hormigón sin refuerzo, dependiendo de la diferencia de cantidad de refuerzo empleado. Pero si se emplea demasiado esfuerzo la fijación será tan grande que el hormigón se agrietará (grietas por retracción).

La adherencia es de particular importancia en cimientos de concreto, losas delgadas de concreto armado y vigas relativamente profundas y cortas, de una sola luz. En los E. U. A., es práctica común emplear barras deformadas para todos los propósitos, excepto las de 1/4" (6.35 mm), por lo general, se usan lisas.

Las barras deformadas (varillas corrugadas torcidas en frío), desarrollan la adherencia normal y son grandemente suplementadas por la adherencia mecánica de la deformación.

Una superficie áspera en barras de acero, para usar como refuerzo de hormigón, desarrollará mayor adherencia que una barra cuya superficie ha sido pulida. Una delgada y firme película de óxido en las barras de refuerzo mejora considerablemente la adherencia y no ha de ser motivo para el rechazo del refuerzo.

## LA ADHERENCIA

La resistencia a la adherencia varía considerablemente según el tipo de cemento, los aditivos y la relación agua-cemento, todo lo cual influye en la calidad de la pasta. En cambio no se reduce apreciablemente mediante aire arrastrado. Aumenta por la vibración retardada si se aplica debidamente y durante el tiempo adecuado, lo que mejora aparentemente el contacto después que tiene lugar el congegimiento por asentamiento. Es mayor para hormigón seco que para hormigón húmedo. Es menor para barras horizontales que para barras verticales, debido a la acumulación de agua debajo de las barras horizontales; esto se tiene muy en cuenta en los códigos modernos, - que permiten mayores esfuerzos de adherencia para barras próximas al fondo de una colada (y por lo tanto, menos sujetas a la acumulación de agua), - que para barras a 30 cm o más lejos del fondo, la resistencia a la adherencia se reduce por la humidificación y secado alternos, por la congelación y el deshielo, y por la carga aplicada antes de tiempo.

La adherencia es la resistencia a deslizarse desarrollada entre el concreto y las barras o cables de refuerzo embebidos. El esfuerzo de adherencia se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  del área superficial de contacto de barras lisas redondas o cuadradas. Para las barras deformadas, el área de contacto para el cálculo del refuerzo de adherencia se estima como la de las barras lisas de igual área seccional media o pesos medio por unidad de longitud. El lograr evitar el deslizamiento entre las barras de refuerzo y el hormigón es de vital importancia en toda construcción de concreto armado, y la resistencia al deslizamiento, conocida como la adherencia puede ser la resultante de la fricción y/o resistencia adhesiva al deslizamiento. Para lograr el equivalente de resistencia se emplean a veces anclajes en los extremos, extensiones y barras de orejas.

En el concreto pretensado son distintos los problemas de adherencia como por ejemplo, el óxido que se forma en las barras ya embebidas en concreto endurecido (debido a recubrimiento ineficaz) produce hinchamiento destructor, agrieta el hormigón adicional, reduciendo el recubrimiento, y deviene en falla rápida progresiva de interacción entre el acero y el concreto.

Además, el acero está expuesto a la deterioración continuada, a medida que nuevas capas de óxido penetran cada vez más profundamente en él.

En ningún caso se permitirá engrasar las mallas de refuerzo ni permitir pintura en ellas, en caso de que las capas de óxido no sean firmes o sean demasiado gruesas se quitará o reducirá según el caso con cepillo de alambre.

LA APLICACION DEL CONCRETO  
ARMADO EN ORNAMENTACION,  
FRISOS Y MOLDURAS.

## MOLDES DE YESO

La posibilidad de integrar elementos decorativos como frisos, molduras, perfiles, etc. dentro de una arquitectura que en un momento dado, por necesidad responde a un estilo clásico, encuentra una opción en el concreto armado.

Su apariencia puede ser limpia, siempre y cuando se tenga cuidado en la colocación de la cimbra perdida que se considera de moldes de yeso obtenidos de un modelo previamente diseñado en el piso, esto garantiza rapidez, limpieza y exactitud.

Daremos una descripción del proceso que permite la obtención fiel de este tipo de decoración.

Como podemos observar en la figura 1, se requiere de un espacio de terreno - en donde se procede a construir un firme de 10 cms. de espesor y en donde la condicionante es una plancha de concreto con acabado de cemento pulido y perfectamente nivelada para evitar errores. Es importante dejar ahogadas unas anclas de  $\emptyset$  No. 3 para el anclaje del modelo que servirá de matriz para la obtención de moldes de yeso que sirvan de cimbra perdida.

Una vez terminada la mesa de trabajo se procederá a vaciar yeso y con la ayuda de una tarraja se lograrán los perfiles requeridos figura 2. Este trabajo lo llevará a cabo un oficial yesero, quien domina perfectamente el manejo de este material.

Es importante mencionar que en el acabado final se debe mezclar el yeso con cemento para que esta matriz tenga la resistencia adecuada para el colado de los moldes "negativos".

Una vez terminados los moldes que servirán de matrices se procederá a cimbrar para poder obtener el molde que se dejará secar para su posterior colocación. Es menester mencionar que las matrices se deben lubricar con un aditivo separador, o en su defecto, esta operación se llevará a cabo con una so

lución de jabón "castillo" previamente cocido y batido en una licuadora casera hasta obtener una consistencia cremosa. Este separador es de una eficiencia superior. Los moldes se deberán limpiar perfectamente para poder lubricarlos con esta sustancia antes de proceder al colado de moldes.

Con la finalidad de que los moldes tengan una dimensión uniforme, se colocarán anclas consistentes en tornillos de 4" x 5/16" con tuerca de mariposa -- que sujetarán un ángulo de 3" x 3/16" que sujetarán la cimbra y con esto se garantiza la uniformidad del molde de yeso. (figura 3).

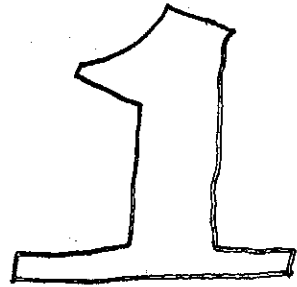
Los moldes de yeso se colocarán alternativamente y se numeraran en forma progresiva para evitar ajustes en su colocación en donde se respetará el consecutivo de los números.

Estos moldes tendrán una longitud máxima de 1.50 metros por condiciones de manipuleo.

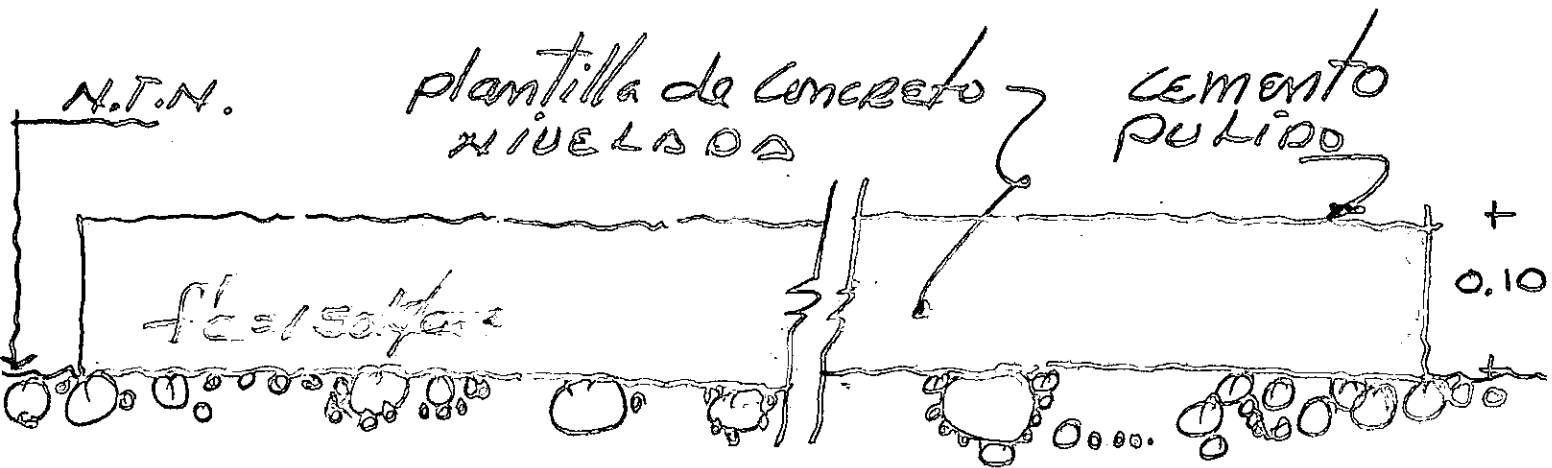
Para efectos de cimbrado, se procederá a estudiar la manera de sostener los bloques de cimbra de yeso de tal manera que garanticen un nivel uniforme y apañados al muro y ajustados perfectamente. Las uniones entre moldes se re sanarán una vez fijados y montados para evitar la apariencia de las juntas. Una vez lubricados con separador, los moldes están listos para recibir el - armado de acero y proceder al colado de concreto.

Después de descimbrar se retocarán los detalles que pudieran surgir.

La limpieza necesaria para este concreto se hará con agua empleando cepillo de raíz.



3.00



2

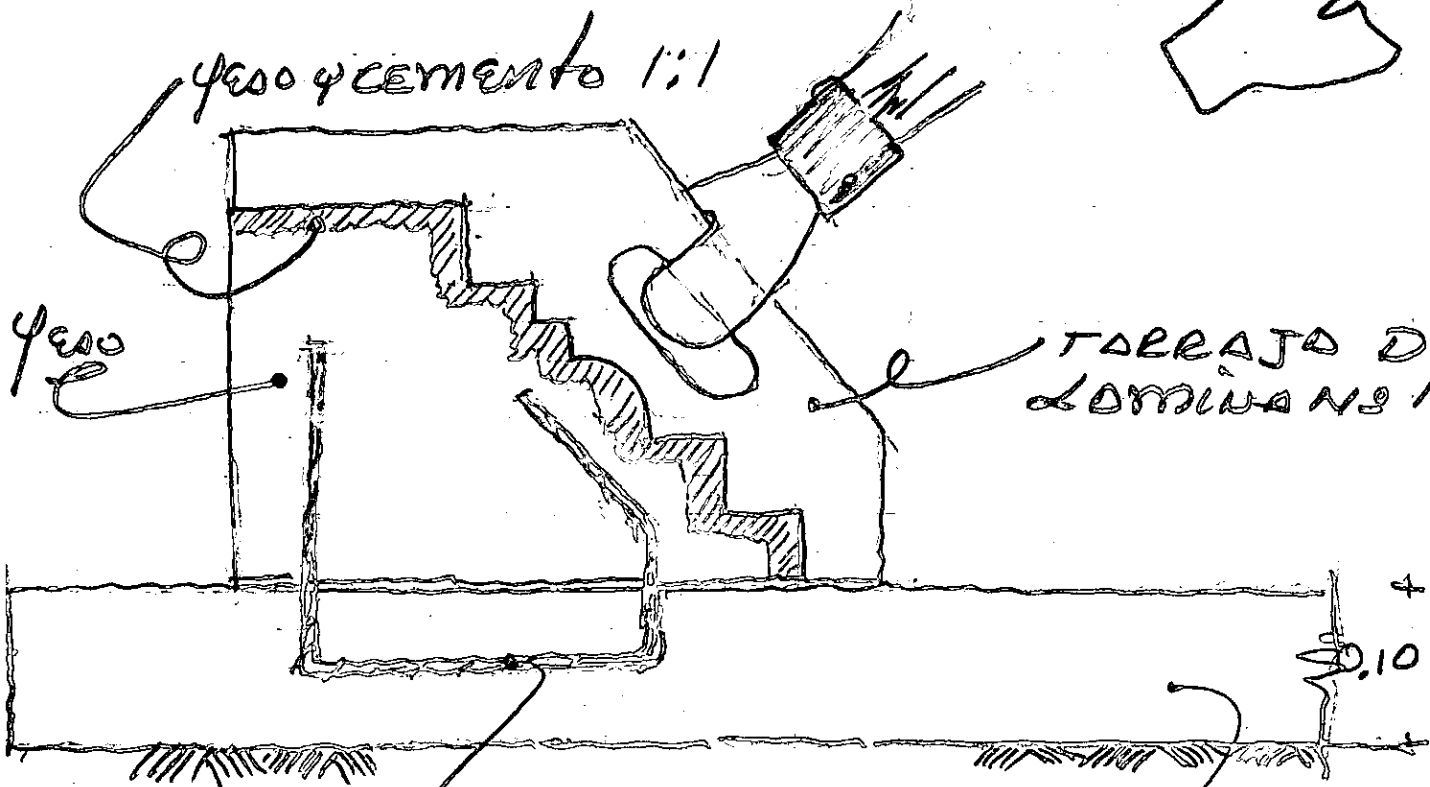
yeso y cemento 1:1

TORREAJA DE  
DOMINANO 18

yeso

ANCLA  $\phi 3 @ 1.50M.$  FIRME

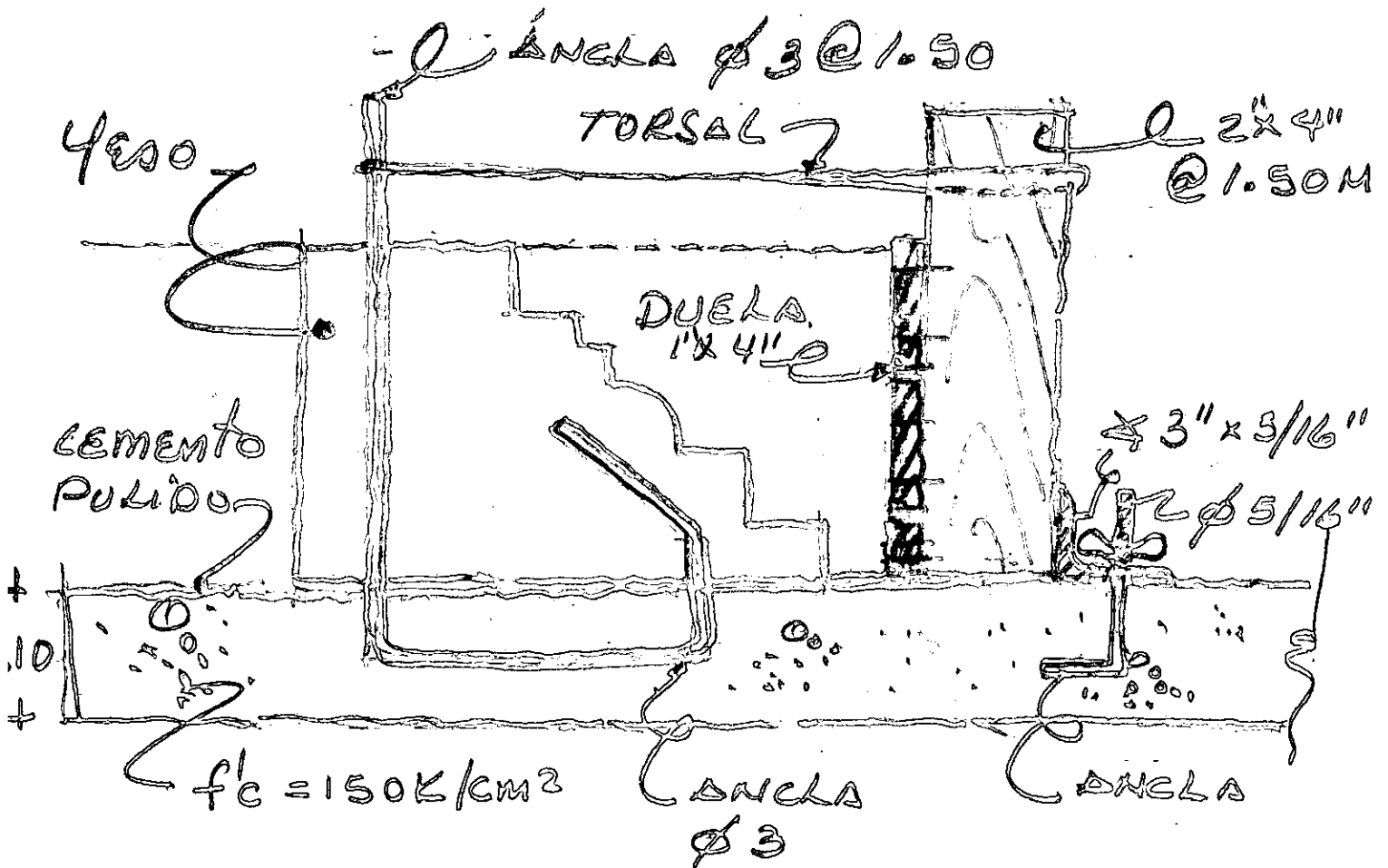
4  
0.10



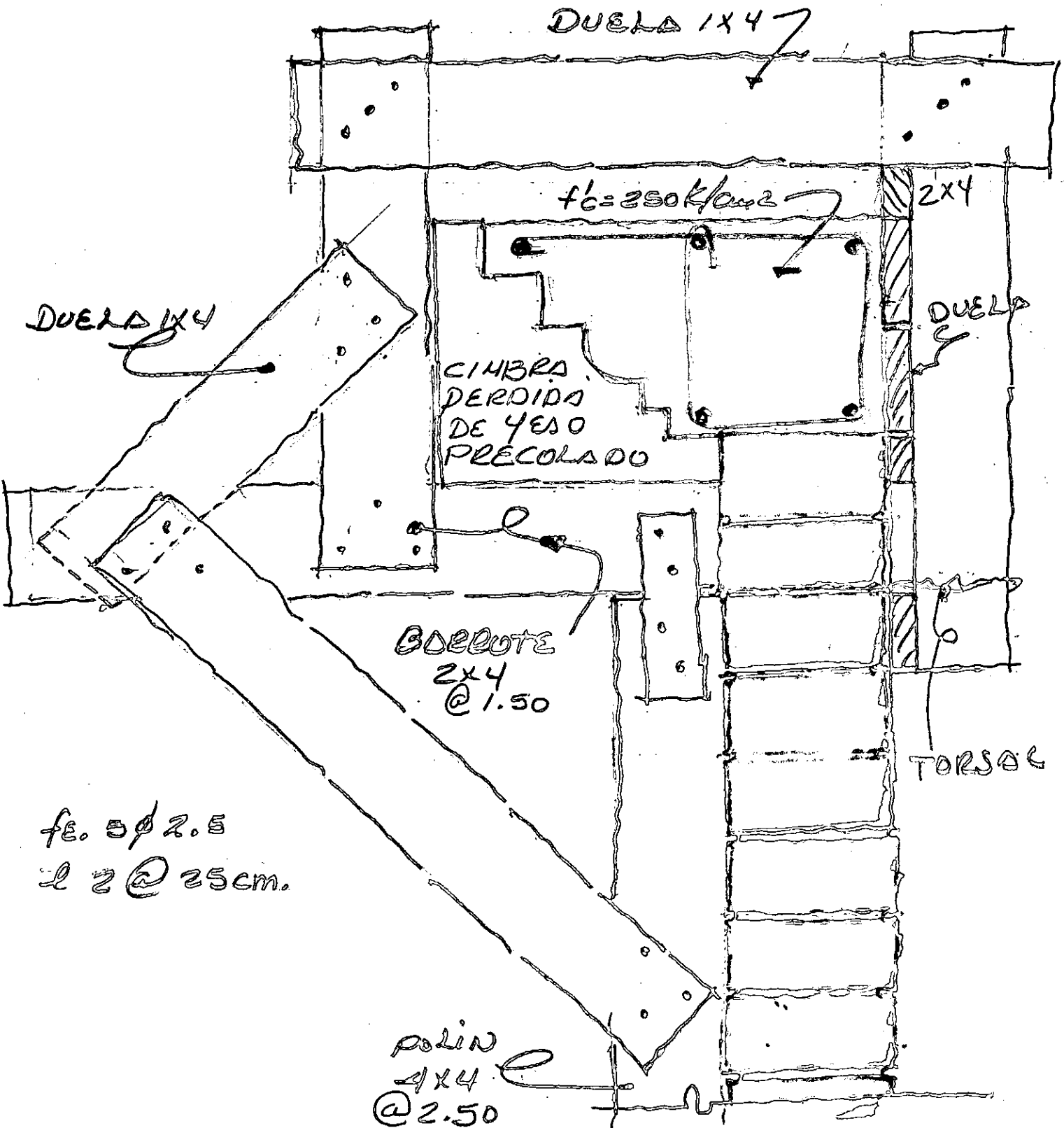


CIMBRA  $l = 1.50$

3



4



**POSIBILIDADES Y EJEMPLOS**

# VIÑOLA

15 p

2 mód 4 part

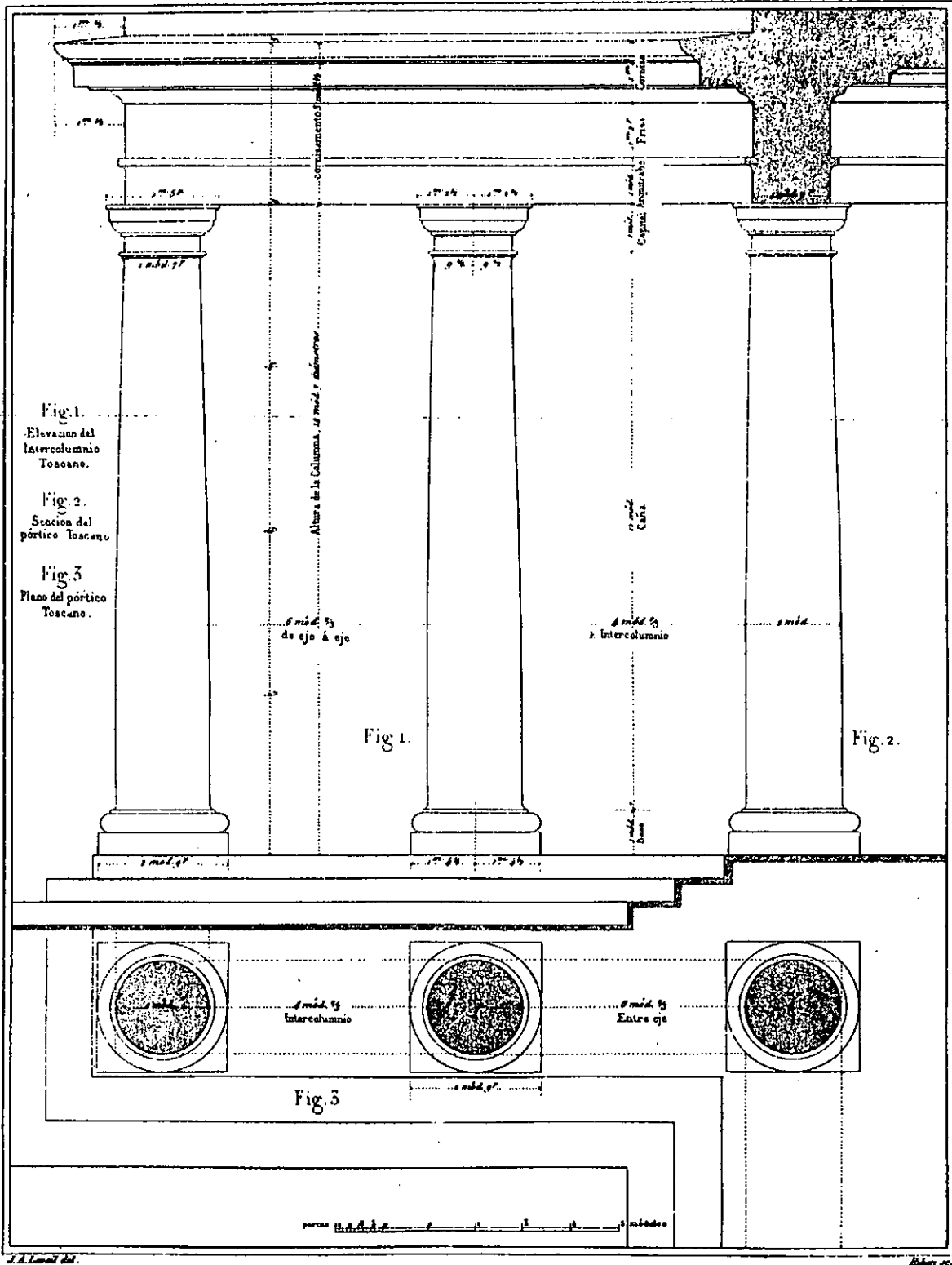


52 p

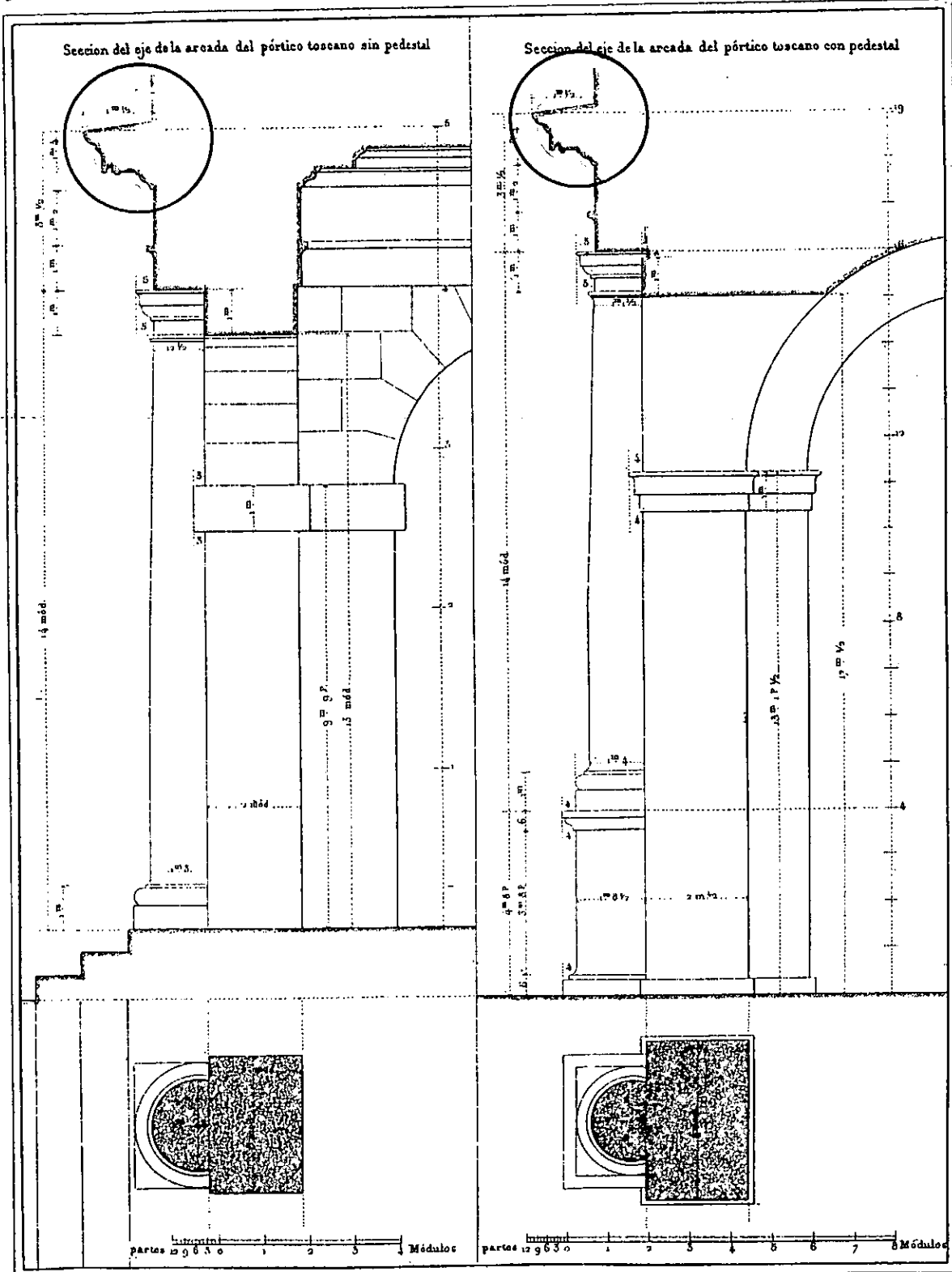
30 p

# ARQUITECTURA

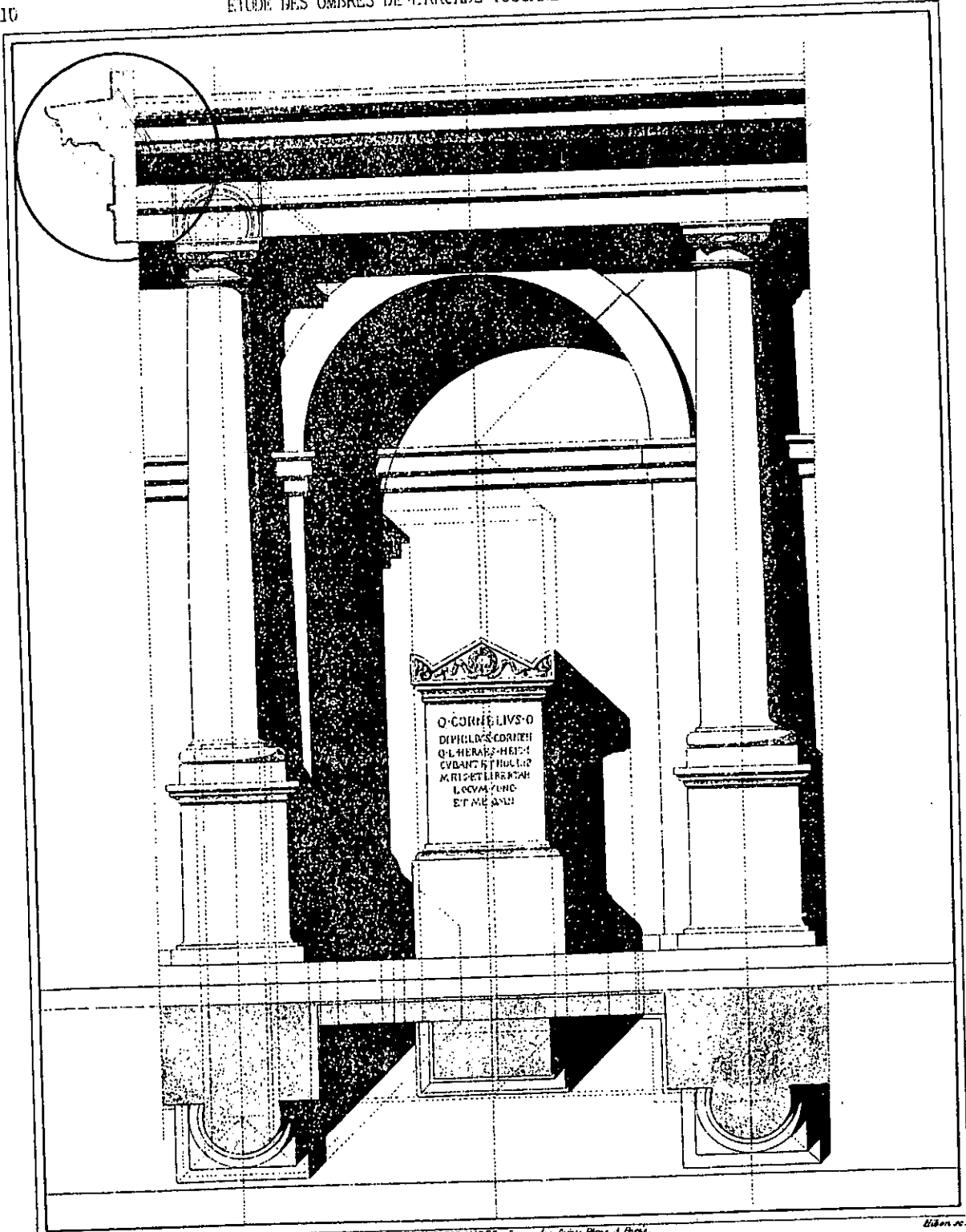
EDITORIAL PORRUA S. A.  
AY. REPUBLICA ARGENTINA  
MEXICO 1900



INTERCOLUMNIO TOSCANO SEGUN VIÑOLA



SECCIONES DE LOS PÓRTICOS TOSCANOS CON PEDESTAL Y SIN ÉL



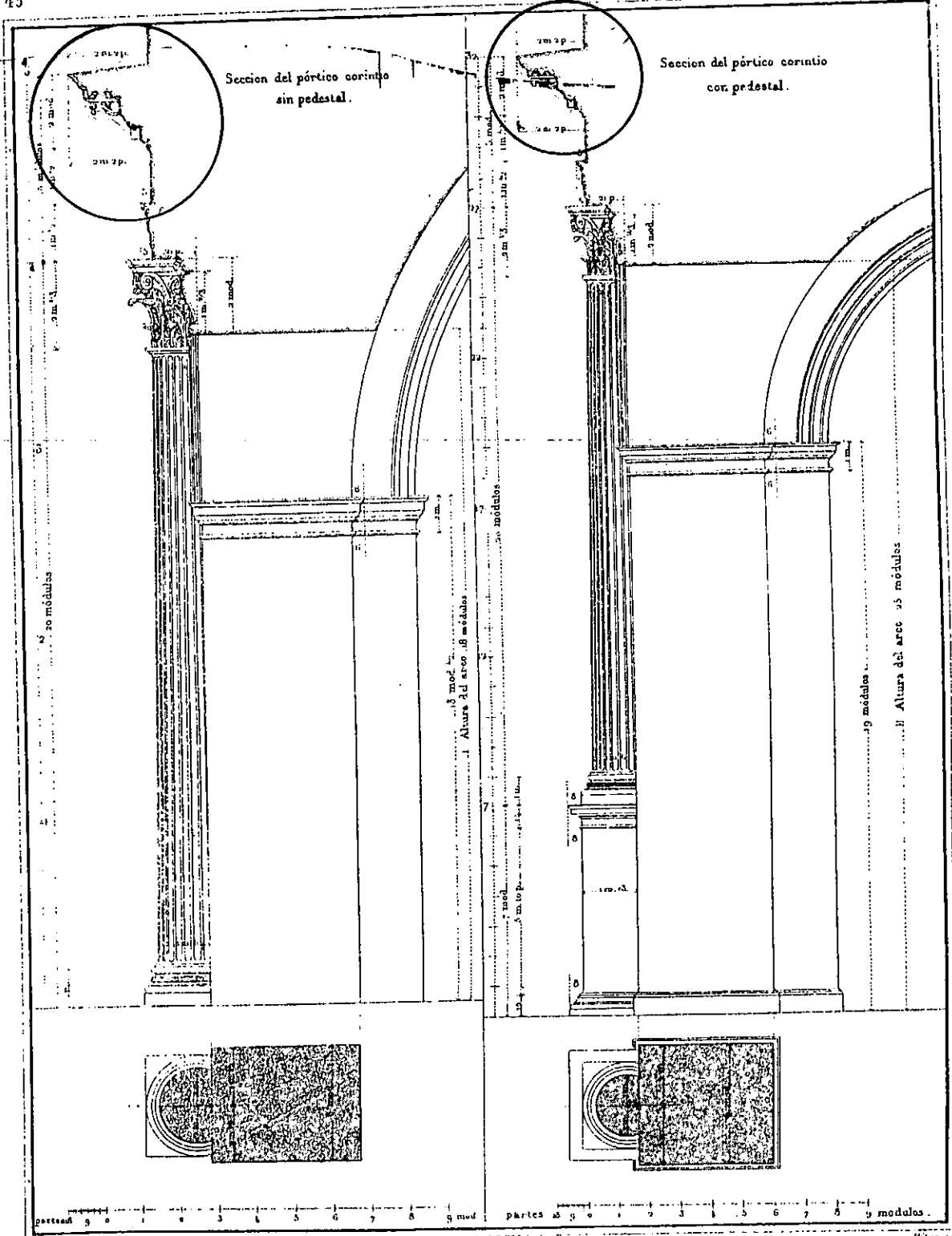
Q. CORNELIVS Q.  
 DIPHLAS CORNISI  
 Q. L. HERAS. HEID.  
 CVBANT. S. THUCLE  
 M. RISET LIBERTAR.  
 L. COVA. F. ONO.  
 ET ME. ANNI

J.A. Leveillé del.

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES, 7, rue des Saussaies, à Paris.

Edison sc.

ESTUDIO DE LAS SOMERAS DE LA ARCADE TOSCANA CON PEDESTAL.



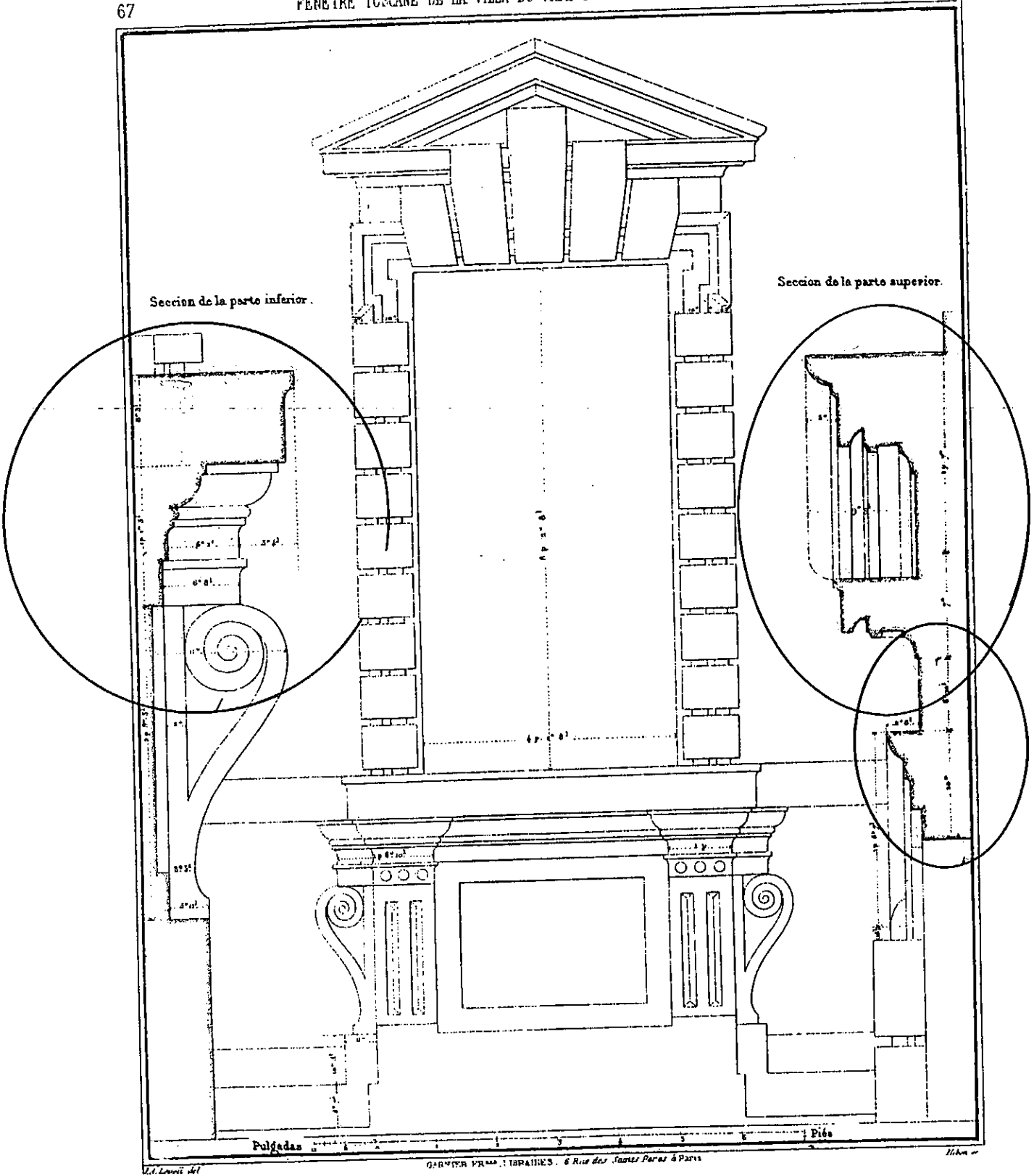
J.A. Lenoir del.

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES 6 rue des Saussaies à Paris

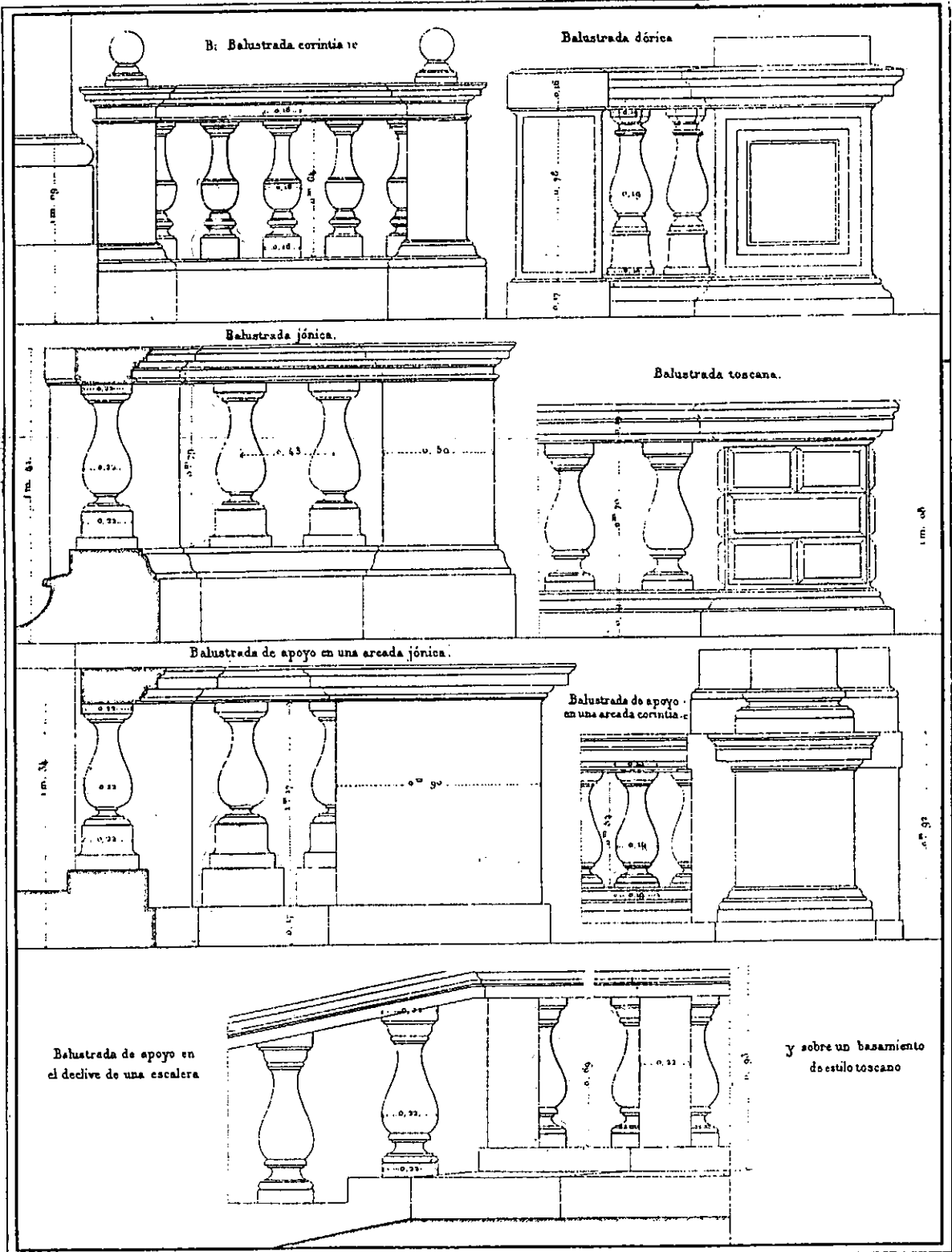
Hébert sc.

SECCION DE LOS PÓRTICOS CORINTIOS CON PEDESTAL Y SIN ÉL.





VENTANA TOSCANNA DE LA CASA DE CAMPO DEL PAPA JULIO III SEGUN VIÑOLA.



J.J. Leoni del.

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES, 6, Rue des Juifs, Paris & Paris

Biblot

PARALELO DE BALUSTRADAS SEGUN VIÑOLA

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

- Volumen IX Especificaciones generales de Construcción.  
S.O.P. 1964
  
- Reglamento de Construcciones  
Departamento del Distrito Federal, 1966
  
- Concreto. Marco Aurelio Torres  
1962
  
- Hormigón Armado.  
V. Orodzzi 1962
  
- Tiempo y Costo en Edificación  
Carlos Suárez Salazar 1972

PINTURA

## PINTURAS

Es un recubrimiento en donde se pueden analizar dos dimensiones, ancho y -- longitud, la profundidad-espesor de la capa es tan pequeña que no se toma en cuenta.

Si consideramos dos dimensiones podemos pensar en algo semejante a una hoja de papel o como una membrana que cubre una superficie. Generalmente una capa de pintura debe cumplir por lo menos con una de las dos si--funciones: si--guientes: estética y como un recubrimiento de protección de una superficie, es importante que en una sola operación se cumplan simultáneamente las dos características que debe cubrir.

La pintura por regla general, es un pigmento unido a un pegamento al que se denomina aglomerado y también se le conoce con el nombre genérico de resi--nas, puesto que su origen está en las resinas de los árboles.

## PINTURA RUPESTRE

Si nos ubicamos en las manifestaciones de pintura rupestre en la historia - del hombre, nos daremos cuenta de que se trata de pigmentos hechos a base de polvo de piedra de un determinado color y revueltos con agua, -aglomerante-, sin embargo; el agua como aglomerante no es muy buena, entonces habría que pensar en una arcilla o un barro y de esa manera se sostiene en aque-llas superficies, donde se aplica o se ancla, se le conoce con el nombre genérico de sustrato.

La pintura primitiva estaba integrada por algunos compuestos de la naturaleza que servían como pegamento como el aceite de oso; de castor, el aceite - de algunas semillas, como la linaza y también sustancias pegajosas como la miel y la clara de huevo por mencionar algunos ejemplos, a esto se agregaba piedra molida de color para dar un tinte determinado Vg. el azul, rojo, -- verde, amarillo, etc., empleando agua o aciete como diluyente.

Se sabe que se pueden acelerar o catalizar el endurecimiento de una pintura en la cual, la temperatura será considerada un factor determinante, también si acerca un medio de calentamiento ó si el trabajo se lleva a cabo bajo los rayos del sol, el secado será más rápido. Es el momento en que ya estamos pensando en el uso de aditivos o sustancias que permiten mejorar la calidad de la pintura.

### COMPOSICION

La técnica ha evolucionado y se ha buscado una mejoría en todos los aspectos y para mejorar la calidad de la pintura en su aspecto estético, así como en su función de protección, para estos efectos se han agregado aditivos. Una pintura constará de tres partes: pigmento, aglomerante o aglutinante, o pegamento y los aditivos. Hay un cuarto componente que sería el diluyente que en ocasiones se convierte en el agua suficiente para lograr el cuerpo preciso para su aplicación como en el caso de pinturas de agua.

### BARNIZ

Cuando hablamos de barniz, nos referimos a una mezcla de aglomerante, diluyente y aditivos. También cumplen con la función de embellecer y proteger aún cuando carecen de pigmentos. Su presentación es brillante y mate.

De las pinturas que existan en el mercado, las que más se venden y las que más se utilizan son las tipo "decorativo", que cumplen con la función de embellecer. Para hacer este tipo de pintura se emplea cal ó blanco de españa que dará como resultado pintura blanca que es la que refleja mejor la luz ya que la pintura negra es la que más la absorbe. En los locales interiores se emplean colores claros así como el blanco, que da una sensación de higiene. Las pinturas que más se emplean son el blanco hecho con cal o

blanco de españa que tiene el inconveniente de requerir muchas "manos" para recubrir la zona deseada, efecto que se le denomina poder cubriente.

### DIOXIDO DE TITANIO

De las sustancias que se encuentran en la naturaleza se ha visto que entre mayor densidad tenga, mejor cubren. Una sustancia que tiene poder cubriente es el pbo -óxido de plomo- que es tóxico y por tal razón se emplea el  $TiO_2$  -dióxido de titanio- que es un material abundante en la naturaleza. Vg las playas de Colima son blancas por el  $TiO_2$ , en Oaxaca, Sonora y Tamaulipas existen minas de titanio que tiene una densidad de 4.1 que lo vuelve muy interesante para usarlo como pigmento blanco y se considera el más empleado que lo fabrica Dupont en su planta de Tampico, y se vende con el nombre comercial de TIPURE 810 y 902, cuyo contenido es 95% de óxido de titanio el cual tiene la característica de cubrir cualquier superficie con poca pintura, es inodoro, insípido y no tóxico.

También se agrega al barniz para hacerlo mate, actúa como agente mateante. La otra sustancia es el pegamento, de los que se conocen, el más económico es el jabón, pero la lluvia lo puede deteriorar deslabándolo. Se saben recetas en que se menciona la sal como fijador y el alumbre que cumple funciones de impermeabilizante.

### ACETATO DE VINILO

El compuesto más barato que se conoce es el acetato de vinilo que es un derivado del petróleo y proviene del etileno que se polimeriza en emulsión y el vinilo, no es soluble en agua ni tampoco se mezcla con el aceite. El acetato de vinilo más común es el resistol 850, que al mezclarlo con  $TiO_2$  se produce una pintura para exteriores capaz de resistir la lluvia, y entre más resistol tenga y menos agua, mejor será la pintura.

TiO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + acetato de vinilo

TiO + resistol 850 = pintura brillante

Blanco de españa = resistol 850 = pintura mate

Este acabado se conoce como concentración de volúmenes pigmentos y es una relación de porcentaje = la cantidad de volumen de pigmento.

Cantidad de pigmento + cantidad de pegamento de resina seca.

### **P.V.C.**

Se ha visto que las propiedades brillantes se obtienen cuando ésta concentración en volumen de pigmento que desde este momento se llamará **P.V.C.** -- tiene valores de 0.35 ó menos de 0.35 para abajo, la pintura es brillante y de esta cifra hacia arriba, el acabado será mate.

Se ha descubierto eso que se denomina volumen crítico de pigmentos -**P.V.C.** crítico- se ubica alrededor de 0.06 y después de esta cifra las propiedades de una pintura se desploman.

Se puede conseguir una pintura mate con un **P.V.C.** de 0.05 y la pintura es buena, resiste al lavado, el sol, la lluvia, el granizo. Si observamos una pintura de **P.V.C.** 0.07 es casi seguro que se pasa la mano encima, está se quedará en la mano y ya no resistirá el paso del tiempo.

Esta cualidad es útil para las campañas políticas o de eventos en donde se utilizan los muros y los pavimentos para anunciar eventos, después de un corto tiempo desaparecen solas, en seis meses la pintura desaparece. También se emplean en techos que son áreas libres de servicio con un **P.V.C.** de 0.08. En exteriores las pinturas deben tener un **P.V.C.** de 0.03 para garantizar que la pintura es buena.

### **ACETATO DE VINILO**

El acetato de vinilo es el pegamento más barato, pero si le agregamos otra



sustancia química por ejemplo, el acrílico, aumenta las propiedades de resistencia al sol y da lugar a las pinturas vinil acrílicas que tienen una resistencia mayor que las vinílicas especialmente a la intemperie y esto significa que esta pintura 100% acrílica se compara con una pintura de esmalta pero diluida con agua.

Los esmaltes ecológicos son pinturas 100% acrílicas que garantizan una resistencia muy buena a los rayos del sol, y se emplea agua como diluyente y se garantiza su resistencia al exterior.

### **PINTURA ALQUIDALICA**

En la pintura de aceite generalmente se utilizaba brea y un extracto de resinado de árbol que se conoce con el nombre genérico de alquidánicos, esto es, brea, un poco de chapopote y algunos derivados del petróleo como es el anhídrido oftálico y anhídrido malenco. Las pinturas de aceite tienen la necesidad de emplear para rebajarlas el thinner y los thinners son destilados del petróleo, entre esas sustancias, se catalogan los de tipo cancerígeno como el benceno y el tolueno o tolol.

### **DISOLVENTES**

Durante la operación de pintado, estos thinners escapan a la atmosfera y contaminan, produciendo ozono que repercute en los imbecas, afectando no sólo al obrero que actua, sino al resto de sus congéneres. Por esta razón, las leyes son cada día más estrictas en cuanto al uso de estos disolventes que perjudican a todo el mundo.

Por estas razones, se están estudiando sustituir los disolventes por cosas:

1. Hacer pinturas que no tengan disolventes, esto quiere decir 100% de sólidos, no se rebajan con nada, ya están listas para su aplicación.

2. Hacer pintura 100% acrílicas que se rebajan con agua.

La empresa Chrysler de E. U. A. pinta sus automóviles con pinturas de agua. Otra alternativa son las pinturas en polvo, se prepara el polvo, se saturan las piezas con esta sustancia y se meten al horno en donde el polvo se funde sobre la pieza y quedan fijadas a los elementos pintados, son pinturas - agradables, durables y sobre todo, no contaminan.

En menos de 10 años todas las pinturas serán en polvo.

#### **ADITIVOS EN LA PINTURA**

Se encuentran muchas sustancias para patinar la pintura, para craquelarla, dar aspectos especiales y de antigüedad y entonces se les agrega craquelado res, otro aditivo como el cualogen que permiten decoraciones perfectas en - autos Vg. una pequeña raya en un carrocería debe tener el mismo espesor y cualidades de la pintura sin desparramarse.

Otro aditivo el **etilenglicol** que sirve para evitar que la pintura se conge le, así mismo, retarda el tiempo de secado para algún acabado artístico especial, también usada como retardador para que penetre perfectamente en los elementos por pintar.

Otro aditivo podría ser insecticida o con perfume ambiental, también hay - aditivos resistentes a los rayos ultravioleta. Otro aditivo es espezante, es una gelatina vegetal que permite hacer que la pintura quede más espesa - de lo habitual y tiene otro efecto llamado tixotropia, fenómeno que se real\_ za cuando se mueve la pintura con la brocha, por ejemplo; se licua y cuando se deja reposar se comporta como sólido.

#### **AGENTE COLOIDE PROTECTOR**

Es un aditivo que permite que el almacenamiento de la pintura quede por espacios prolongados y no sufra separación de los componentes.

### **AGENTE ANTIESPUMANTE**

La presencia de la espuma en la pintura ofrece serios problemas en virtud de que la espuma va a provocar imperfecciones conocidas como "cáscara de naranja" y si son cráteres más grandes se le llama "ojos de pescado", es un crater que se considera una imperfección.

### **AGENTES MATEANTES**

Son sustancias que ayudan a opacar la pintura aplicada, en ocasiones para economizar dióxido de titanio que es caro, se emplean sustancias que se llaman extendedores, cuya función es extender el poder cubriente del  $TiO_2$  y abaratar la pintura, el más común es el blanco de España y se emplean otros elementos como la cal, arcillas, caolines, que son una especie de laminitas vistas al microscopio permiten aumentar la flexibilidad de la pintura y permiten también aumentar la porosidad, esto permite que la pintura pueda "respirar"

Las pinturas de aceite también tienen antiespumantes, dispersantes, catalizadores conocidos como termofijos, tienen la ventaja de que si se quema la pieza, esta pintura no se destruye y queda adherida a la pieza.

### **EPOXICOS**

Se han producido pegamentos más fuertes que el acero, Vg. si tengo una pieza de plástico y la pinto con epoxicos y posteriormente se destruye, primero se rompe la pieza antes que rayar la pintura. Los epóxicos no resisten su exposición a los rayos del sol, mientras que los poliéster ó acrílico. Se están haciendo estudios sobre pinturas epóxicas y poliéster solubles en agua que han permitido un avance en la tecnología.

## PINTURAS AL TEMPLE

Antiguamente se hacían las pinturas al temple, esas pinturas de agua se originaban en las manos del artista, quien tomaba una muestra de lodo de color en sus muñecas y frotando una contra la otra con un movimiento circular hasta darle el temple necesario para su aplicación.

Son pinturas que no contaminan y permiten el manejo de algunas tierras y arcillas y pueden utilizarse combinadas con resinas epóxicos solubles en agua para lograr acabados especiales.

Para generar espuma se agrega jabón para la obtención de acabados y texturas especiales.