

UNIDAD N°4 – **ESTRUCTURAS**

HORMIGONES



CONSTRUCCIONES II - 2020

Reseña histórica del hormigón

5600 aC

Según fuentes históricas, la construcción más antigua realizada en hormigón es el suelo de una cabaña en Lepensky Vir (Serbia).



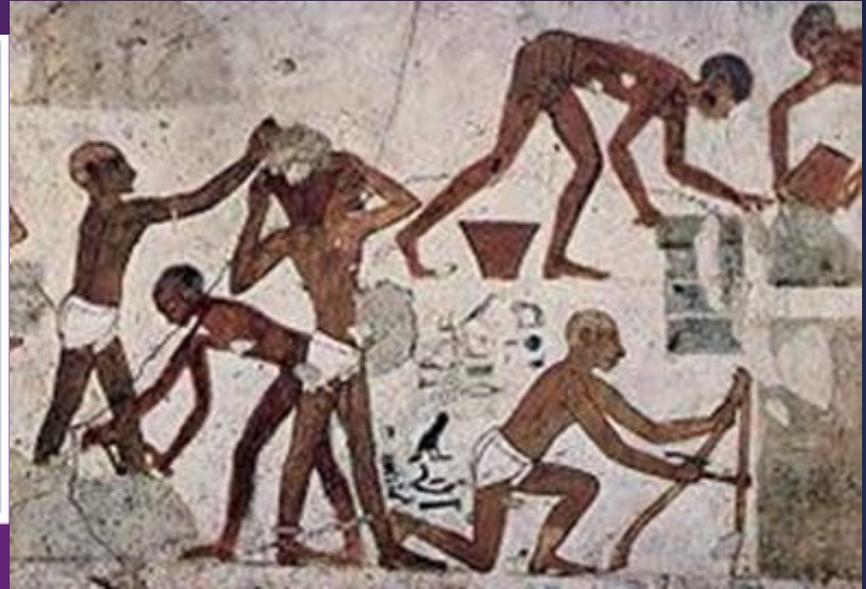
2600 aC

El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero –mezcla de arena con materia cementosa- para unir bloques de piedra y levantar sus prodigiosas construcciones. Parte de una de las pirámides de Gizeh fue levantada con un mortero similar al hormigón actual.



1950 aC

En el mural de Tebas se conservan escenas de hombres fabricando un hormigón con cemento y aplicándolo en una obra.



450 aC

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos materiales procedentes de depósitos volcánicos, mezclados con caliza, arena y agua, producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua dulce y salada.



100 aC

La civilización romana utilizaba el hormigón en la construcción de grandes edificios, y también en la red de agua potable y en la evacuación de aguas residuales.



75 aC

Se construye el anfiteatro de Pompeya, que muestra anillos de hormigón en su perímetro y otras aplicaciones del cemento.

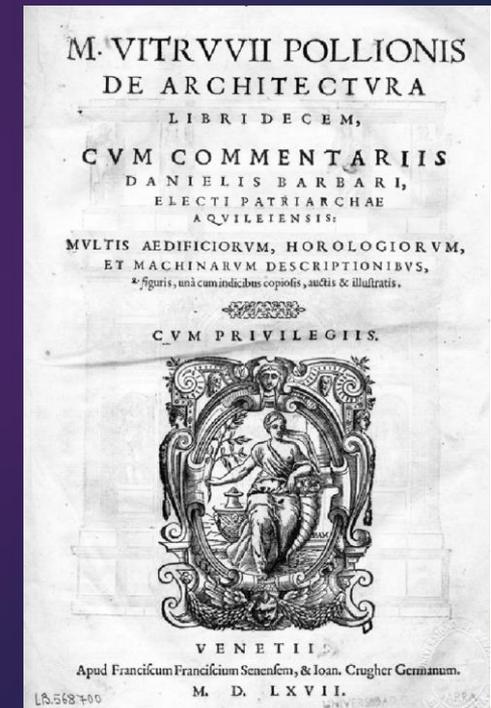


Durante el Imperio Romano el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX. Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicias, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales.



82 dC

El Coliseo de Roma contiene hormigón en los cimientos, los muros interiores y la estructura además de morteros y otras aplicaciones del cemento.



Entre la caída del Imperio Romano y el descubrimiento por parte de John Smeaton, transcurrió más de un milenio donde el hormigón, que había tenido su esplendor durante el Imperio Romano, virtualmente desapareció como material de construcción.

1759 dC

John Smeaton, un ingeniero de Leeds, en el Reino Unido, desarrolló un nuevo mortero para unir los bloques de piedra del faro de Eddystone. Al cabo de pocos años, el reverendo James Parker creó un nuevo cemento de manera accidental al quemar unas piedras calizas. Este nuevo cemento, denominado cemento romano porque se pensaba que era el que se había utilizado en la época romana, se patentó y se empezó a utilizar en diversas obras en el Reino Unido.



1824 dC

James Parker y Joseph Aspdin patentaron un nuevo cemento hidráulico artificial, fabricado por la combustión conjunta de caliza y carbón, que denominaron Portland Cement por su color oscuro, similar a la piedra de la isla de Portland. En sus inicios este material no fue demasiado empleado, a causa de su complejo procedimiento de fabricación, que encarecía su producción.



A.D. 1824 N° 5022.

Artificial Stone.

ASPDIN'S SPECIFICATION.

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME, I, JOSEPH ASPDIN, of Leeds, in the County of York, Bricklayer, send greeting.

WHEREAS His present most Excellent Majesty King George the Fourth, by His Letters Patent under the Great Seal of Great Britain, bearing date at 5 Westminster, the Twenty-first day of October, in the fifth year of His reign, did, for Himself, His heirs and successors, give and grant unto me, the said Joseph Aspdin, His especial licence, that I, the said Joseph Aspdin, my exors, adfiors, and assigns, or such others as I, the said Joseph Aspdin, my exors, adfiors, and assigns, should at any time agree with, and no others, from time 10 to time and at all times during the term of years therein expressed, should and lawfully might make, use, exercise, and vend, within England, Wales, and the Town of Berwick-upon-Tweed, my Invention of "**AN IMPROVEMENT IN THE MODES OF PRODUCING AN ARTIFICIAL STONE;**" in which said Letters Patent there is contained a proviso obliging me, the said Joseph Aspdin, by an instru- 15 ment in writing under my hand and seal, particularly to describe and ascertain the nature of my said Invention, and in what manner the same is to be performed, and to cause the same to be inrolled in His Majesty's High Court of Chancery within two calendar months next and immediately after the date of the said in part recited Letters Patent (as in and by the same), reference 20 being thereunto had, will more fully and at large appear.

NOW KNOW YE, that in compliance with the said proviso, I, the said Joseph Aspdin, do hereby declare the nature of my said Invention, and the manner in which the same is to be performed, are particularly described and ascertained in the following description thereof (that is to say):—

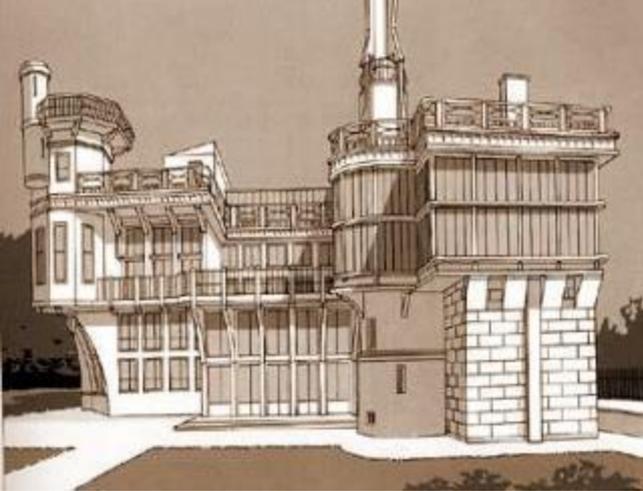
Unión del hormigón y el acero:

El hormigón armado

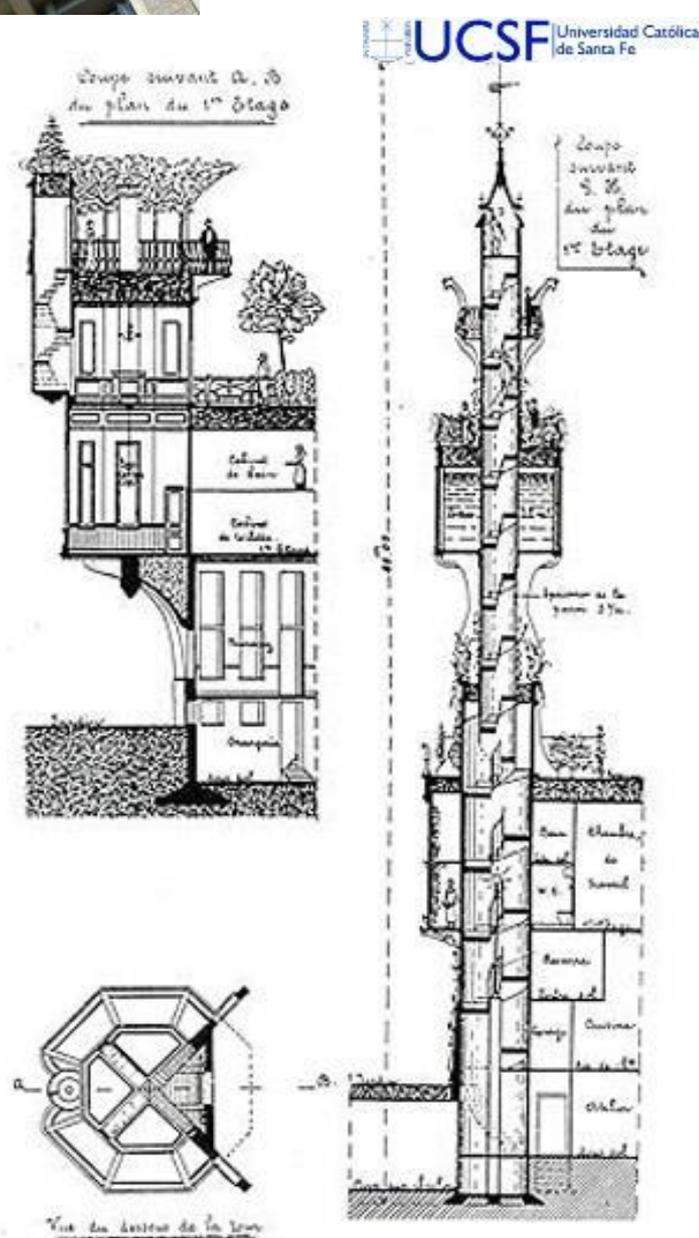
Es bien sabido que los primeros pasos en el uso, de manera consciente, de la asociación hormigón y acero dando como resultado un heterogéneo material conocido en la actualidad como hormigón armado, se dieron a partir de mediados del siglo XIX.

En este periodo, cuando la idea de aumentar la resistencia a tracción del hormigón colocando armaduras se le ocurrió simultáneamente a un cierto número de personas en Europa, que patentaron la misma. William B. Wilkinson en Inglaterra, 1854; y en Francia, Joseph Luis Lambot en 1855, François Coignet, en 1861, Joseph Monier, en 1867, y François Hennebique, en 1892.

Por su parte, Joseph Monier, considerado como uno de los precursores en el uso del hormigón armado, consigue la patente basada en sus jardineras en el año 1867 y la aplicará a elementos constructivos tales como vigas, bóvedas o tubos.



François Hennebique **obtiene en 1892 la primera patente del sistema de H°A° en Francia y Bélgica.** Propone el uso de estribos y el doblado de los hierros en la proximidad de los pilares. Reemplaza así el sistema de vigas y columnas de madera o acero convencionales por el de hormigón armado. **Terraza jardín.**

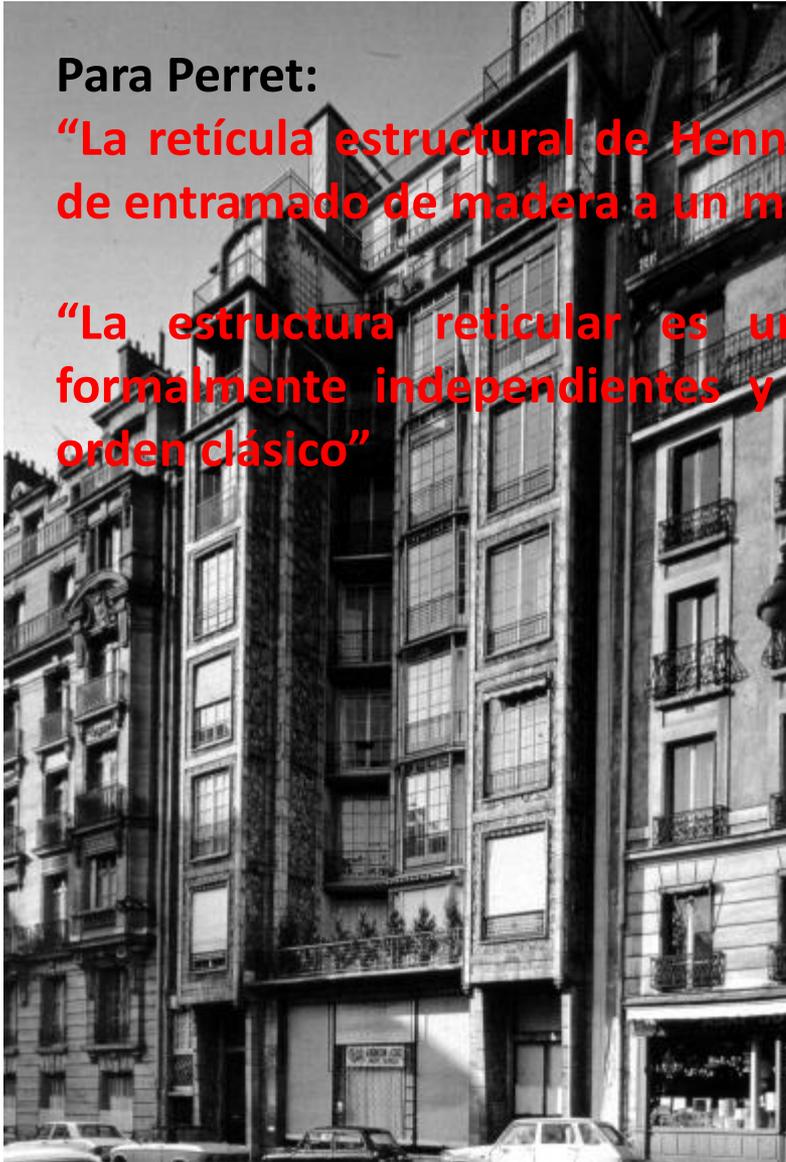


Villa Hennebique
Bourg-la-Reine. 1902.
François Hennebique

Para Perret:

“La retícula estructural de Hennebique es la traslación de la construcción de entramado de madera a un material no perecedero”

“La estructura reticular es un esqueleto compuesto por elementos formalmente independientes y articulados entre sí como sucede en el orden clásico”

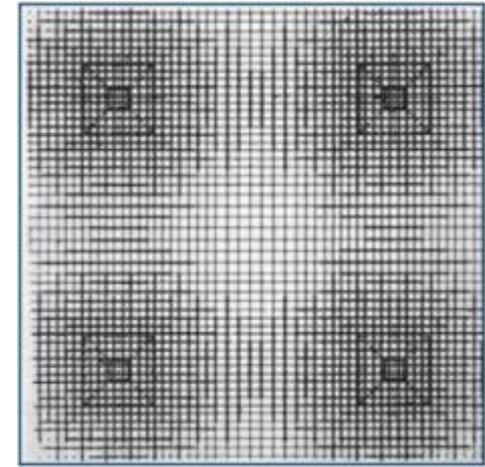


La terraza plana está indisolublemente ligada a la difusión del H°A°

Maison Rue Franklin.
Paris. 1902-1904.
Auguste Perret



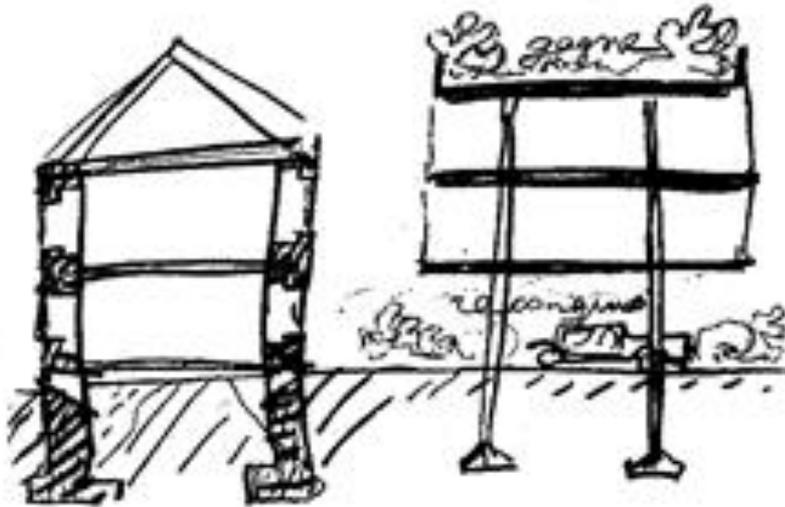
Techos sin vigas sobre pilares fungiformes.



Catalana de Gas y Electricidad.
Barcelona. 1916.
Ing. Robert Maillart



Fábrica de café, té y tabaco Van Nelle.
Holanda. 1929.
Ing. Robert Maillart

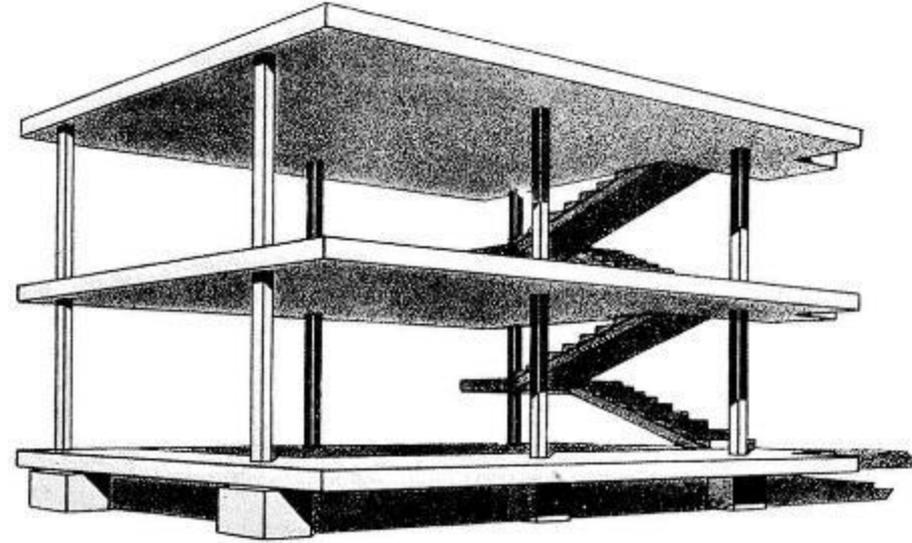


Muros de carga
Siglo XIX

Estructura reticular

Cinco puntos de una nueva
Arquitectura

1. Planta baja sobre pilotes
2. Planta libre
3. La fachada libre
4. La ventana alargada
5. La terraza jardín



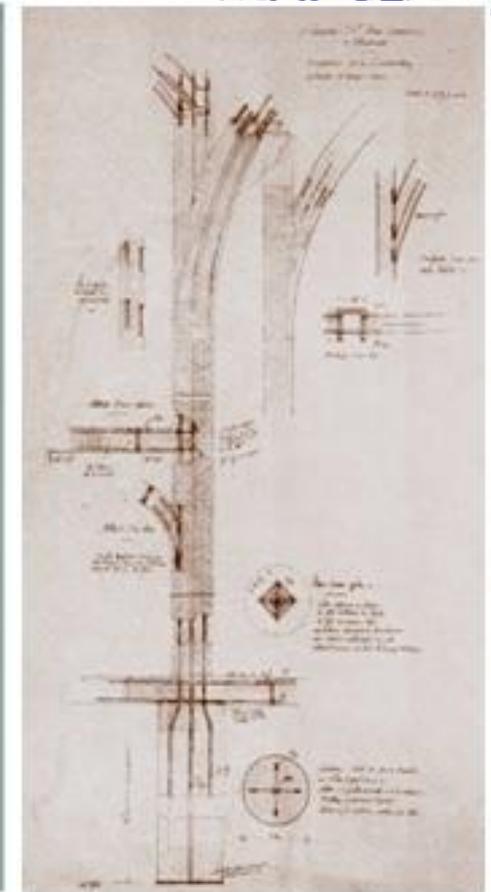
Sistema estructural Dom-inó. 1914
Le Corbusier- Du Bois- Schneider

Lógica agregativa del juego
Espacio moderno
H°A°: construcción en serie



Sistema Cottancin.

Finas losas de hormigón armado reforzadas con costillas como contrafuertes para las piezas horizontales y ladrillos atravesados con varillas de hierro para las verticales. Estas dos partes unidas entre sí por el cemento que les sirve de enlace entre los huecos de los ladrillos, forman un verdadero monolito indeformable.



Iglesia de Saint Jean Montmartre. 1894-1904.
Anatole de Baudot

Premier feuillet.
REPUBLIQUE FRANÇAISE.
 Liberté, Égalité, Fraternité.

PREFECTURE DE POLICE.

1^{re} DIVISION. — 3^e BUREAU. — 2^e SECTION.

Jardinier Fleuriste
 N^o 1739.

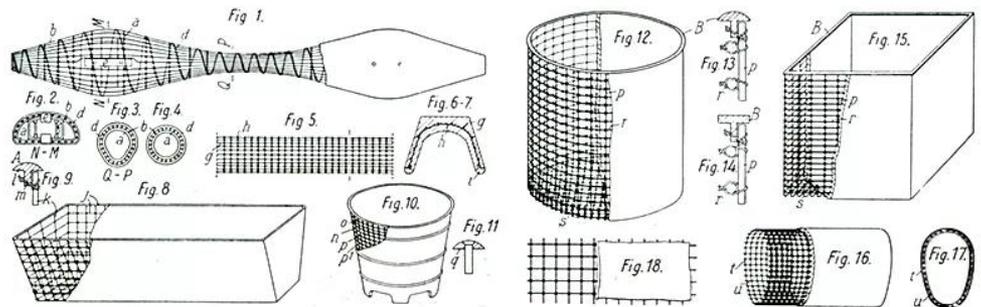
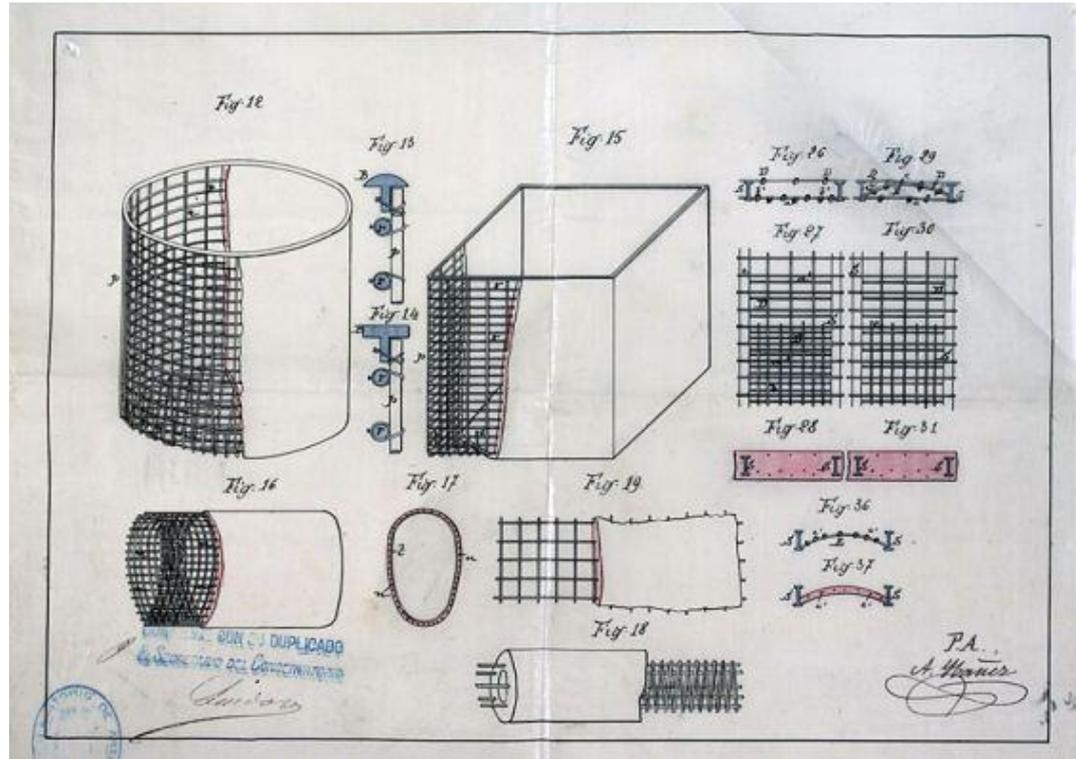
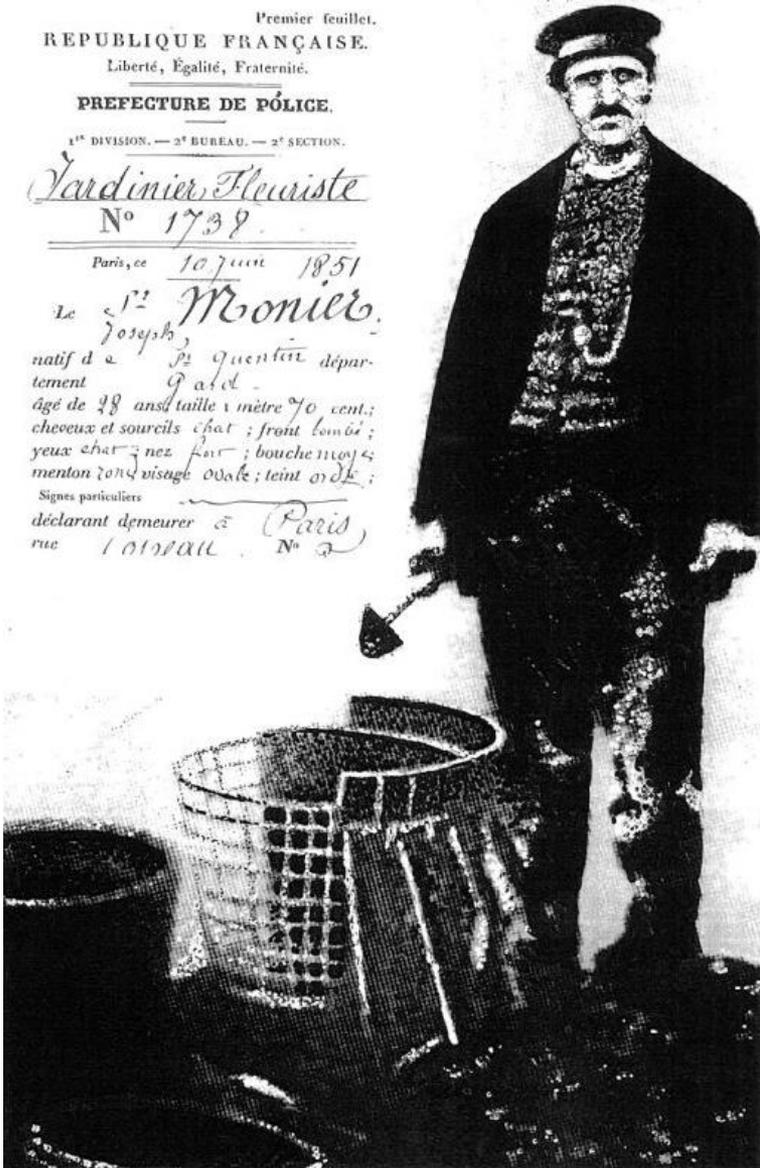
Paris, ce 10^u Juin 1851

Le 1^{er} Monier,
 Joseph,

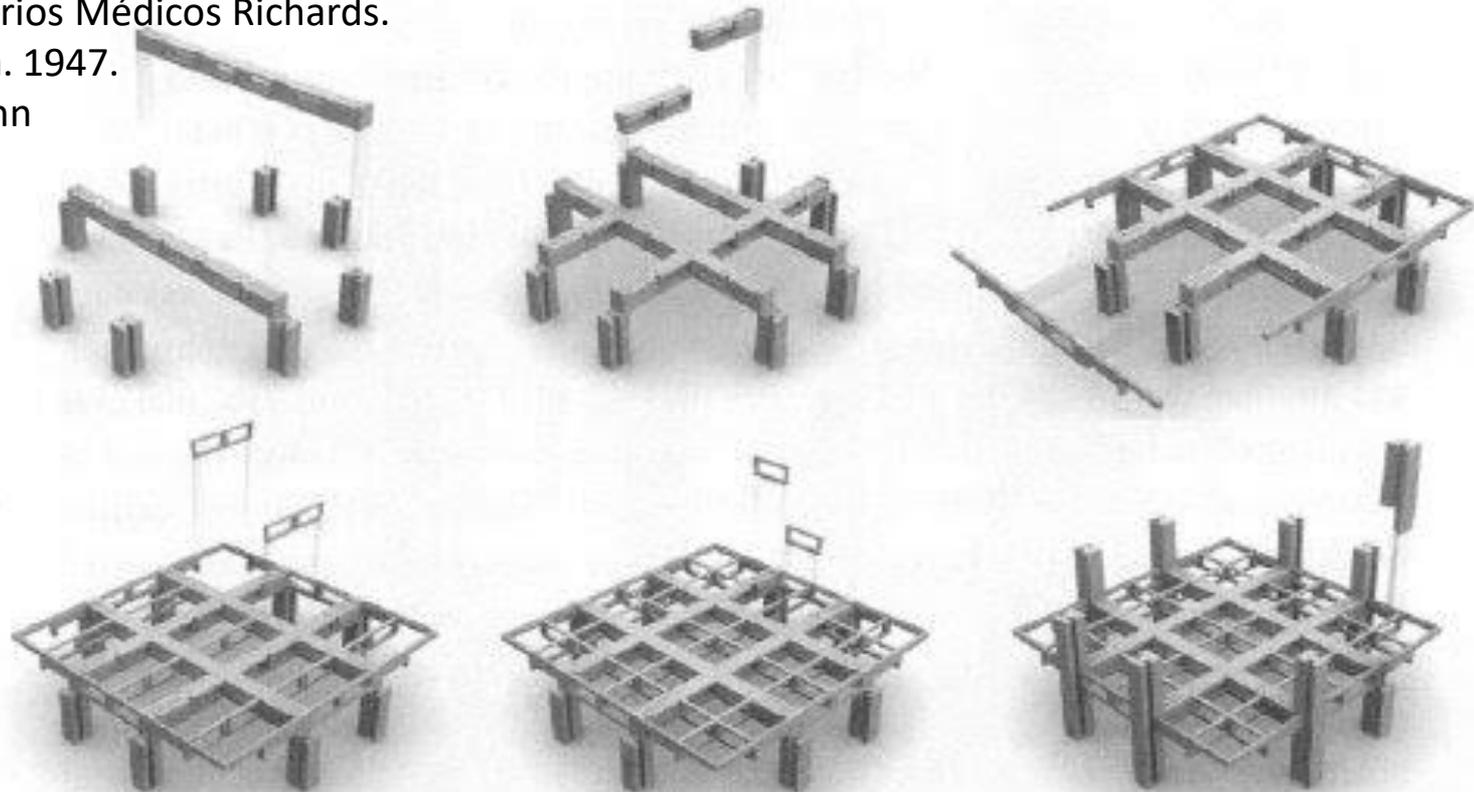
natif de la 2^e canton département
 G. A. D.
 âgé de 48 ans, taille 1 mètre 70 cent.;
 cheveux et sourcils chat; front bombé;
 yeux chat; nez fort; bouche moyenne;
 menton rond; visage ovale; teint rose;

Signes particuliers

déclarant demeurer à Paris
 rue LOISIAU, N^o 3



Laboratorios Médicos Richards.
Filadelfia. 1947.
Louis Kahn



Louis Kahn: Con un despiece detalladísimo soluciona todas las uniones entre pilares, vigas maestras y secundarias de la estructura.

Richard Neutra habla de la prefabricación asociada a un módulo que tiene que ver con la función. Esta idea surge tras su viaje a Japón, de dónde es tradicional la arquitectura estandarizada (no prefabricada), esto fue lo que fascinó a Neutra ya que la infinitud de posibilidades demostraba la validez universal del intento de una arquitectura a partir de elementos sencillos y claros. Nunca utilizó un módulo geométrico regulador, rígido y estricto en sus composiciones, pero si una dimensionalidad constructiva y estructural.

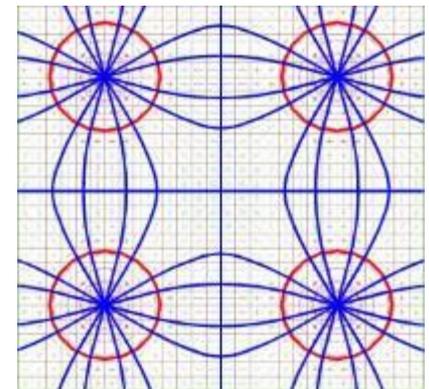
Hormigón armado de techos de grandes luces, nervadas o de sección circular



Hangar Orvieto
Umbria. 1935
Pier Luigi Nervi



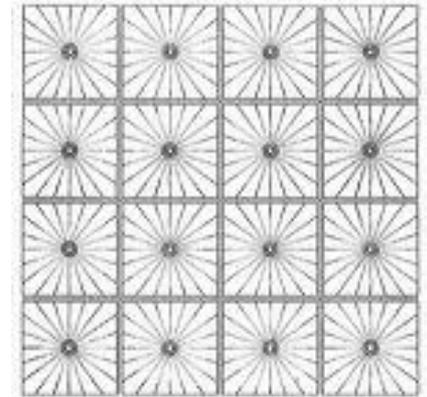
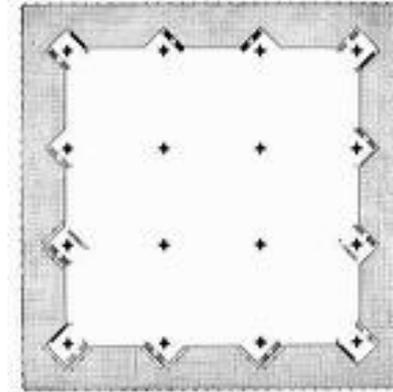
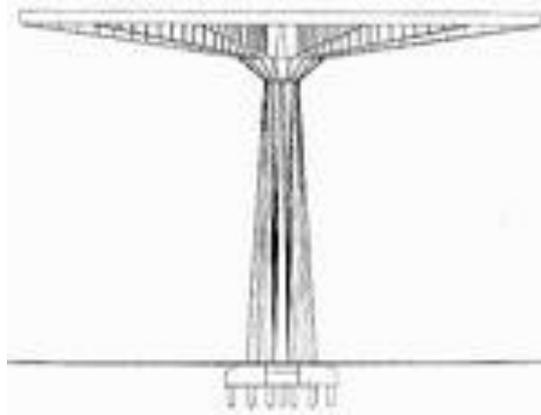
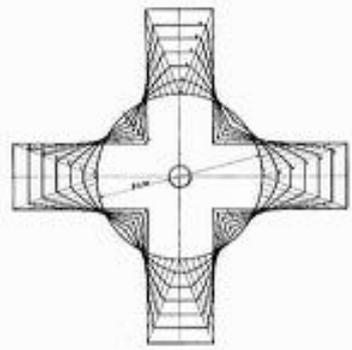
Fábrica de lanas Gatti
Roma. 1953
Pier Luigi Nervi



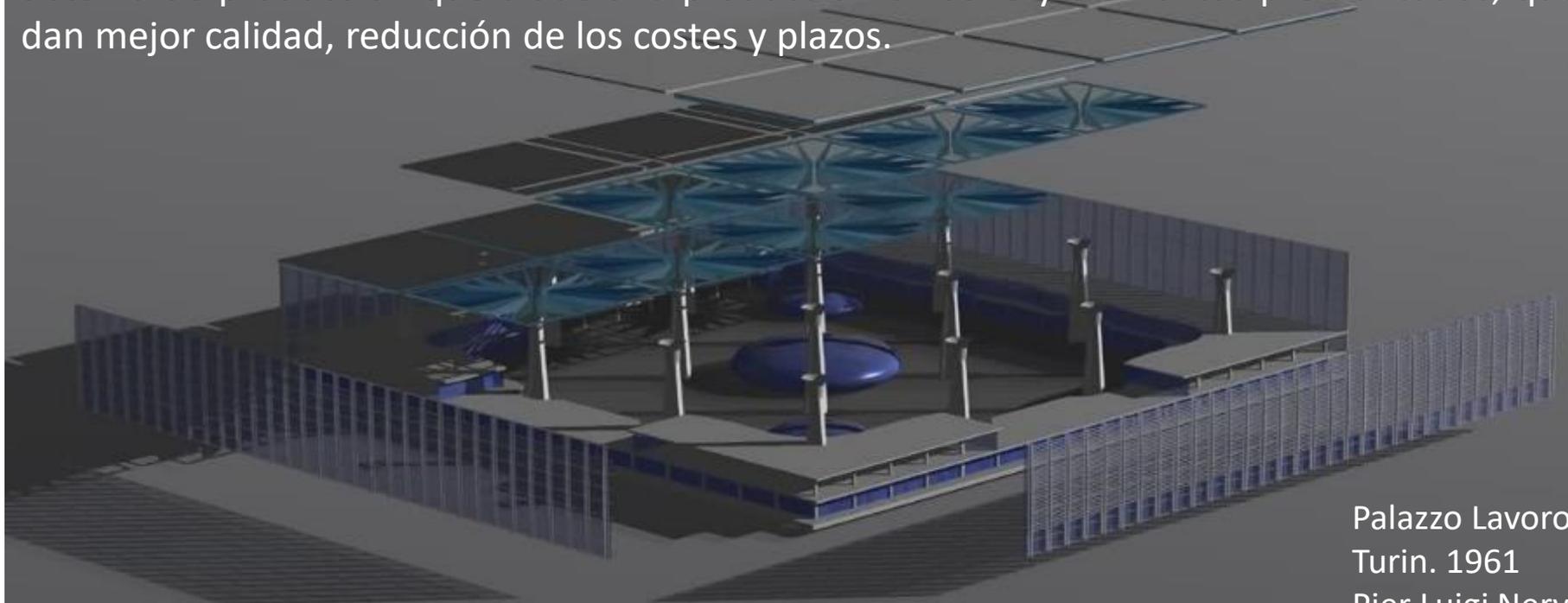


Palazzo Lavoro
Turin, 1961
Pier Luigi Nervi





Pier Luigi Nervi no solo destaca por su diseño arquitectónico y estructural, sino por su sistema de producción que alude a la producción en serie y elementos prefabricados, que dan mejor calidad, reducción de los costes y plazos.



Palazzo Lavoro
Turin. 1961
Pier Luigi Nervi



Terminal TWA. Aeropuerto Kennedy.
New York. 1962
Eero Saarinen



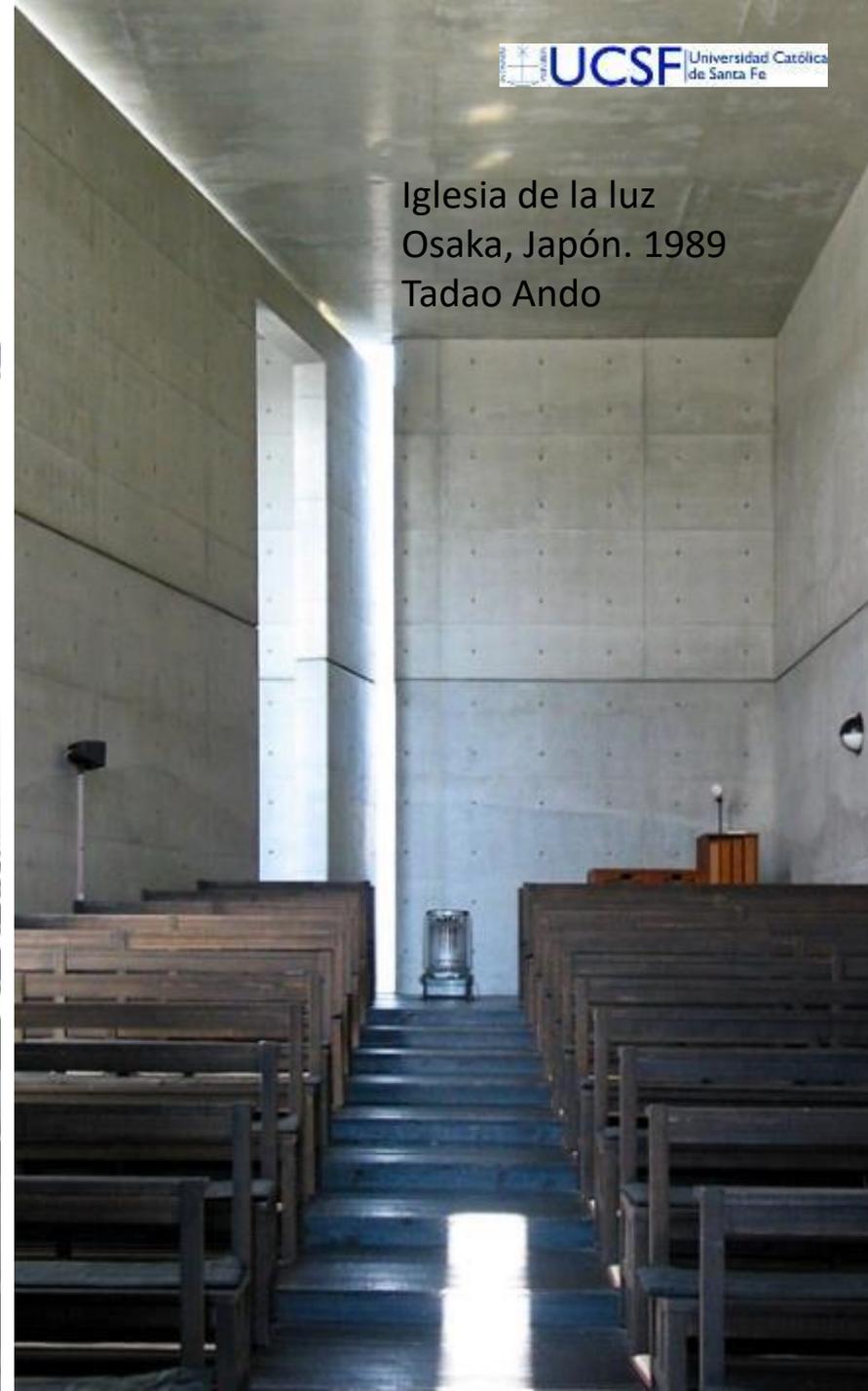
Centro Cultural Heydar Aliyev
Baku. 2013
Zaha Hadid



La fibra de vidrio de hormigón armado (GFRC) y de fibra de vidrio reforzado de poliéster (PRFV), fueron elegidos como materiales de revestimiento ideales, ya que permiten la poderosa plasticidad del diseño del edificio

Iglesia del agua
Hokkaido, Japón. 1985-88
Tadao Ando





Iglesia de la luz
Osaka, Japón. 1989
Tadao Ando

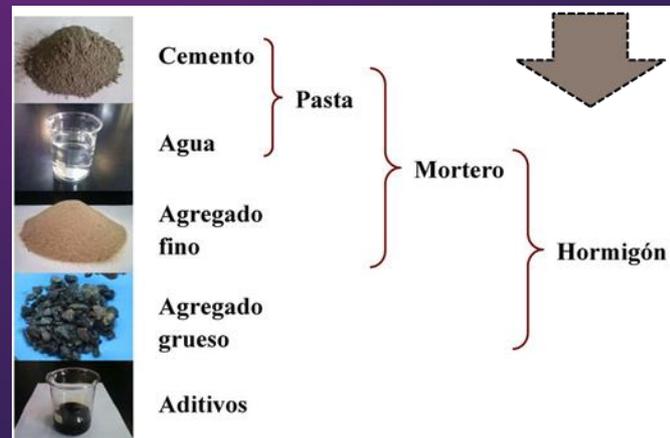
Centro de Arte
México. 2013
Tadao Ando



Vivienda
Paraty.
Marcio Kogan Architects



COMPONENTES DEL HORMIGON



AGREGADOS



AGREGADOS CONVENCIONALES

- Arenas
 - Naturales
 - De río
 - De mar
 - De médanos
 - De yacimientos
 - De trituración
- Piedra partida
- Canto rodado



AGREGADOS NO CONVENCIONALES

- Arcilla expandida
- Perlita expandida
- Vermiculita
- Copos de EPS
- Cenizas de carbón mineral (volantes y de fondo)
- Piedra pómez
- Escorias de alto horno
- Fibras vegetales varias
- Cascotes de ladrillos
- Residuos industriales varios

Definición

El agregado es el material granular, generalmente inerte, resultante de la desintegración natural, desgaste o trituración de rocas, de escorias siderúrgicas convenientemente preparadas para tal fin o de otros materiales suficientemente duros, que permiten obtener partículas de forma y tamaños estables, destinadas a ser empleadas en hormigones (IRAM 1627:1997)

Los agregados fino y grueso ocupan entre el 60 % y 75 % del volumen del hormigón (70 % a 85 % de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del hormigón.



Clasificación de agregados

Por su tamaño

- ✓ **Agregado grueso:** es el agregado que de acuerdo con su tamaño nominal, queda retenido en el tamiz IRAM 4,75 mm (N° 4).



- ✓ **Agregado fino:** es el agregado que pasa por lo menos el 95% el tamiz IRAM 4,75 mm (N° 4), y queda retenido en el tamiz IRAM 75 μm (N° 200).



Propiedades de agregados

Los requisitos de calidad establecidos para los agregados se pueden separar en dos grupos:

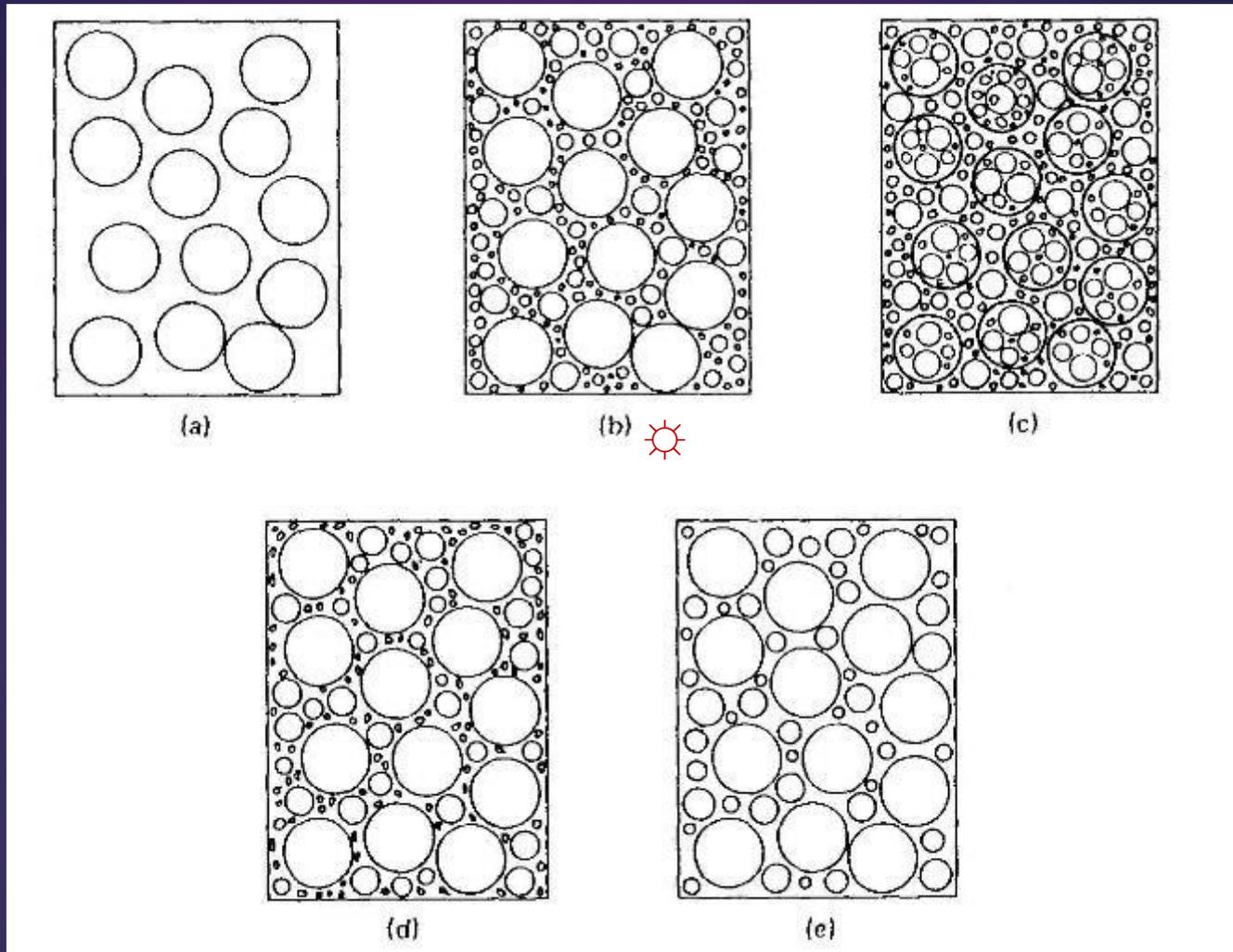
Grupo A: Las partículas deben ser duras, resistentes y durables.

Grupo B: Las partículas deben estar limpias, libres de impurezas, de tamaño y forma adecuadas.

Si el material en estudio no reúnen algunas de las características del Grupo A, no podrá ser empleado como agregados para hormigón, por ser estas características determinantes, y no es posible modificarlas.

Si en cambio no se cumplen las condiciones del Grupo B, las mismas se pueden corregir, por lavado o cribado.

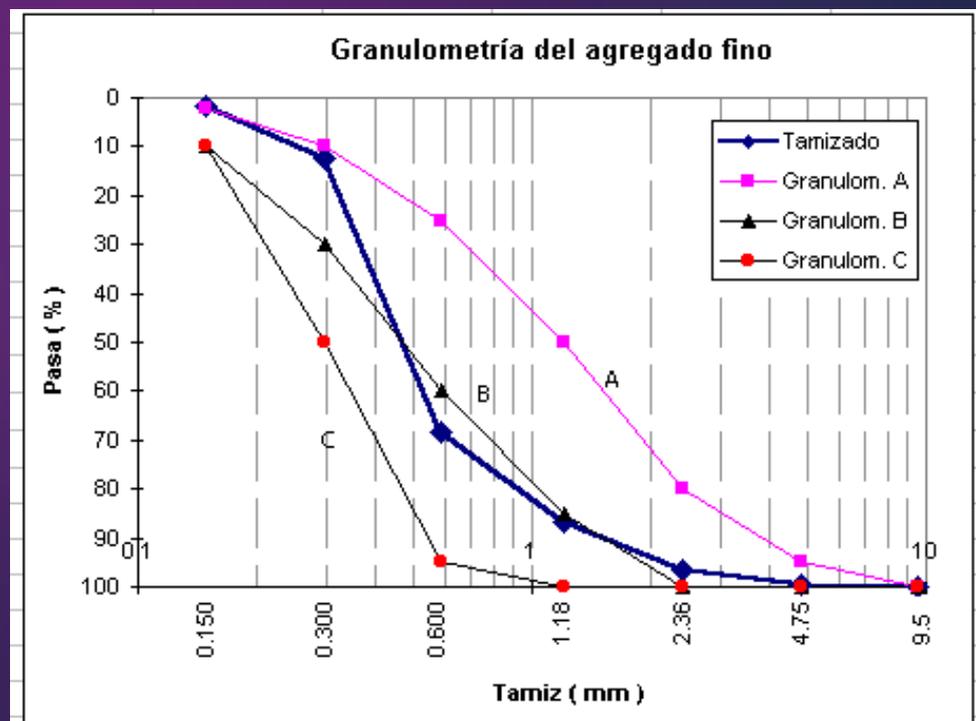
Granulometría de agregados



a) tamaño uniforme, b) granulometría continua, c) reemplazo de tamaños pequeños por tamaños grandes, d) granulometría discontinua y e) granulometría sin finos.

Análisis granulométrico (agregados finos)

Granulometría AF					
Tamiz		Retenido	Retenido	Ret. Acum.	Pasante
(#)	Abertura	(g)	(%)	(%)	(%)
3/8"	9.5	0	0	0	100
4	4.75	6	0.6	0.6	99.4
8	2.36	27	2.7	3.3	96.7
16	1.18	99	9.9	13.2	86.8
30	600 μ m	183	18.3	31.5	68.5
50	300 μ m	562	56.2	87.7	12.3
100	150 μ m	105	10.5	98.2	1.8
Fondo		18		mf AF 2.35	



Aspectos a controlar de los agregados

- ✓ Procedencia
- ✓ Forma
- ✓ Limpieza
- ✓ Granulometría
- ✓ Presencia de sustancias perjudiciales
- ✓ Estabilidad

Límites s/CIRSOC 201:2002

	Agregado fino	Agregado grueso
Partículas desmenuzables, máx.	3 %	2 a 10 %
Partículas blandas, máx.		5 %
Material pasante # 200, máx.	3 a 5 %	1 a 1,5 %
Materias carbonosas, máx.	0.5 a 1 %	0.5 a 1 %
Sulfatos (SO ₃), máx.	0.1 %	0.075 %
Otras sales solubles, máx.	1.5 %	1.5 %
Cloruros, máx.	S/ conjunto de mat. componentes	S/ conjunto de mat. Componentes
Otras sustancias perjudiciales	2 %	5 %
Total otras sustancias perjudiciales, máx.	5 a 7 %	5 %
Materia orgánica, máx.	500 mg/l	
Reactividad potencial	n.r.	n.r.
Partículas lajosas y elongadas		40 %
Desgaste Los Angeles, máx.		30 a 50 %

AGREGADOS NO CONVENCIONALES



AGUA PARA HORMIGONES

Requisitos según IRAM 1601: 1986

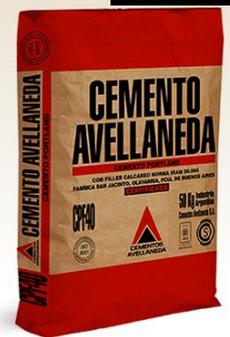
Propiedad	Máximos	
Materia orgánica	3 mg/l (O)	
Residuo sólido	5 g/l	
pH	5.5 < pH < 8	
Sulfatos	1 g/l (SO ₄ ⁼)	
Cloruros	Para emplear en H° simple	2000 g/l (Cl ⁻)
	Para emplear en H° armado convencional	2000 g/l (Cl ⁻)
	Para emplear en H° pretensado	2000 g/l (Cl ⁻)
Hierro	1 ppm (Fe ⁺⁺⁺)	

CEMENTOS

Tipos S/ IRAM 50000

Tipos de cemento y composición

Tipo de cemento	Nomenclatura	Composición (g/100 g)			
		Clinker + sulfato de calcio	Puzolana (P)	Escoria (E)	"Filler" calcáreo (F)
Cemento pórtland normal	CPN	100-90		0-10	
Cemento pórtland con "filler" calcáreo	CPF	99-80			1-20
Cemento pórtland con escoria	CPE	89-65		11-35	
Cemento pórtland compuesto	CPC	98-65	dos ó más, con P + E + F ≤ 35		
Cemento pórtland puzolánico	CPP	85-50	15-50		
Cemento de alto horno	CAH	65-25		35-75	



Clases de cemento según resistencia

Requisitos mecánicos

Categoría	Resistencia a la compresión (MPa)			
	2 d	7 d	28 d	
CP 30	-	mín. 16	mín. 30	máx. 50
CP 40	mín. 10	-	mín. 40	máx. 60
CP 50	mín. 20	-	mín. 50	-



Cementos especiales

S/IRAM 50001

#

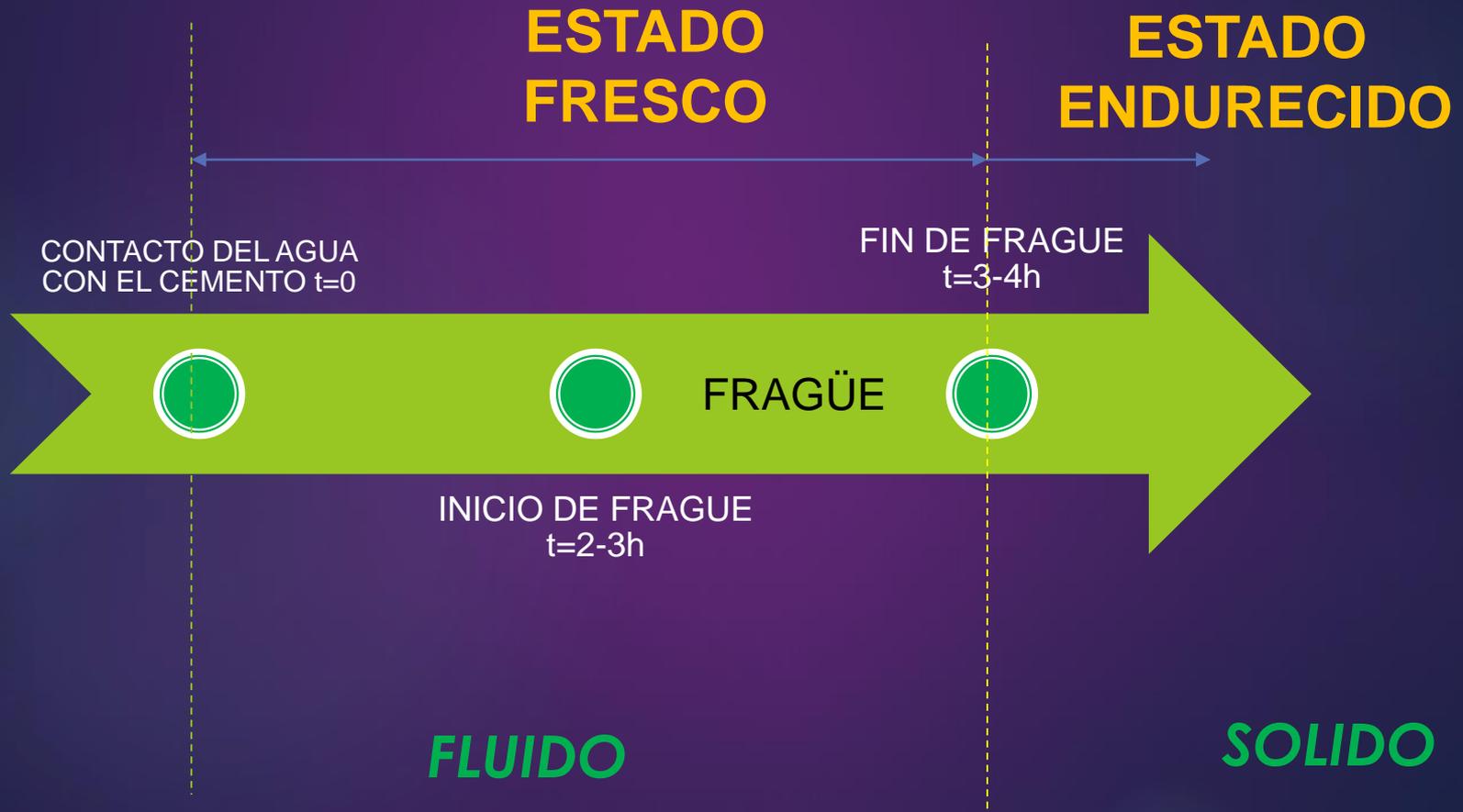
#

#

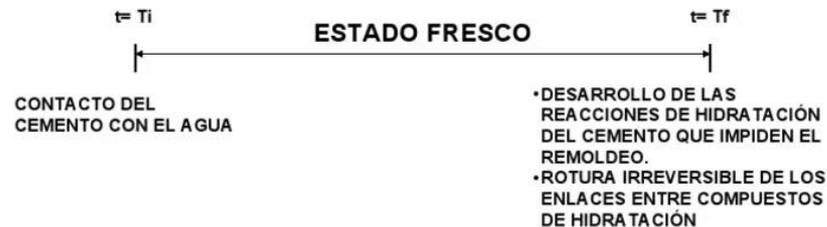
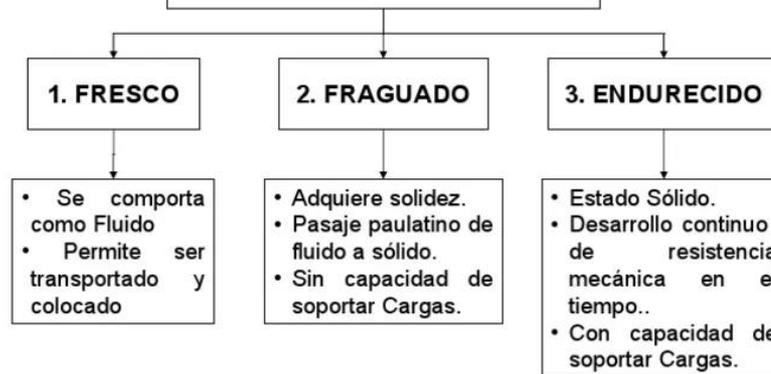
Denominación del Cemento	
ARI	de Alta Resistencia Inicial
MRS	Moderadamente Resistente a los Sulfatos
ARS	Altamente Resistente a los Sulfatos
BCH	de Bajo Calor de Hidratación
RRAA	Resistente a la Reacción Alkali-Agregado
B	Blanco



ESTADOS DEL HORMIGON



ESTADOS DEL HORMIGÓN



FASES EN ESTADO FRESCO

FASE LÍQUIDA: AGUA ADSORBIDA Y ABSORBIDA

FASE SÓLIDA: AGREGADOS + CEMENTO.
VARIEDAD DE DENSIDAD (1 – 4 kg/dm³)
VARIEDAD DE TAMAÑOS (0,1 um – 150 mm)

FASE GASEOSA: AIRE ATRAPADO NATURALMENTE
AIRE INTENCIONALMENTE INCORPORADO

PROPIEDADES DEL HORMIGON FRESCO



Trabajabilidad

- Asentamiento en el tronco de cono de Abrams
- Semiesfera de Kelly
- Mesa de Fro-Bé
- Mesa de Graf



Exudación

PROPIEDADES DEL HORMIGON ENDURECIDO

Resistencia mecánica

Resistencia a
compresión

Resistencia a
flexión

Resistencia a
tracción

Durabilidad

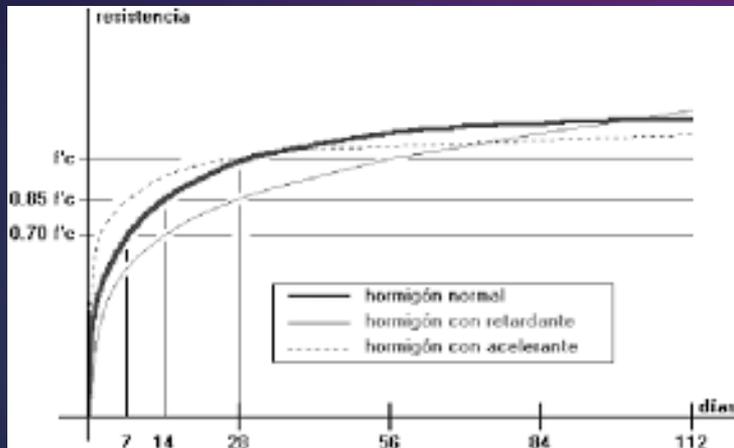
Resistencia a
la intemperie
(heladicidad)

Resistencia a
los ataques
químicos

Estabilidad
volumétrica

Resistencia mecánica del hormigón

▶ Resistencia a compresión



HORMIGÓN

Cirsoc tipifica las clases de Hº de acuerdo a sus resistencias (f'_c)

Para HºAº : calidad mínima H-20

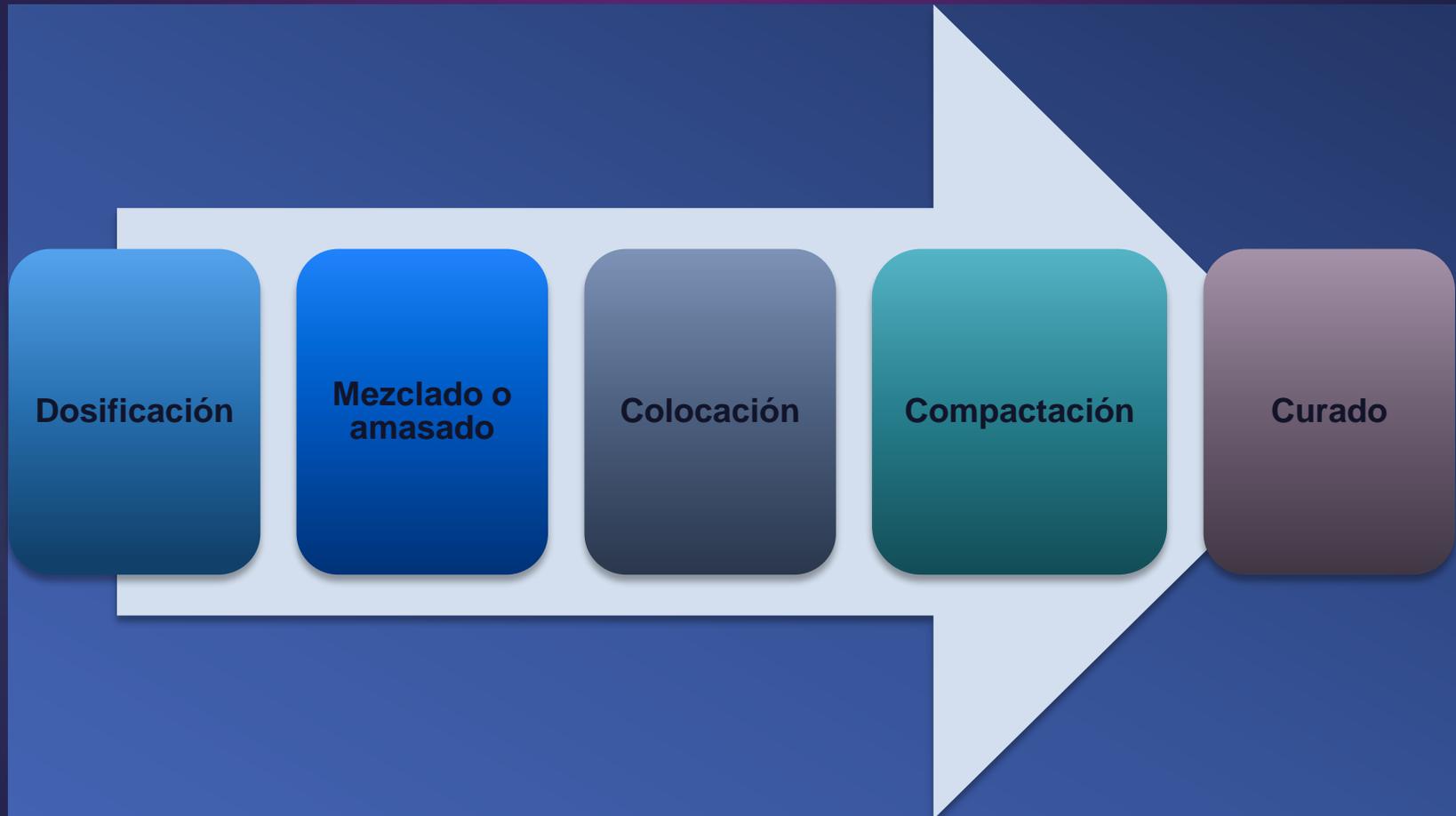
CLASE DE HORMIGÓN	RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN		APLICACIONES EN HORMIGONES
	f'_c Mpa	f'_c Kg/cm ²	
H - 15	15	150	SIMPLES
H - 20	20	200	SIMPLES Y ARMADOS
H - 25	25	250	SIMPLES ARMADOS Y PRETENSADOS
H - 30	30	300	
H - 35	35	350	
H - 40	40	400	
H - 45	45	450	
H - 50	50	500	
H - 60	60	600	

UNIDADES
10 Kg/cm² = 1 Mpa

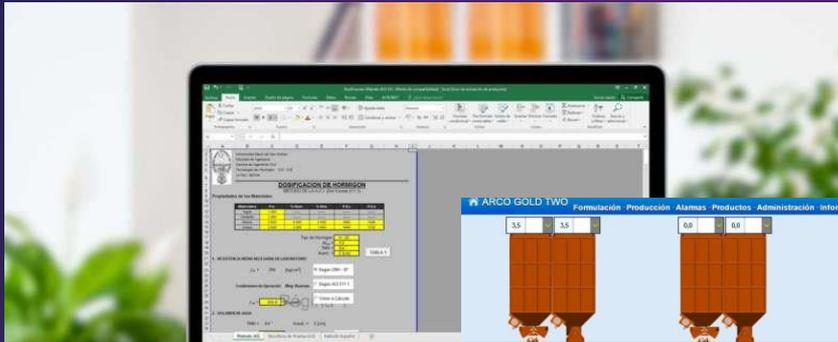
▶ Resistencia a tracción $\approx 0,10$ Resistencia a compresión

▶ Resistencia a flexión $\approx 0,15$ Resistencia a compresión

PROCESO DE PRODUCCION DEL HORMIGON



Dosificación



DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

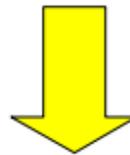
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA P.S.I.	MATERIALES					Usos
		Cemento Kg	Arena m ³	Gravilla m ³	Agua litros	Desperdicio %	
1:2:2	3200	420	0.67	0.67	250	5	Concreto armado. Columnas y vigas
1:2:3	3000	350	0.56	0.8	180	5	Concreto simple Base
1:2:4	2500	300	0.48	0.5	170	5	
1:3:3	2100	300	0.71	0.71	170	5	Concreto reforzado
1:3:4	2000	260	0.63	0.63	170	5	
1:3:6	1500	210	0.50	1	160	5	

Proporción en volumen	Materiales necesarios para preparar 1 m ³ de hormigón			Usos
	Cemento (kg)	Arena (m ³)	Piedra (m ³)	
1:2:3	350	0,500 (1/2 m ³)	0,750 (3/4 m ³)	Piso para tambo, tanques, pilotes.
1:3:3	300	0,650	0,650	Entrepisos de edificios.
1:4:4	235	0,670	0,670	Zapatas, Cimientos

(*) Basada y adaptada de Chandías, 1977.

• CONDICIONES GENERALES PARA DOSIFICACION

Tipo de Condición	Características que deben considerarse	Parámetros Condicionantes
Diseño	Resistencia	Tipo de Cemento Razón W/C
Uso en Obra	Trabajabilidad: <u>Fluidez</u> Consistencia	Dosis de Agua Granulometría total
	Características del Elemento	Tamaño Máximo
Durabilidad	Condiciones Ambientales	Tipo de Cemento Uso Aditivos
	Ataques Agresivos	Dosis Mínima Cemento



Condiciones de partida para dosificación de un hormigón	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipo de Cemento ✓ Uso de Aditivos ✓ Tamaño Máximo ✓ Fluidez ✓ Consistencia ✓ Razón Agua/Cemento
--	--

Métodos de dosificación

- ▶ **Métodos empíricos:** cuando no es estudiada la dosificación y no se tienen en cuenta las características de los materiales componentes y éstos se proporcionan en volumen o peso.
- ▶ **Métodos semiempíricos:** cuando se fija la relación agua/cemento en peso, mientras que los agregados se proporcionan mediante tanteos sucesivos en volumen.
- ▶ **Métodos racionales:** cuando además de fijar la relación agua /cemento en peso, se determinan los contenidos óptimos de cada uno de los componentes en base al estudio de las características físicas de los agregados.

Mezclado o amasado

El amasado del hormigón se puede realizar de **forma manual o de forma mecánica**.

La finalidad del amasado tiene un doble objetivo:

- . RECUBRIR la superficie de las partículas con una capa de pasta de cemento.

- . MEZCLAR bien todos los componentes hasta conseguir una masa uniforme.

El amasado se realiza en mezcladoras u hormigoneras. La mezcla no debe de perder su uniformidad* durante las operaciones de descarga y esto dependerá de la cohesión de la mezcla y de la forma de la hormigonera.



Colocación

Un buen proceso de colocación es el que tiende al llenado completo de los encofrados, en especial en las esquinas, sin alterar la uniformidad del hormigón y con un perfecto recubrimiento de las armaduras de refuerzo (sin vacíos, ni segregación).



Compactación

El proceso de compactación tiene como objetivo obtener la máxima compacidad del hormigón, eliminando huecos y aire atrapado durante la colocación, para asegurar:

- Resistencias mecánicas, densidad e impermeabilidad
- Rellenar completamente los moldajes
- Textura superficial requerida
- Durabilidad

Hay diferentes métodos de compactación, ya sea manuales o mecánicos. Dentro de los mecánicos, los de vibración son los más usados, especialmente el vibrador interno.



Curado

Básicamente el curado de hormigón consiste en mantener la humedad de la mezcla para evitar que se evapore el agua que se necesita para mantener la proporción de agua y de cemento y se complete la reacción química de endurecimiento.

Esto lo podemos conseguir de varias maneras, o bien humedeciendo la superficie de manera periódica para que sea el agua aportada la que se evapora y no la de la mezcla o bien poniendo barreras para evitar que el agua evaporada salga de la mezcla, ayudándole al hormigón a conservar la humedad propia.



CLASIFICACION DE LOS HORMIGONES

HORMIGONES DE PESO NORMAL ($\gamma \approx 2.200 \text{ kg/m}^3$)

HORMIGONES LIVIANOS ($300 \text{ kg/m}^3 < \gamma < 1.800 \text{ kg/m}^3$)

- Hormigones con agregados livianos
- Hormigones celulares o alveolares
 - Hormigones celulares gaseosos
 - Hormigones celulares de espuma

HORMIGONES ESPECIALES

- Hormigones autocompactantes
- Hormigones proyectados o gunitados
- Hormigones compactados a rodillos
- Hormigones resistentes a las radiaciones
- Hormigones translúcidos
- Hormigones porosos
- Hormigones con fibras
- Hormigones de altas prestaciones



Hormigón de espuma



Hormigón de espuma/ Relleno de Densidad Controlada (RDC)



Hormigón celular curado en autoclave
(HCCA)



Hormigón liviano con poliestireno
Expandido en copos



Hormigón con arcilla expandida



Hormigón compactado a rodillo



Hormigón proyectado o Gunitado o shotcrete



Hormigón translúcido



Tomá precauciones

**quedate
en
casa**

UCSF
Universidad Católica
de Santa Fe

¡Gracias por conectarte a esta clase!

#somoscomunidad