

BLOQUE TEMÁTICO 1
UNIDAD TEMÁTICA 1

ELEMENTOS DE
H. A. PUESTA EN
OBRA

**LECCIÓN 1:
HORMIGÓN ARMADO.
CARACTERÍSTICAS.
MATERIALES. OFICIOS**

1.- GENERALIDADES.

- 1.1.- Definición.
- 1.2.- Antecedentes históricos.
- 1.3.- Ventajas e inconvenientes.

2.- INSTRUCCIÓN EHE.

- Título 1.- BASES DEL PROYECTO.
- Título 2.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
- Título 3.- PROPIEDADES. TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES.
- Título 4.- CÁLCULO DE SECCIONES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES.
- Título 5.- EJECUCIÓN.
- Título 6.- CONTROL.

3.- COMPONENTES.

- 3.0.- Básico.
- 3.1.- Propiedades del hormigón
- 3.2.- Tipos de hormigón.
- 3.3.- Condiciones de ejecución.

4.- PUESTA EN OBRA.

- 4.1.- Replanteo.
- 4.2.- Colocación y transporte.
- 4.3.- Compactación.
 - Picado
 - Apisonado
 - Vibrado
 - Centrifugado
 - Inyectado
 - Prensado
 - Al vacío
 - Blindado
 - Proyectado
 - Bajo el agua

4.4.- CURADO.

- Recubierto
- Humedad
- Vapor
- Temperatura

5.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN.

6.- ACABADOS

7.- OFICIOS DE H. A.

- Ferrallista
- Encofrador
- Puesta en obra

1.- GENERALIDADES.

1.1.- Definición.

El hormigón en masa resiste bien a la compresión (piedras naturales), pero ofrece muy poca resistencia a la tracción, siendo un material no idóneo para piezas sometidas a tracción, flexión, cortante o torsión.

Si reforzamos el hormigón en masa disponiendo barras de acero en las zonas de tracción (acero material que resiste perfectamente a tracción), el material resultante es el hormigón armado, capaz de resistir esfuerzos de compresión y tracción, por lo que se ha convertido el hormigón armado, en el material de empleo preferente en numerosas aplicaciones, siendo éstas más amplias que las de cualquier otro material de construcción.

1.2.- Antecedentes históricos.

La HORMIGONERÍA es la CIENCIA y el ARTE de CONSTRUIR EN HORMIGÓN. Y aunque, considerado el HORMIGÓN como un CONGLOMERADO PÉTREO, su origen se remonta a la adolescencia de la historia, la verdad es que la HORMIGONERIA es una ciencia nueva, de poco más de un siglo de vida. Porque el HORMIGÓN, tal y como se le conoce hoy día, nace con el CEMENTO ARTIFICIAL, obtenido por primera vez por ASPDIN en el año 1824. Y aún tardará unos años en salir al mercado, puesto que la primera fábrica de cemento, la de JOHNSON, no inicia su producción industrial hasta el año 1840; y en España, su primera fábrica, la de TUDELA-VEGUIN, no entra en funcionamiento hasta el año 1898.

Y es a partir de entonces, con este nuevo producto en el mercado - CEMENTO-, cuando se inicia esta nueva rama de la CONSTRUCCIÓN: HORMIGONERIA, cuyo desarrollo ha sido tan espectacular y sus campos de aplicación tan importantes que se puede afirmar que la producción industrial de cemento va paralela al desarrollo de los pueblos.

Y es que el CEMENTO ha ido mejorando continuamente sus calidades y variedades, a la par que revalorizando su característica común, que le confiere el hecho de ser CONGLOMERANTE HIDRAULICO: capaz de conglomerar los áridos, mediante su mezcla con agua, y gracias a sus procesos de FRAGUADO y ENDURECIMIENTO, de carácter hidráulico; es decir: que su consolidación pétreo se verifica CON EL AGUA Y EN EL AGUA.

De su uso inicial, limitado a grandes macizos enterrados y ocultos, como avergonzados de mostrar su aspecto y su color gris triste, a su empleo actual, ha habido que vencer grandes dificultades, mejorando las calidades del material y ampliando los conocimientos del mismo. Y así, tras sus primeras soluciones, en las que se mostraba el cemento como mero sustituto de la cal en morteros y conglomerados en masa, pronto encuentra nuevos caminos tras su feliz alianza con el acero, que le permite constituir dos nuevos materiales: HORMIGÓN ARMADO Y HORMIGÓN PRETENSADO. Y es a partir de entonces cuando grandes hombres con verdadera vocación progresista, y cientos de laboratorios en labor continua y monótona, pasan a ser los responsables del presente y futuro de este material, verdadero "material noble" de nuestro tiempo.

El protagonista -el CEMENTO- nació ¡en un tubo de ensayo!..., circunstancia que influyó de forma decisiva en su futuro. Porque, al contrario de los materiales naturales -piedra, madera...- y los artificiales de origen artesanal - adobe, ladrillo...-, su cuna científica le va a permitir el recorrer su caminar a la

mano de la ciencia. Ello explica que un material sin apenas tradición y con tan corta historia, haya sido capaz de producir cambios tan radicales tanto en cuanto a sus **MÉTODOS** como en cuanto a sus **FORMAS**. Y ello como consecuencia de ser el hormigón, en sus variantes de armado o pretensado, el primer material a la vez **FORMACEO** y **ADECUORRESISTENTE**, que se beneficia a su vez de su carácter **FRANGIBLE** (capaz de quebrarse o partirse) Y **TENAZ** (que se pega a una cosa y es dificultoso de separar; que opone mucha resistencia a romperse o deformarse).

1.3- Ventajas o inconvenientes.

VENTAJAS

El triunfo espectacular conseguido por el **HORMIGÓN** en el campo constructivo, pese a su poco más de un siglo de historia, se basa fundamentalmente en:

1. Su carácter **FORMACEO**, que le permite adaptarse fielmente a la forma del encofrado que le da el ser, y que ha fomentado el desarrollo de la fantasía formal.
2. Su **MONOLITISMO**, que elimina todo el problema de enlace, y su **HIPERESTATISMO**, condiciones ambas que confieren a sus estructuras una gran seguridad frente a los sismos y efectos dinámicos.
3. Su **ADHERENCIA** al hierro, su inicial enemigo, con el que se alía para formar el **HORMIGÓN ARMADO** o **PRETENSADO**, nuevo material a la vez **FRANGIBLE** Y **TENAZ**, que ofrece la gran ventaja de ser **ADECUORRESISTENTE**, es decir, que resiste, prácticamente, lo que se quiera y por donde se quiera, de acuerdo con la cuantía y colocación de las armaduras.
4. Su **MASA**, que le permite aceptar formas de predominio de sus tres dimensiones, pero que también es capaz de adaptarse a soluciones de **LÍNEA** o **SUPERFICIE**, en las que sus apariencias contrastan con el aspecto esquelético de las construcciones metálicas.
5. Su **IMPERMEABILIDAD**, propiedad que, unida a la **BASICIDAD** o **ALCALINIDAD** de su masa, permite evitar la **CORROSIÓN** de sus armaduras.
6. Su carácter **PETREO**, base de su **DURABILIDAD**, con buen comportamiento frente a acciones ecológicas y con muy económico entretenimiento, si los materiales son idóneos a su ambiente y su ejecución es correcta.
7. Su resistencia al fuego, ya célebre desde su origen el slogan de **HENNEBIQUE**: "¡No más incendios desastrosos!..."
8. Su **ECONOMÍA**, que le permite adaptarse a condiciones económicas muy variadas al poder jugar con los costos de cemento, áridos, armaduras, encofrados y mano de obra.
9. Su **ADAPTABILIDAD**, que le ayuda a resolver todos los problemas con gran economía de medios. Nace para construir un barco y una maceta, pero hoy día sirve para todo.
10. Su carácter provocador de **INGENIO**, permitiendo siempre soluciones nuevas, improvisaciones de obra e incluso operaciones quirúrgicas de refuerzo o transformación.

11. La posibilidad de utilizar este material como ELEMENTO DE ACABADO (HORMIGÓN VISTO), siendo susceptible de tratamientos que modifiquen y adapten su aspecto a los requerimientos estéticos del proyecto.

INCONVENIENTES

El mayor inconveniente del hormigón es su popularidad y su gran facilidad de ejecución, porque todo el mundo cree saber hacer hormigón y lo único que saben hacer es MAL HORMIGÓN. Y es que en realidad el hacer HORMIGÓN es muy sencillo, pero sabiendo hacerlo, lo cual ya no es tan sencillo. Si el hormigón que se hace no sólo es bueno, sino también IDONEO al caso concreto, sus inconvenientes son más reducidos.

Estos inconvenientes se concretan entonces en:

1. TIEMPO. Necesidad de dar tiempo suficiente para conseguir el correcto fraguado y endurecimiento de los distintos elementos constructivos.
2. CLIMA. Prever el tratamiento adecuado frente a las condiciones meteorológicas durante el hormigonado y edades jóvenes del hormigón.
3. PESO. Gran peso, sobre todo del hormigón fresco, que exige el empleo de encofrados y cimbras resistentes, elevando el costo de los elementos auxiliares, y de la propia estructura como consecuencia de su elevado peso propio.
4. RETRACCIÓN. Cambio de volumen experimentado durante el fraguado y endurecimiento, con peligro de fisuración, variable en función de las condiciones de humedad y temperatura y naturaleza del hormigón.
5. MANO DE OBRA. Empleo de abundante mano de obra, si bien la mayor parte de ella no especializada, pero que precisamente, por eso, es de bajo rendimiento y de costo cada vez menos bajo. Su futuro es la especialización, como paso previo a la mecanización y prefabricación.
6. SECCIONES. Mayores dimensiones en la sección de los elementos resistentes.
7. FALSA ECONOMIA. El falso planteamiento económico que pretende acusar que el buen hormigón es caro, y que el mal hormigón es barato. Lo cual, evidentemente, es falso, ya que el metro cúbico puede que sí, pero con buen hormigón se reduce el peso propio y el kp/cm^2 de resistencia, que es definitiva lo que se paga en una estructura, resulta mucho más barato. El porvenir del hormigón está en la continua mejora de su calidad; los malos hormigones desempeñaron su papel en el pasado; hoy ya no tienen nada que hacer.

2.- INSTRUCCIÓN EHE.

<p>TÍTULO 1.º :</p> <p>BASES DE PROYECTO</p>	<p>Capítulo II :</p> <p>Principios generales y métodos de los estados límites</p>	<p>Art. 5.º Requisitos esenciales Art. 6.º Criterios de seguridad Art. 7.º Situaciones de proyecto Art. 8.º Bases de cálculo</p>
	<p>Capítulo III :</p> <p>Acciones</p>	<p>Art. 9.º Clasificación de las acciones Art. 10.º Valores característicos de las acciones Art. 11.º Valores representativos de las acciones Art. 12.º Valores de cálculo de las acciones Art. 13.º Combinación de acciones</p>
	<p>Capítulo IV :</p> <p>Materiales y geometría</p>	<p>Art. 14.º Principios Art. 15.º Materiales Art. 16.º Geometría</p>
<p>TÍTULO 2.º :</p> <p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL</p>	<p>Capítulo V :</p> <p>Análisis estructural</p>	<p>Art. 17.º Generalidades Art. 18.º Idealización de la estructura Art. 19.º Método de cálculo Art. 20.º Análisis estructural del pretensado Art. 21.º Estructuras reticulares planas Art. 22.º Placas Art. 23.º Membranas y láminas Art. 24.º Regiones D Art. 25.º Análisis en el tiempo</p>
<p>TÍTULO 3º :</p> <p>PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES</p>	<p>Capítulo VI :</p> <p>Materiales</p>	<p>Art. 26.º Cementos Art. 27.º Agua Art. 28.º Áridos Art. 29.º Otros componentes del hormigón Art. 30.º Hormigones Art. 31.º Armaduras pasivas Art. 32.º Armaduras activas Art. 33.º Sistemas de pretensado Art. 34.º Dispositivos de anclaje y empalme de armaduras pretensadas Art. 35.º Vainas y accesorios Art. 36.º Productos de inyección</p>
	<p>Capítulo VII :</p> <p>Durabilidad</p>	<p>Art. 37.º Durabilidad del hormigón y las armaduras</p>

TÍTULO 4° : CÁLCULO DE SECCIONES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Capítulo VIII : Datos de los materiales para el proyecto	Art. 38.º Características de los aceros Art. 39.º Características del hormigón
	Capítulo IX : Capacidad resistente de bielas, tirantes y nudos	Art. 40.º Capacidad resistente de bielas, tirantes y nudos
	Capítulo X : Cálculos relativos a los estados límite últimos	Art. 41.º Estado límite de Equilibrio Art. 42.º Estado límite de Agotamiento frente a sollicitaciones normales Art. 43.º Estado límite de Inestabilidad Art. 44.º Estado límite de Agotamiento frente a cortante Art. 45.º Estado límite de Agotamiento por torsión en elementos lineales Art. 46.º Estado límite de Punzonamiento Art. 47.º Estado límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones Art. 48.º Estado límite de Fatiga
	Capítulo XI : Cálculos relativos a los estados límite	Art. 49.º Estado límite de Fisuración Art. 50.º Estado límite de Deformación Art. 51.º Estado límite de Vibraciones
	Capítulo XII : Elementos estructurales	Art. 52.º Elementos estructurales de hormigón en masa Art. 53.º Forjados Art. 54.º Vigas Art. 55.º Soportes Art. 56.º Placas o losas Art. 57.º Muros Art. 58.º Láminas Art. 59.º Elementos de cimentación Art. 60.º Cargas concentradas sobre macizos Art. 61.º Zonas de anclaje Art. 62.º Vigas de gran canto Art. 63.º Ménsulas cortas Art. 64.º Elementos con empuje al vacío

TÍTULO 6° : CONTROL	Capítulo XIV : Bases generales del control de la calidad	Art. 80.º Control de calidad
	Capítulo XV : Control de materiales	Art. 81.º Control de los componentes del hormigón Art. 82.º Control de la calidad del hormigón Art. 83.º Control de la consistencia del Hormigón Art. 84.º Control de la resistencia del hormigón Art. 85.º Control de las especificaciones relativas a la durabilidad del hormigón Art. 86.º Ensayos previos del hormigón Art. 87.º Ensayos característicos del hormigón Art. 88.º Ensayos de control del hormigón Art. 89.º Ensayos de información complementaria Art. 90.º Control de la calidad del acero Art. 91.º Control de dispositivos de anclaje y empalme de las armaduras postensas Art. 92.º Control de las vainas y accesorios para armaduras de pretensado Art. 93.º Control de los equipos de tesado Art. 94.º Control de los productos de inyección
	Capítulo XVI : Control de la ejecución	Art. 95.º Control de la ejecución Art. 96.º Tolerancias de la ejecución Art. 97.º Control del tesado de las armaduras activas Art. 98.º Control de la ejecución de la inyección Art. 99.º Ensayos de información complementaria de la estructura

3.- COMPONENTES.

3.0.- Básico

Los componentes principales del hormigón son cinco :

1. *Cemento.*

Es el material fundamental de un hormigón. Tanto por función aglomerante y su aportación de resistencia mecánica como por la protección natural que proporciona al acero.

2. *Agua.*

Es un componente esencial del hormigón si está presente en su composición en las proporciones adecuadas.

3. Áridos.

Están recibiendo una atención creciente en el reglamento del hormigón. La EHE proporciona un huso para la aceptación de áridos finos y los define de nuevo al establecer el tamiz de 4 mm como tamaño máximo. La EHE exige un certificado de garantía de los áridos.

4. Aditivos.

La EHE define a los aditivos como sustancias o productos que, incorporados al hormigón antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de una amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso de cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

5. Adiciones.

Las adiciones se han consolidado como un componente habitual en la dosificación del hormigón. Son residuos industriales, por lo que la uniformidad de sus características es un aspecto fundamental de su empleo.

3.1.- Propiedades del hormigón

- Hormigón fresco

- Docilidad o trabajabilidad: índice de su facilidad de transporte y colocación.
- Consistencia (Fluidez): resistencia que opone la masa a su deformación.

Consistencia	Asentamiento cm	Escurrimiento mm
SECA	0 a 2	0 a 40
PLÁSTICA	3 a 5	40 a 70
BLANDA	6 a 9	70 a 100
FLUIDA	10 a 15	100 a 130
LÍQUIDA	> 16	> 130

- Compactibilidad (Acritud): Mayor o menor facilidad que tiene la propia masa para llenar los huecos y hacerse densa.
- Trabazón (Segregación): cohesión que mantiene la homogeneidad de la masa, en reposo o bajo la acción de sacudidas inherentes al transporte y vertido.
- Estabilidad (Sensibilidad): permanencia de las características esenciales de la masa frente pequeñas variaciones de su composición en obra.
- Aptitud: conjunto de propiedades del hormigón que le hacen idóneo y de fácil colocación.

- Adaptación = Índice económico = Resistencia (kp/cm^2) / Euros
 - Madurez: depende de:
 - endurecimiento adecuado
 - curado
 - dosificación
 - tiempo previsto de hormigonado...etc.
 - Tamaño máximo: tener en cuenta:
 - Dimensión menor de la pieza a hormigonar
 - Separación entre las armaduras
 - T.máx. / Radio medio del encofrado = $\theta_{\text{máx}} / R \text{ m} \geq 1.25$
 - $R \text{ m} = \text{Volumen hormigón} / \text{Supf. Ecofrado} + \text{Supf. Armaduras}$
 - Rigidez: relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación.
 - Comportamiento ante temperaturas extremas: pueden alterar el proceso de fraguado e incluso parar el proceso de endurecimiento.
- **Hormigón fraguado y endurecido**
- Resistencias mecánicas:
 - A compresión: $f_c = 100\%$ (Considerable y aprovechable)
 - A tracción: $f_{ct} = 0.57 \cdot f_c \approx 10\%$ (Reducido y no aprovechable)
 - A esfuerzo cortante: $0.5 \cdot (f_c \cdot f_{ct})^{1/2} \approx 15\%$ (Aceptable y aprovechable)
 - Deformabilidad: capacidad que tiene un material para soportar deformaciones sin romperse.
 - Permeabilidad
 - A presión: si el hormigón tiene coqueras.
 - A absorción: por capilaridad, si solo contiene conductos capilares.
 - Adherencia: está en función:
 - naturaleza de la superficie (lisa o rugosa)
 - calidad del hormigón
 - forma de puesta en obra
 - Comportamiento frente a cambios térmicos: el coeficiente de dilatación térmica del hormigón es de 8 millonésimas; el del acero, 11 millonésimas; y el del hormigón armado, 10 millonésimas. En estos valores va incluido el efecto de la humedad. Valor importante a tener en cuenta para la colocación de juntas de hormigonado.
 - Resistencia al desgaste: en general es elevada. Tanto el árido como la pasta deben ser muy resistentes.
 - Peso: densidades variables de 1.000 a 3.000 kg/m^3 . Peso normal $\approx 2.200 \text{ kg/m}^3$.
 - Durabilidad: la compacidad es la mejor arma para mejorar la durabilidad.
 - Compacidad: cantidad de sólido contenido en una unidad de volumen. Puede llegarse a compacidades del 96% (con buena dosificación y sistema de compactación).

3.2.- Tipos de hormigón.

La gran variedad de materiales que pueden emplearse en la confección de un hormigón -cemento, áridos, agua y adiciones-, unido a las posibilidades varias de dosificación, métodos de fabricación, etc., hacen que se puedan obtener

hormigones de muy variadas propiedades, lo cual obliga a plantear siempre la triple pregunta ¿PARA QUÉ se va a emplear el hormigón?... ¿DÓNDE se va a colocar?... ¿CÓMO se va poner en obra?... Y así, en cada caso, la elección recaerá sobre un tipo de hormigón distinto.

Los tipos de hormigón de uso más corriente se clasifican de acuerdo con los siguientes criterios:

A. Por su resistencia

Con objeto de tipificar las resistencias de los hormigones, se recomienda utilizar en el proyecto la siguiente serie:

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| 1. H-50 | 5. H-175 | 9. H-300 |
| 2. H-100 | 6. H-200 | 10. H-350 |
| 3. H-125 | 7. H-225 | 11. H-400 |
| 4. H-150 | 8. H-250 | 12. H-500 |

en la cual los números indican el valor de f_{ck} .

B. Por su tipo, clase y categoría de conglomerantes

- 13. Portland.
 - 13.1. Normal.
 - 13.2. Resistente al yeso.
- 14. Siderúrgico.
- 15. Puzolánico
- 16. Aluminoso.
- 17. Compuesto o de adición.
- 18. Natural.

C. Por el número de conglomerantes

- 19. Hormigón simple.
- 20. Hormigón compuesto.

D. Por la cantidad de cemento.

- 21. Hormigón rico o graso ($> 300 \text{ kg/m}^3$).
- 22. Hormigón pobre o magro ($\leq 300 \text{ kg/m}^3$).

E. Tipo de árido

- 23. Rodado.
- 24. De machaqueo.
- 25. Natural.
- 26. Artificial.

F. Por su granulometría

- 27. Hormigón continuo.
- 28. Hormigón discontinuo.
- 29. Hormigón semicontinuo.
- 30. Hormigón interferido.

G. Por el tamaño máximo de los áridos

- 31. Microhormigón ($O < 5 \text{ mm}$).
- 32. De gravilla ($O < 200 \text{ mm}$).
- 33. De grava ($O < 80 \text{ mm}$).
- 34. Ciclópeo.

H. Por su consistencia

- 35. Seco.
- 36. Plástico.
- 37. Blando.
- 38. Fluido.

I. Por su peso

- 39. Ordinario.
- 40. Pesado.
- 41. Ligero sin finos o monogranular.
- 42. Ligero de áridos ligeros.
- 43. Ligero celular, aireado o aerocluso.

J. Por sus propiedades especiales.

- 44. Refractario.
- 45. Resistente a la abrasión.

K. Por sus adiciones

- 46. Sin adiciones.
- 47. Con acelerante.
- 48. Con retardador.
- 49. Con plastificante.
- 50. Con aireante.
- 51. Con impermeabilizante.
- 52. Con colorante.

L. Por sus armaduras

- 53. En masa ($f_{ck} > 50 \text{ Kp/cm}^2$).
- 54. Armado:
 - Acero normal ($f_{ck} > 125 \text{ kp/cm}^2$).
 - Acero especial ($f_{ck} > 50 + 0,02 f_{yk}$).
- 55. Pretensado ($f_{ck} > 300 \text{ kp/cm}^2$).
- 56. Postensado.
- 57. Con perfiles metálicos (mixto).

Y de acuerdo con esta clasificación se debe señalar siempre qué tipo de hormigón hay que hacer, con TODOS SUS APELLIDOS. Y así, por ejemplo, se dirá: HORMIGÓN DE ÁRIDO RODADO DE $O_{\max} = 40 \text{ mm}$, CON GRANULOMETRIA CONTINUA, PLASTICO DE P-350, de $f_{ck} = 250 \text{ kg/cm}^2$ Y SIN ADICIÓN, PARA ARMAR. Pero claro que tanto dato no es de proyecto, sino de obra, a la hora de hormigonar cada elemento constructivo.

3.3.- CONDICIONES DE EJECUCIÓN

- 1. Las cimbras, encofrados y moldes, así como sus uniones, tendrán la resistencia y rigidez necesarias para su función hasta el endurecimiento del hormigón.
- 2. Se evitará dañar las estructuras ya construidas.
- 3. El suministrado de puntales justificará, garantizará su producto e informará sobre el empleo adecuado de los mismos. (parece razonable

que la garantía se haga documentalmente aunque no lo indique expresamente la EHE.

4. Se prohíbe el empleo de aluminio en las partes de los moldes que estén en contacto con el hormigón. (la razón es el ataque de los álcalis del cemento al aluminio, ataque que se produce con desprendimiento de hidrógeno).
5. Los encofrados y moldes serán suficientemente estancos para evitar pérdidas de lechada o mortero.
6. Los encofrados y moldes se humedecerán para que no absorban agua del hormigón.
7. Se diseñarán de modo que los entumecimientos no produzcan deformaciones.
8. Las paredes estarán limpias y no impedirán la libre retracción del hormigón para evitar fisuras en los paramentos.
9. En el caso de hormigón pretensado deberán soportar la redistribución de cargas provocada por el tensado de armaduras.
10. Deberán permitir la deformación de las piezas hormigonadas (alargamientos, acortamientos y contraflechas).
11. Deberán permitir el correcto emplazamiento de las armaduras y tendones.
12. Deberán poderse retirar sin provocar sacudidas dañinas en el hormigón.
13. Los productos de desmoldeo o desencofrado han de ser expresamente autorizados.
 - a. Estos productos no dejarán retrasos ni han de tener efectos dañinos.
 - b. Estos productos no deben deslizarse sobre superficies verticales o inclinadas de los moldes o encofrados.
 - c. No serán un obstáculo para la adherencia de revestimientos posteriores del hormigón.
 - d. No serán un obstáculo para la realización correcta de juntas.
 - e. Deberán colocarse de modo uniforme.
 - f. Deberá colocarse el hormigón durante el tiempo abierto de los desencofrantes.
 - g. No se utilizarán grasas corrientes, gasóleo o productos análogos para facilitar el desencofrado y desmoldeo.
 - h. En general se utilizarán barnices antiadherentes compuestos de siliconas o aceites solubles en agua o grasa diluida.
14. En elementos de más de seis metros se recomiendan disposiciones que produzcan una contraflecha en la pieza hormigonada.

4.- PUESTA EN OBRA.

4.1.- Replanteo.

1. CONTORNO EXTERIOR DE LA ESTRUCTURA
2. CONTORNO INTERIOR DE LA ESTRUCTURA
3. EJES DE LOS PILARES
4. HUECOS
5. INSTALACIONES
6. COTAS DE LAS ESTRUCTURAS
7. ANCLAJES

4.2.- colocación y transporte.

No ocurre siempre el que la hormigonera esté situada junto al elemento constructivo que se va a hormigonar, sino que lo normal es que una vez amasado el hormigón haya que transportarlo hasta el tajo de hormigonado y luego colocarlo en él. La puesta en obra del hormigón comprende, pues, fundamentalmente, dos operaciones: TRANSPORTE Y COLOCACIÓN.

Transporte

El transporte del hormigón puede hacerse por uno de los siguientes modos:

1. **ACARREADO.** Cuando se transporta en cubos, carretillas, vagonetas, etc., que se mueven A MANO o por medio de MONTACARGAS, BLONDINES o GRUAS DE BRAZO.
2. **PREAMASADO.** Cuando desde la central dosificadora se transporta el hormigón en grandes hormigoneras montadas sobre camiones, efectuándose el amasado durante su transporte en las "hormigoneras-camión".
3. **CANALIZADO.** Cuando la hormigonera vierte sobre canaletas, generalmente realizadas con medios tubos de chapa o tableros, y cuya inclinación ha de ser superior a 15° para que el hormigón fresco escurra.
4. **BOMBEADO.** "Sistemas neumáticos". Son sistemas que emplean tuberías conductoras del hormigón empujado por aire comprimido. Resultan muy económicos y eficientes, sobre todo cuando se trata de colocar el hormigón en sitios prácticamente inaccesibles. Es conveniente el estudio cuidadoso de la granulometría, procurando que los áridos sean finos, y el árido grueso, no muy grueso y más bien rodado. El diámetro de la tubería de conducción será, al menos, igual a tres veces el diámetro máximo del árido. Así mismo, es muy importante la dosificación de agua, ya que el aire comprimido favorece su evaporación. La consistencia debe ser plástica o blanda.

Los sistemas neumáticos permiten colocar hormigón hasta unos 400 m de distancia horizontal en la generalidad de los casos. Cuando hay "obstáculos", es decir, curvas o codos, deberán contarse como una equivalencia horizontal de 10 a 12 m. Cada metro en altura equivale a unos 8 m en horizontal. Se puede llegar a sitios, como revestimientos de túneles, que de otro modo serían muy difíciles de hormigonar; asimismo, para verter hormigones sumergidos. Se recomienda que la manguera no esté situada a más de 3 m del punto de aplicación y que se evite la proyección directa del chorro contra las armaduras. Las curvas serán de gran radio. La tubería debe limpiarse muy bien después de su uso, pues puede presentarse una desfavorable disminución del diámetro interior y la formación de rugosidades inconvenientes. Para ello se introduce una bola en la tubería y se la hace circular por aire comprimido.

5. **TRASLADO,** mediante el empleo de cintas transportadoras para el transporte del hormigón; el sistema es bueno, pero requiere el empleo de una instalación cara, por lo que no suele emplearse.

Cualquiera que sea el medio de transporte elegido, hay que cuidar tres aspectos fundamentales, con objeto de evitar: la SEGREGACIÓN (o separación por tamaños), la PERDIDA DEL AGUA (por EXUDADCIÓN o

EVAPORACIÓN) y la PÉRDIDA DE LECHADA. Y ambas cosas pueden producirse por sacudidas bruscas, vibraciones, empleo de: recipientes, conductos o juntas defectuosas, etc. Y naturalmente es condición fundamental que el tiempo transcurrido desde el amasado hasta su colocación sea menor que el plazo de iniciación del fraguado.

Para COLOCAR el hormigón en los encofrados es preciso efectuar dos operaciones distintas y sucesivas: VERTIDO y COMPACTADO.

El vertido debe hacerse de acuerdo con las siguientes normas:

1. Efectuando el vertido en capas horizontales sucesivas, o "tongadas", de altura inferior a la profundidad efectiva del método de compactación empleado.
2. Ayudando a la masa del hormigón para que penetre por todos los rincones y se compacte.
3. No vertiendo en obra más hormigón que el que puede compactarse de forma eficaz, antes de verter la capa siguiente.
4. No vertiendo directamente desde alturas superiores a 2 m, para evitar el peligro de SEGREGACIÓN.

Con objeto de evitar el peligro de SEGREGACIÓN por vertido desde alturas superiores a 2 m, pueden seguirse dos procedimientos distintos:

1. Vertiendo desde la altura que sea, aun desde más de 2 m, pero cantidades tan pequeñas que no pueda producirse una segregación peligrosa. Es el método que generalmente se emplea en el llenado de pilares, cubo a cubo.
2. Vertiendo en grandes cantidades, pero con ayuda de "trompas de elefante" o "mangueras de plástico", para evitar la caída libre.

Las "trompas de elefante" consisten en una serie de piezas troncocónicas, que se enganchan entre sí, obteniendo un tubo articulado, en el cual el hormigón fresco, al cruzar cada zona estrecha, recibe una acción de reamasado que evita la segregación. Por el contrario, las "mangueras de plástico" son conductos flexibles que evitan la caída libre, transformándola en deslizamiento.

De todos modos, un fenómeno que sucede frecuentemente en el hormigonado de piezas de cierta altura es que en la parte superior de éstas se obtiene un hormigón más fluido por efecto del agua que sube al compactarse. Esto hace que la parte superior de la pieza tenga una resistencia inferior, por lo que debe corregirse en fenómeno empleando hormigón más seco en las últimas tongadas.

En cuanto a las principales condiciones que la EHE establece para la colocación son las siguientes :

1. El hormigón deberá ser autorizado por la D.O.
2. Se evitará la segregación del hormigón.
3. El espesor máx. de las tongadas estará relacionado con los medios de compactación empleados.
4. Cuando se emplee vibrador de superficie el espesor de la tongada acabada no será mayor de 20 cm.
5. Los vibradores de encofrado deberán ser debidamente estudiados y justificados.
6. El revibrado deberá ser estudiado, justificado y autorizado por la D.O.

7. Modo de compactación recomendados por la Comisión Permanente del Hormigón:

Vibrado energético	Consistencia SECA
Vibrado normal	Consistencia PLASTICA
Vibrado normal	Consistencia BLANDA
Picado con barra	Consistencia FLUIDA

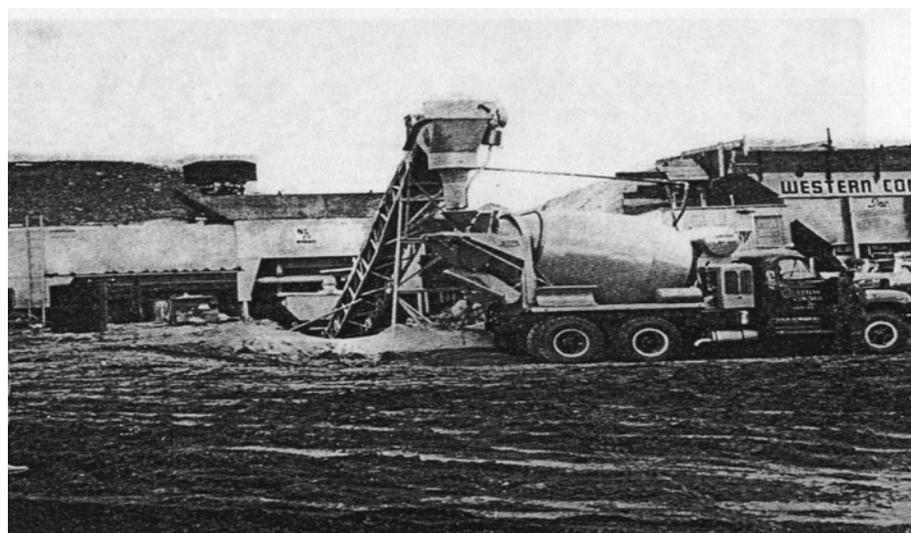
8. Las juntas de hormigonado se situarán en dirección normal a las tensiones de compresión.
9. Las juntas de hormigonado se establecerán preferentemente sobre los puntales de la cimbra.
10. No se hormigonará sobre la junta sin su previa limpieza.
11. No se hormigonará sobre las junta de hormigonado sin la aprobación de la D.O.
12. El empleo de procedimientos especiales para las juntas deberá estar establecido en el PCP.

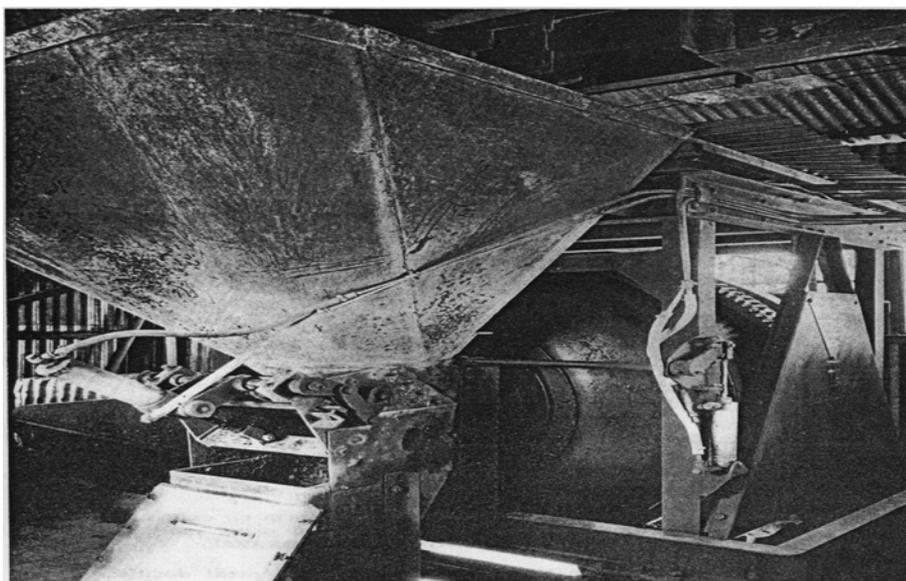
Tiempo frío

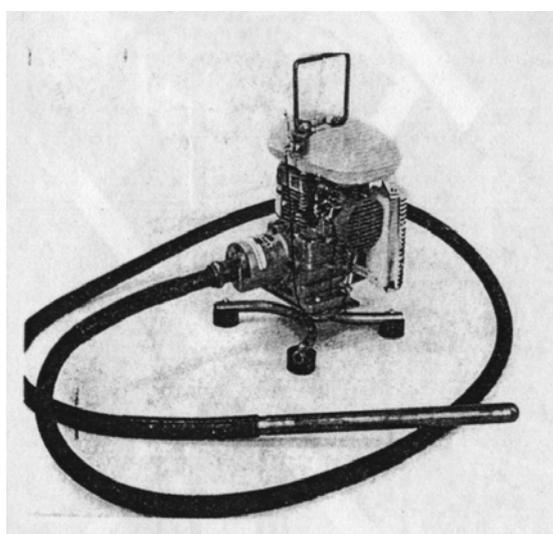
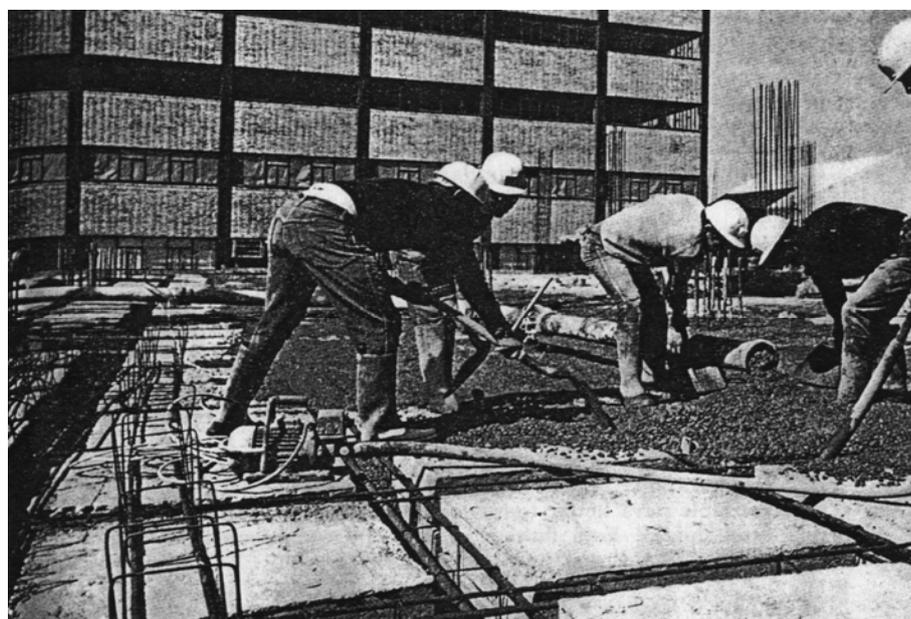
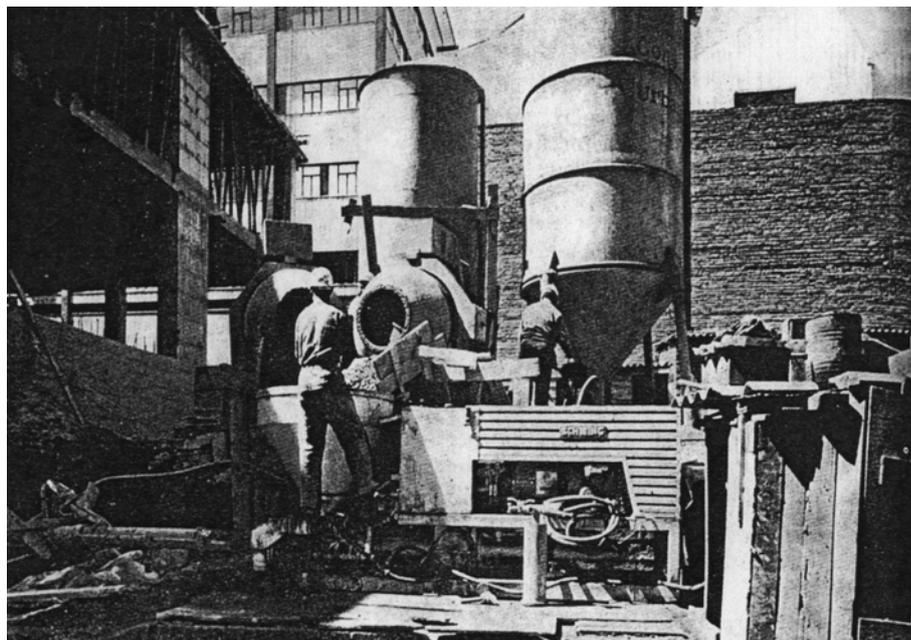
13. La temperatura de la masa de hormigón antes del vertido no será menor de 5°C.
14. No se verterá hormigón sobre encofrados o armaduras a temperaturas inferior a 0°C.
15. No se podrá hormigonar sobre hormigón que se haya helado.
16. Se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que la temperatura ambiente bajará de 0°C en las 48 h siguientes al hormigonado.
17. El empleo de aditivos anticongelantes precisará la autorización expresa de la D.O.

Tiempo Caluroso

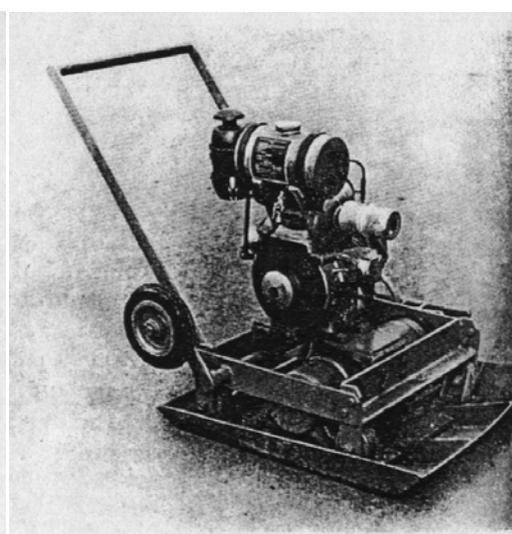
18. En tipo caluroso se evitará la evaporación del agua de amasado.
19. Los moldes deberán estar protegidos del soleamiento.
20. Una vez colocado el hormigón se protegerá del sol.
21. Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura sea mayor que 40°C o haya viento excesivo







Vibrador de aguja



Vibrador de bandeja

4.3.- Compactación.

El COMPACTADO del hormigón, una vez VERTIDO, puede hacerse por distintos métodos, que permiten obtener los siguientes tipos de hormigón:

HORMIGÓN PICADO, mediante una simple barra de acero o pica de madera movida a mano, con la que se pica el hormigón para facilitar su penetración. La profundidad a que debe llegar el picado es tal que penetre hasta la capa inferior ya picada. Se precisan hormigones de gran trabajabilidad y plásticos o blandos. Es técnica corriente el golpear simultáneamente los encofrados con mazas de madera. El picado de tongadas horizontales se hace moviendo la pica verticalmente, pero en vigas debe hacerse con una inclinación tal que el picado se efectúe normalmente al frente de la masa.

1. **HORMIGÓN APISONADO**, es decir, compactado mediante golpes de pisón. Es preferible dar muchos golpes suaves que pocos demasiado fuertes. Su radio de acción alcanza unos 15 cm, por lo que éste debe ser el espesor de las tongadas cuando se emplea este procedimiento de compactación.
2. **HORMIGÓN VIBRADO**, es el procedimiento más eficaz para conseguir una buena COMPACTACIÓN sin tener que recurrir a altas dosificaciones en cemento. El efecto del vibrado es anular el rozamiento entre los granos, a fin de que se coloquen en una posición definitiva más estable y de mayor compacidad. El vibrado exige el empleo de hormigones secos, lo cual beneficia su resistencia. Los diferentes tipos de vibradores, frecuencias, ventajas e inconvenientes se reseñada en la **tabla XV del Apéndice**.
3. Los mejores hormigones para vibrar son los seco-plásticos. Mientras más seco sea un hormigón, mejores posibilidades presenta a la vibración. Por el contrario, los hormigones blandos o fluidos no deben vibrarse, porque el exceso de agua favorece la segregación.

Así, quien dice que si se empeora el hormigón echándole agua podrá mejorarlo luego con el vibrador, no está en lo cierto, porque al fluir a la superficie superior ese exceso de agua, produce capas de hormigón de muy baja calidad.

Tal como sucede en el picado con barra, el vibrador debe coser las capas subyacentes, por lo que tales capas tendrán unos 50 a 60 cm. Se ha dicho que es inconveniente aplicar el vibrador a las armaduras, y es verdad, porque las separa del hormigón; sin embargo, se pueden tocar con tal que en la última pasada del vibrador no haya contacto alguno con las armaduras. El vibrado se interrumpe cuando la capa superior presenta un cierto grado de brillantez o humectación brillante.

Los valores óptimos, tanto de duración del vibrado como de la distancia entre los sucesivos puntos de inmersión, depende de la consistencia de la masa, de la forma y dimensiones de la pieza y del tipo de vibrador utilizado, no siendo posible, por tanto, establecer cifras de validez general. Como orientación puede señalarse que la distancia entre puntos de inmersión debe ser la adecuada para producir, en toda la superficie de la masa vibrada, una humectación brillante, siendo preferible vibrar en muchos puntos por poco tiempo a vibrar en pocos puntos más prolongadamente.

En general, el tiempo de vibrado viene a ser:

90 segundos para 4.000 r.p.m.

45 segundos para 5.000 r.p.m.

25 segundos para 6.000 r.p.m.

Las frecuencias bajas ponen en movimiento los granos más gruesos, y las frecuencias altas actúan sobre los granos finos. Por eso el tipo ideal de vibrador más efectivo es el de "frecuencia variable".

También se ha dicho que no se debe vibrar el hormigón que ya ha empezado a fraguar. A pesar de ello, desde hace unos veinticinco años se viene experimentando el REVIBRADO DEL HORMIGÓN, con resultados francamente sorprendentes. Experimentos franceses hechos sobre hormigones que ya han empezado a fraguar han dado aumentos de resistencia tanto a compresión (45%) como a tracción (35%); ensayos similares rusos han conseguido aumentos del orden del 70%.

4. **HORMIGÓN CENTRIFUGADO.** Es un medio de compactación limitado a elementos prefabricados, generalmente tubos. No conviene usarlo con dosificaciones inferiores a 350 kg/cm³ de cemento, pero sí con un poco más de agua de la necesaria, ya que durante el proceso se elimina parte de ésta, y de ahí su ventaja.
5. **HORMIGÓN INYECTADO.** Es una técnica reciente, con la que se consiguen hormigones muy impermeables, al ser muy compactos y sin apenas retracción. El procedimiento consiste en rellenar el encofrado con el árido grueso en seco y luego inyectar a presión el mortero para que rellene los huecos del árido grueso. Condición indispensable para llenar todos los huecos es que el mortero tenga una gran fluidez. Esta fluidez se consigue fundamentalmente por dos procedimientos patentados: COLCRETE Y PREPAKT.

El sistema PREPAKT se basa en un método químico, añadiéndole el mortero ALFESIL y un aditivo. El ALFESIL son cenizas volantes de carácter puzolánico (hierro, alúmina y sílice), y el aditivo evita la floculación, retarda el fraguado y disminuye la segregación.

Con cualquiera de los dos procedimientos hay que emplear grava bien lavada y totalmente exenta de polvo, y el árido fino ha de tener un diámetro máximo inferior a la décima parte del diámetro mínimo de la grava ($O < 2$ mm).

6. **HORMIGÓN PRENSADO.** Permite, por presión en prensa, el poder compactar hormigones muy secos (técnica de fabricación de baldosas) o el poder quitarle parte del agua añadida para conseguir su trabajabilidad.
7. **HORMIGÓN AL VACÍO.** Consiste en extraer el agua al hormigón mediante ventosas que se colocan sobre la superficie de éste y se comunican a una bomba de vacío. Se recupera el agua en un tiempo proporcional a la dimensión de la pieza. Antes de llegar a la bomba, los conductos de vacío pasan por un tanque de sedimentación, en donde se recoge el agua extraída. Al aplicar el vacío se producen dos fenómenos: 1.º, la presión atmosférica, actuando sobre el hormigón, lo comprime; 2.º, al mismo tiempo, el agua se escapa y pasa a los conductos de vacío a través de las ventosas.

El hormigón queda, entonces, con una estructura diferente a la inicial, formando sus partículas un microesqueleto en el que los canalillos capilares llenos de agua tienen un calibre mucho menor que al inicio del tratamiento. Según I. Leviant, un hormigón con 0,50 de relación a/c llega a tener, después del tratamiento al vacío, una relación a/c del orden de 0,30.

En el extremo de los conductos capilares que comunican con la atmósfera se forman, una vez realizado el tratamiento al vacío, meniscos de un radio de curvatura de 1,5 a 2 micras, correspondiente a la diferencia de presiones

entre la atmósfera y el interior del hormigón (que es teóricamente de 1 kg/cm^2). Estos meniscos aprietan al microesqueleto como una vaina, logrando en cierto modo un estado de "pretensado", en el que los alambres son los filamentos líquidos, y los conos de anclaje, los meniscos. De aquí resulta que hay una resistencia a la compresión inmediata del orden de $1,5 \text{ kp/cm}^2$, y de $0,25 \text{ kp/cm}^2$ a la tracción.

Al extraer el agua del hormigón, el cemento no es absorbido por las ventosas, y a fin de evitarlo están provistas de filtros. Este queda, sin embargo, más denso en la superficie de la masa, lo cual es útil en caso de que se desee dar una superficie más bien acabada, pero en exceso puede ser pernicioso. Si la diferencia de contenido es grande, en las diferentes capas de la pieza puede haber retracción diferencial, lo cual es perjudicial.

El encofrado debe ser estanco, resistente y fácilmente desmontable. El hormigón es, al final del tratamiento, más compacto, pues se reduce la relación a/c en $1/3$ aproximadamente, aumenta la impermeabilidad y la durabilidad. La compacidad que se produce hace que resulte bien para la prefabricación. El desencofrado puede hacerse inmediatamente.

8. **HORMIGÓN BLINDADO o PERCOLADO.** Es una variante del hormigón inyectado, que se emplea en la construcción de pavimentos de carretera. Consiste en colocar el adoquinado en seco, y luego verter una lechada o mortero que penetra en los huecos por gravedad.
9. **HORMIGÓN PROYECTADO o GUNITADO,** que consiste en lanzar a presión el hormigón sobre la pieza a hormigonar, y realizar ésta por superposición de capas de reducido espesor. Es técnica corriente en la construcción de revestimientos, estructuras laminares..., o cualquier otro tipo de obra en la que domina la superficie y el espesor es reducido.
10. **HORMIGÓN BAJO EL AGUA:** no deberá hormigonarse nunca cuando la velocidad del agua sea mayor de 3m/seg , ni tampoco con temperaturas menores de 2°C . Pero en aguas tranquilas y templadas puede hormigonarse con ayuda de mangueras.

4.4.- Curado.

Para obtener un buen hormigón no basta que los materiales utilizados sean de alta calidad, que su dosificación sea perfecta y que su fabricación y puesta en obra tenga una ejecución magistral. Además, es necesario que durante el período de tiempo que comprende el FRAGUADO y ENDURECIMIENTO el medio ambiente posea condiciones especiales de humedad y temperatura.

El complejo de reacciones químicas y fenómenos de hidratación que constituyen la esencia del fraguado y endurecimiento del hormigón necesita la presencia del agua como elemento reaccionante y catalizador. El curado del hormigón consiste, pues, en disponer unas condiciones ambientales que garanticen la continuidad del proceso físico-químico, lo aceleren y anulen en lo posible los efectos de retracción y fisuración dentro de su masa.

El proceso es claro y sencillo: tanto la humedad como la temperatura son "catalizadores" del proceso de fraguado y endurecimiento; y como al mismo tiempo los cementos son conglomerantes "hidráulicos" que fraguan y endurecen con el agua y el agua, todos los métodos de curado se basan en conseguir que no le falte agua al hormigón.

En realidad, para su amasado se emplea siempre mayor cantidad de agua que la estrictamente necesaria para combinarse con los componentes hidráulicos

del cemento, ya que éste sólo precisa de una cantidad igual a 0,28 de relación agua/cemento. Pero esta agua de más empleada para su amasado se le va al hormigón:

1. Cuando la temperatura del aire es superior a la de la masa del hormigón.
2. Cuando la humedad del aire es escasa.
3. Cuando la superficie del hormigón es azotada por el viento seco y caliente.

Por todo ello, las formas de curado son cuatro, según que tiendan a tapar, regar, vaporizar o calentar al hormigón:

1. Curado por recubrimiento

El método es aplicable en zonas cálidas, y consiste simplemente en tapar el hormigón con láminas de plástico o con pinturas especialmente impermeables, que se autodestruyen con el tiempo. El calor puede producir la evaporación de parte del agua de amasado del hormigón, que satura la cámara de aire existente entre el hormigón y plástico, que moja a la superficie del hormigón durante el día, y que al enfriarse el aire durante la noche vuelve a ser absorbida esa humedad por el hormigón.

Este procedimiento de curado, si se aplica nada más verter el hormigón, tiene la ventaja de eliminar otro problema típico que se produce en las regiones cálidas: la "fisuración plástica". Este fenómeno consiste en la aparición de pequeñas fisuras en la superficie del hormigón fresco, en sus primeras tres horas, como consecuencia de que la velocidad de evaporación del agua excede a la velocidad a la que la humedad sube a la superficie.

2. Curado por humedad.

La técnica normal a emplear en obra es la del regado con agua, por lo menos durante los siete primeros días, aunque lo ideal es prolongarlo hasta los 28 días. Este simple tratamiento asegura la suficiente estabilidad volumétrica y la resistencia del hormigón.

Con objeto de evitar el fuerte soleamiento directo durante el verano y la evaporación del agua de curado, se cubre la pieza hormigonada con arpilleras empapadas de agua. Como es lógico, este tipo de curado no es necesario en ambientes húmedos, pero es indispensable en climas secos y calurosos.

Y en estas regiones cálidas, ¿cuánto de regarse el hormigón?... Si se hace durante el día, a pleno sol, como la temperatura del aire es superior a la del hormigón, la humedad le dura muy poco tiempo al hormigón, pero como la temperatura es alta, el tiempo que dure esa humedad es más efectiva; si se riega en estas condiciones, el regado debe ser más intenso y prolongado. Es el tiempo de regado conveniente a las pocas horas, porque evita los peligros de fisuración.

Por el contrario, si se riega a primeras horas del día, como la temperatura del hormigón es entonces inferior a la del aire, basta aportar menor cantidad de agua para que la humedad le dure al hormigón más tiempo y le penetre en toda su masa. Y si se riega al atardecer, toma pero el agua, pero al ser menor la evaporación, su superficie permanece mojada más tiempo. Por todo ello, cabe señalar las siguientes recomendaciones:

1. En las primeras horas del endurecimiento, debe regarse a las horas de más calor, para evitar fisuraciones por retracción.
2. En los primeros 7 días debe regarse por la mañana y por la tarde.
3. Del 7.º al 15.º día, sólo puede regarse por la mañana.
4. Hasta los 28 días debe seguirse el proceso de curado por riego, aunque ya con menor intensidad y frecuencia.

5. Cuanto más se riegue un hormigón, mucho mejor. Por ello, en el caso extremo, el riego por inmersión en agua es el más efectivo, y tanto más cuanto más calor haga.

Hay que tener en cuenta que el curado no debe iniciarse hasta que el hormigón no ha fraguado. En obra es clásica la frase: "no regar hasta que tire", porque si no, el agua lava el hormigón y se lleva la lechada.

Si durante el proceso de curado se produjesen heladas, hay que proteger el hormigón de ellas. Y recordar que la helada suspende el fraguado y que a efectos de desencofrado es necesario contar por no pasado el día en que se dé. Cuando la temperatura ambiente esté entre 0° C y 5° C se aconseja contar como medio día sólo.

Los efectos de helada se evitan tratando el hormigón con agua caliente (a 60° C), con lo cual se acelera el proceso de endurecimiento (por cada + 10° C se multiplica por dos la velocidad de reacción). De todos modos conviene tener en cuenta que el fraguado es una reacción exotérmica, y en grandes masas el desprendimiento de calor llega a ser importante. El encofrado de madera constituye un buen abrigo en tiempo frío.

En las fábricas de elementos prefabricados, es técnica corriente el riego por inmersión, consistente en introducir las piezas, una vez fraguadas, en grandes balsas de agua, donde permanecen de tres a siete días con objeto de favorecer el endurecimiento del hormigón.

3. Curado por vapor.

Es un proceso más perfecto que el de simple humectación, y que puede realizarse: con vapor a presión normal, o con vapor a presión (en autoclave). Este último procedimiento es el más efectivo, pero su precio lo hace prohibitivo en obra.

En obra, cuando es rentable la rapidez de ejecución, es imprescindible el uso del tratamiento por vapor normal; las temperaturas alcanzadas son más bien moderadas y están comprendidas entre los 50 y los 70° C. Este mismo procedimiento se aplica en prefabricación de hormigones, pero con temperaturas generalmente superiores (de 70 a 90° C). Pero es preciso que el vapor esté totalmente saturado para evitar que le que el agua al hormigón. El período de cura normal es de 8 a 24 horas.

El tratamiento en autoclave se utiliza cuando se pretende conseguir calidades especiales, como alta resistencia inicial y final. Su campo de aplicación más generalizado es el de los hormigones celulares (Ytong, Siporex...).

El curado al vapor consigue acelerar el proceso de endurecimiento, y el hormigón puede adquirir a los tres días la resistencia equivalente a los 28 días en proceso normal. Se consiguen, pues, altas resistencias iniciales, permitiendo el rápido desencofrado y puesta en carga del elemento.

Cuando se aplica este tipo de tratamiento, hay que tener en cuenta cuatro factores, de los que dependen los resultados obtenidos:

1. El tiempo de espera (T_1), que es el tiempo que tarda el hormigón en "tirar".
2. El calentamiento, o velocidad (V_1) de incremento de la temperatura (15 a 20° C por hora).
3. Temperatura máxima alcanzada (T_{max}) y tiempo de aplicación (T_2) (90° C y de 1 a 8 horas).
4. Enfriamiento (lo más lento posible).

Cuanto mayor es T_{max} mayor es la pendiente inicial de la curva tiempo/temperatura. Pero después de conseguir esta aceleración inicial, debe cuidarse el enfriamiento, que puede echar todo a perder.

5. Curado por temperatura

Consiste en hacer que el hormigón esté más caliente que el aire que le rodea, y exige que el aire esté cargado de humedad y que el hormigón sea muy compacto, ya que si no se desecaría rápidamente. Es método empleado en prefabricación, haciendo pasar una corriente eléctrica por sus armaduras, que se calientan por el efecto Joule. Es técnica poco usada, por su elevado costo.

En cuanto al curado la EHE establece las siguientes consideraciones para el curado del hormigón :

1. Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, debe asegurarse el adecuado curado.
2. Se podrá efectuar por riego directo que no se produzca deslavado.
3. El agua empleada cumplirá las especificaciones (EHE, 27°).
4. Se podrá utilizar como alternativa protecciones del hormigón que garanticen la retención de la humedad inicial y no aporten sustancia nocivas.
5. Las técnicas especiales (vapor) precisará de la autorización de la D.O.

Para la duración del curado, la Comisión Permanente del Hormigón proporciona el método siguiente :

$$D=KLD_0+D_1$$

Siendo :

D duración mínima en días

K coeficiente de ponderación ambiental

K coeficiente de ponderación térmica.

D_0 parámetro básico de curado

D_1 parámetro de función del tipo de cemento

5. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN

En todos los tratamientos superficiales es preciso saber elegir el momento preciso para su ejecución, pues si se ejecuta demasiado pronto se corre el peligro de arrancar los granos de árido de la masa del hormigón, y si se hace demasiado tarde se encarece el trabajo y desgaste de herramientas. Solamente el hormigón lavado hay que ejecutarlo nada más desencofrado cuando el hormigón está aún fresco.

El aspecto de la superficie del hormigón visto es, en principio, determinado por el mortero. Por ello, el color de la arena y el tono más o menos claro del cemento son de mayor importancia que el color de las gravillas y gravas. Las diferencias de coloración de éstas sólo aparecen tras el tratamiento superficial de lavado, talla o pulimento.

Como se comprende fácilmente, la posibilidad de acumulación de sales y polvo sobre las superficies rugosas de los hormigones tallados, aconseja proteger su superficie con una capa de productos incoloros hidrófugos, tales como las siliconas o los fluoruros. Así, sus superficies pueden ser fácilmente lavadas, función que puede ejercer la propia agua de lluvia. Antes de dar estas capas protectoras, el hormigón debe estar completamente limpio y seco.

1. Hormigones al chorro de arena

El chorro de arena destruye la capa superficial de lechada, eliminándola de entre los granos, y dejando una superficie más o menos rugosa según la dureza del hormigón y presión de la arena. Los granos desnudos que quedan aparentes, son los responsables de esta rugosidad.

El tratamiento debe realizarse una vez terminado el proceso de fraguado e iniciado el de endurecimiento.

2. Hormigón lavado

Consiste en tratar con chorro de arena la superficie de hormigón que aún no ha terminado de fraguar, con objeto de eliminar el mortero y dejar una capa de grava aparente. Es evidente que un elemento constructivo desencofrado tan prematuramente es incapaz de aguantar ningún peso, por lo que si se trata de elementos estructurales, lo que se hace es untar los encofrados con retardadores que eviten el fraguado de la capa superficial. De todos modos, es técnica que se emplea casi exclusivamente en piezas moldeadas en taller y horizontalmente.

3. Hormigón tallado

Los métodos de talla más corrientemente aplicados son: bujardeado, cincelado, arañado y apiconado, y que según sus formas de aplicación pueden ofrecer efectos de contraste más o menos acentuados, reforzados por los juegos de luz y sombra. Este tipo de tratamiento hay que realizarlo sobre el hormigón ya suficientemente endurecido, y no antes de 3 a 4 semanas, según el tipo de cemento.

4. Hormigón pulido.

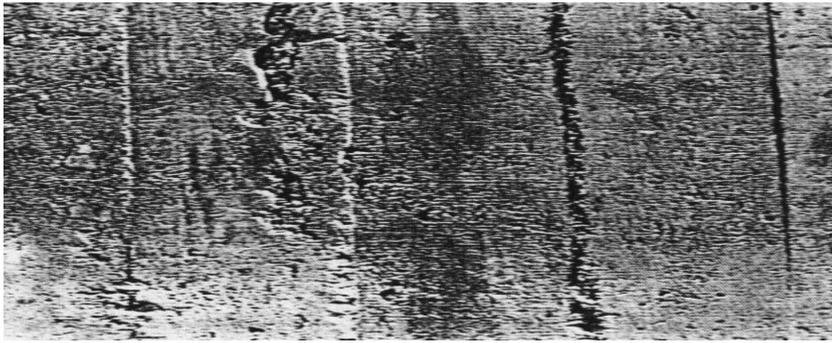
Con el pulido el hormigón adquiere sus más bellas apariencias, pero por su dureza esta operación es costosa y sólo posible de aplicar industrialmente en superficies planas, con máquinas pulidoras que ejercen gran presión sobre la superficie horizontal. En obra, sobre superficies verticales planas, o sobre superficies curvas es antieconómico, ya que, al no poderse dar presión, es necesario hacer el trabajo a mano.

Su campo idóneo de aplicación es en los terrazos, hechos en baldosas de pavimento o placas de revestimiento.

Cualquiera que sea el tratamiento superficial producido, la superficie exterior puede dejarse tal cual, o sufrir tratamientos especiales a base de:

1. ENDURECEDORES DE SUPERFICIE, que tienden a producir de forma efectiva y rápida el incremento de la dureza superficial, con los beneficios que ello implica, sobre todo del lado de la durabilidad. Los procedimientos más conocidos son los siguientes:
 - a) Silicatación, con empleo de silicato sódico o potásico.
 - b) Fluatación, mediante fluosilicatos de magnesio, cinc y aluminio.
 - c) Ocratización, con el que se consigue la mayor penetración, por tratarse con un gas, el tetrafluoruro de sílice.
 - d) Carbonatación, que por acción del CO_2 se activa el proceso natural.
2. PINTURAS, siempre permeables, a no ser que se pueda garantizar la sequedad total del hormigón.
3. BARNICES o LACAS.
4. CERAS, en hormigones pulidos, que refuerzan su color y brillo.

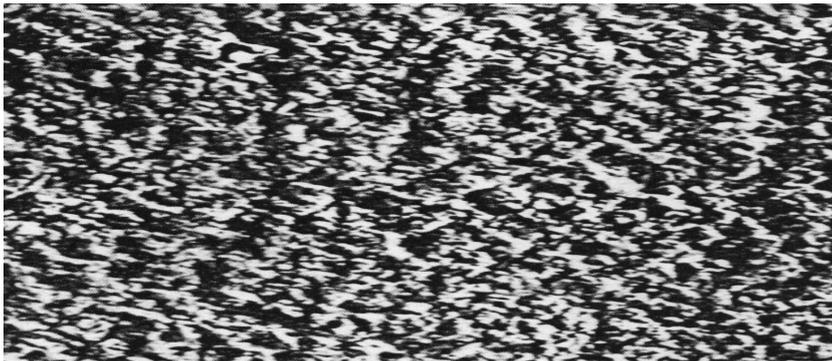
6. ACABADOS



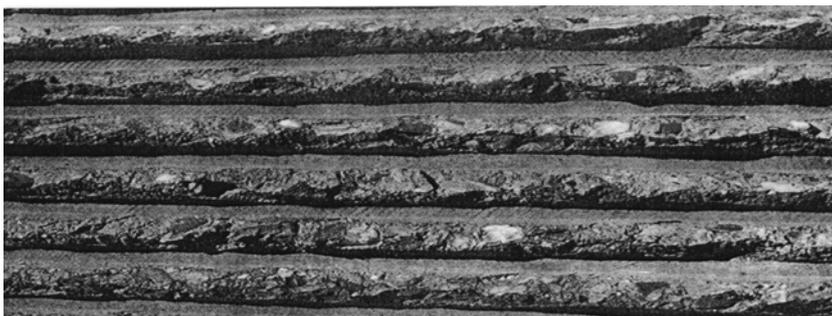
Hormigón visto



Hormigón lavado



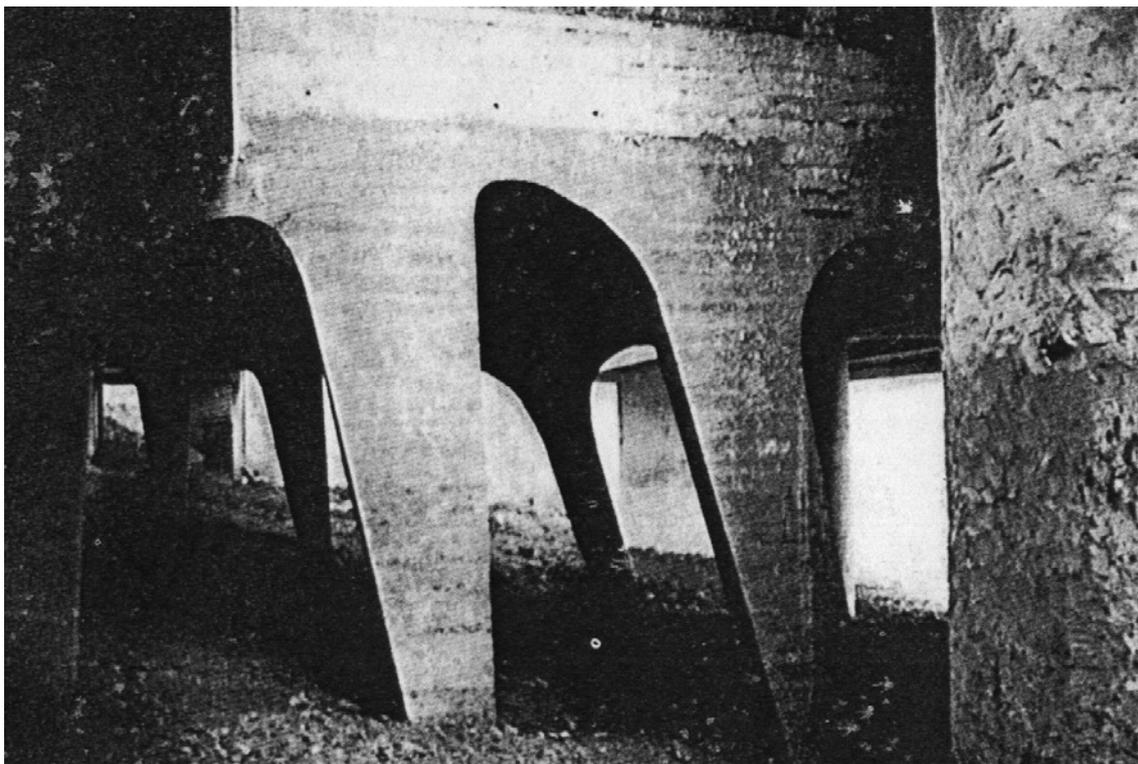
Hormigón tallado



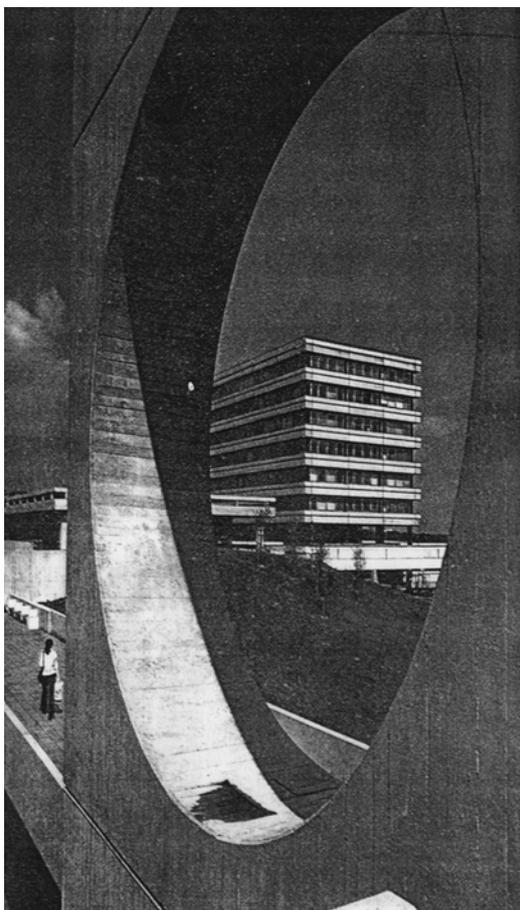
Hormigón con texturas
irregulares



Hormigón pulido

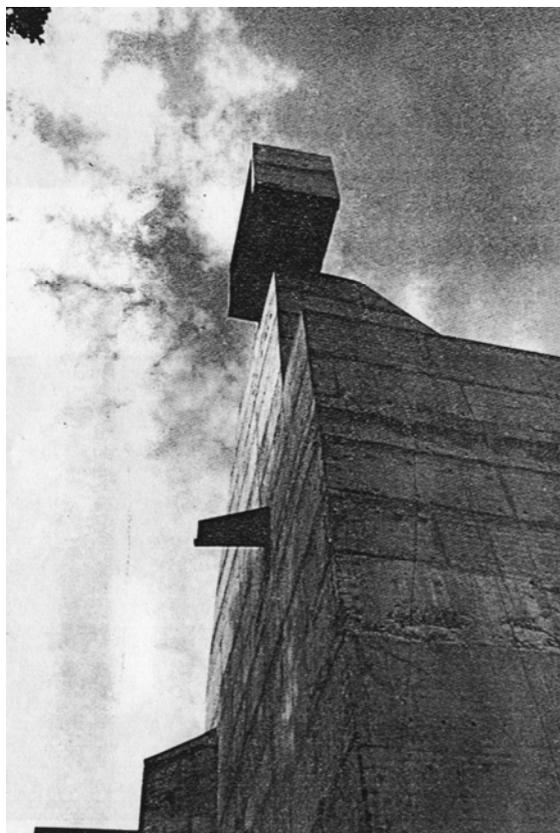


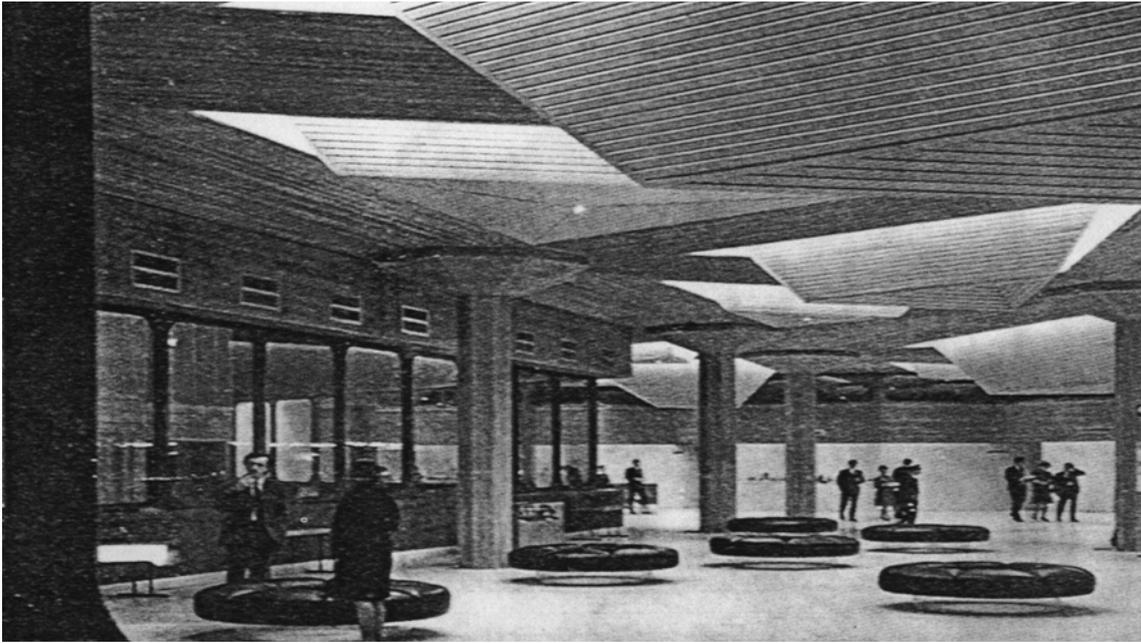
Hormigón visto "bruto"



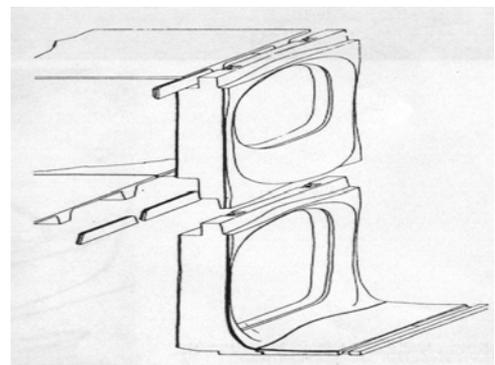
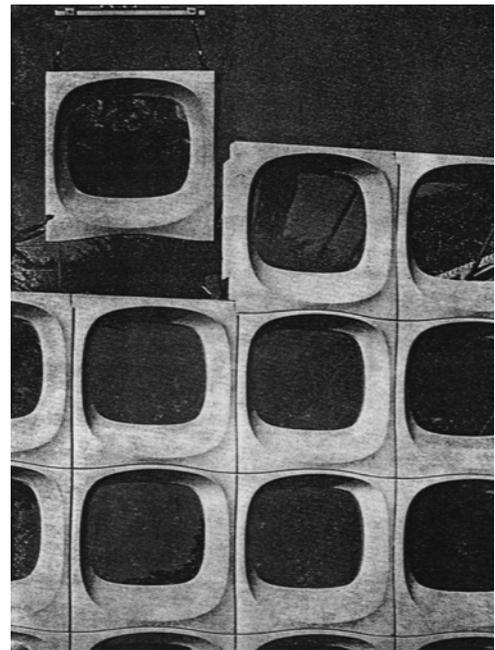
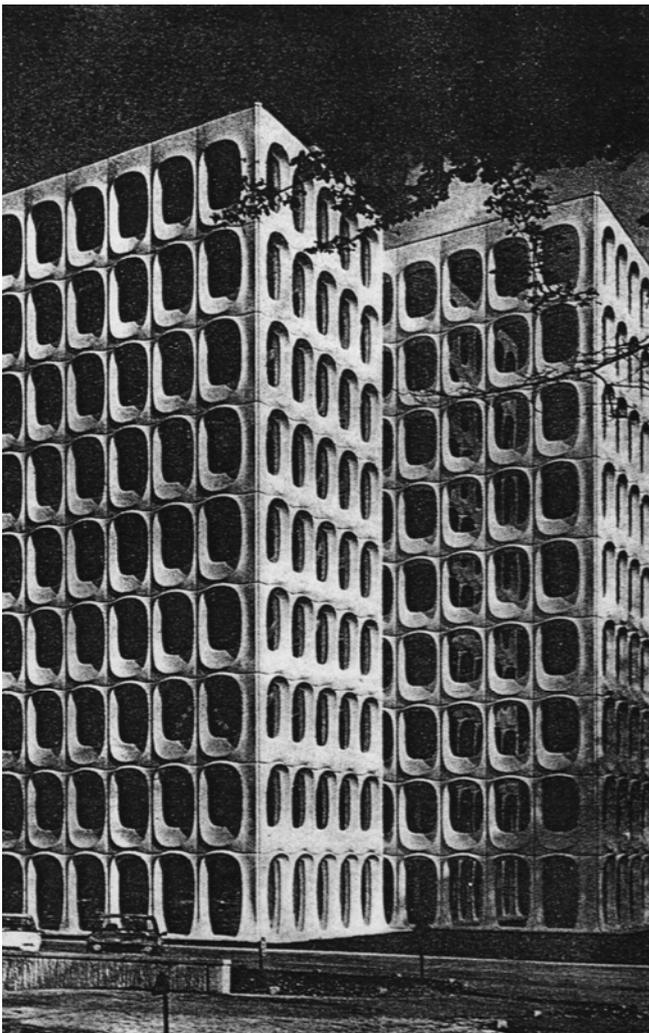
Hormigón visto "cuidado"

Hormigón visto "normal"





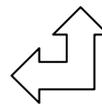
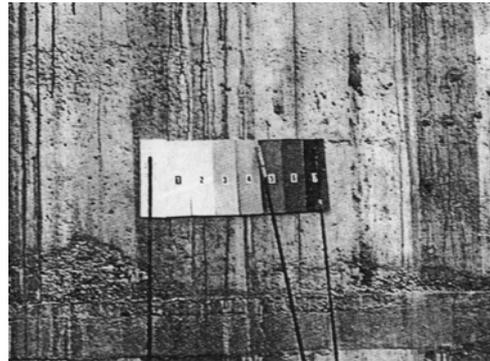
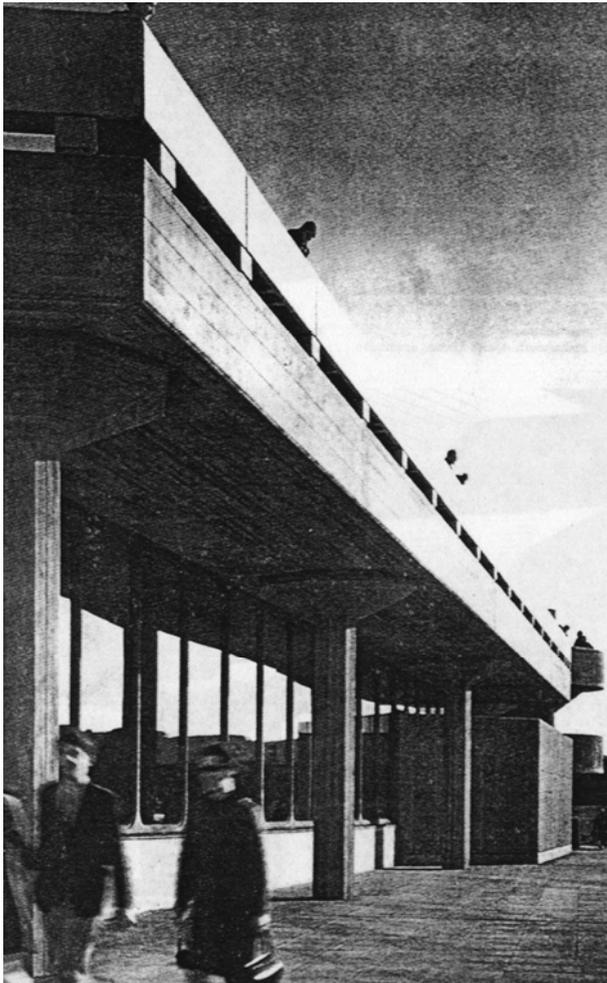
Hormigón visto "especial"



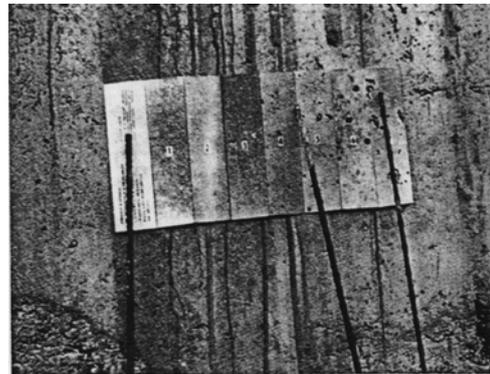
Hormigón BLANCO



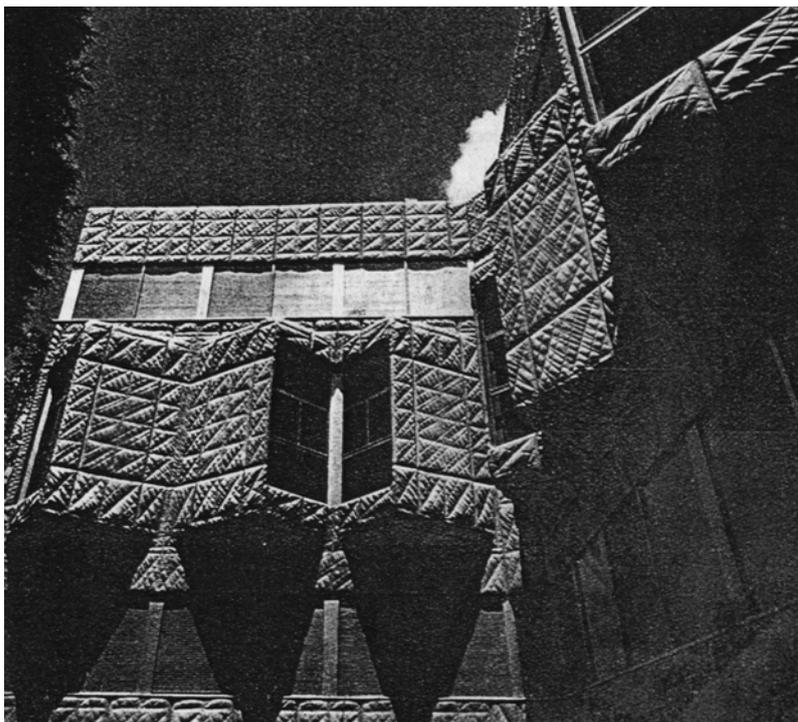
Hormigón BLANCO Y NEGRO



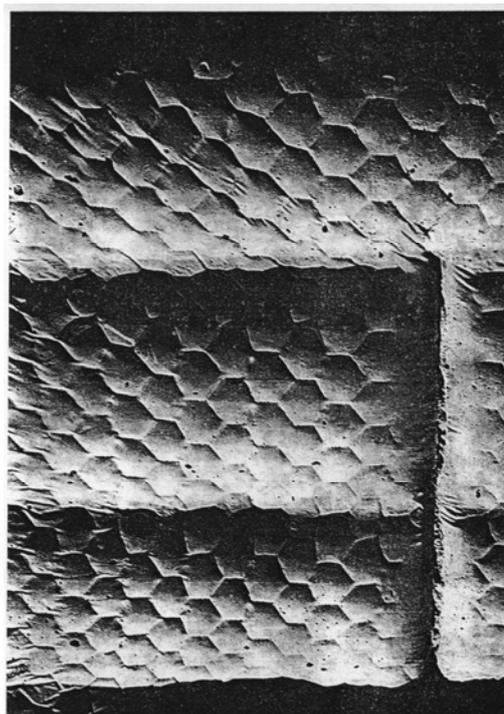
Hormigón
Visto
“normal”



Hormigón visto “bruto”



Hormigón BLANCO encofrado con mallas metálicas



6.- OFICIOS DE H. A.

6.1.- Ferrallista

El ferrallista es la persona encargada, de confeccionar las armaduras que forma el hormigón armado y que le confiere a este la resistencia la cual debe soportar según cálculos. Esta confección de las armaduras la pueden realizar tanto a pie de obra como en taller, según en la situación en la que nos encontremos en la obra. Por ejemplo para montar las armaduras de una losa de cimentación se realiza in-situ, pero en cambio, para armado de pilares, vigas, zunchos, etc..., se suele realizar en taller excepto armaduras especiales, (grandes dimensiones).

6.2.- Encofrador

El encofrador, también llamado estructurista es dentro de una obra es el encargado de realizar, colocar y retirar los encofrados sobre los que se realiza el vertido del hormigón. Estos encofrados son los que nos permitirán dar unas determinadas dimensiones y formas a la estructura de hormigón ya que dichos encofrados deben de ser estancos y con las dimensiones definidas en proyecto.

6.3- Puesta en obra

La puesta en obra del hormigón es realizada por los mismos encofradores mediante los mecanismos que ya hemos indicado anteriormente (vertido, bomba, etc..) Esta puesta en obra del hormigón se realiza, sobre todo en forjados, teniendo en cuenta las deformaciones de la pieza que se está hormigonando.