



**UNIVERSIDAD  
ANDRÉS BELLO**

Facultad de Ingeniería y Construcción Civil  
Escuela de ingeniería Civil

**PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA  
CONSTRUCCIÓN Y TERMINACIÓN SUPERFICIAL  
DE OBRAS DE HORMIGÓN A LA VISTA**

**RODRIGO ALBERTO VARAS BAHAMONDES**

SANTIAGO-CHILE  
Septiembre 2005





**UNIVERSIDAD  
ANDRÉS BELLO**

Facultad de Ingeniería y Construcción Civil  
Escuela de Ingeniería Civil

# **PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA CONSTRUCCIÓN Y TERMINACIÓN SUPERFICIAL DE OBRAS DE HORMIGÓN A LA VISTA**

**RODRIGO ALBERTO VARAS BAHAMONDES**

Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil  
PROFESOR GUÍA: Renato Vargas  
PROFESOR CORRECTOR: Arturo Holmgren

SANTIAGO-CHILE  
Septiembre 2005

***DEDICADA A MI MADRE QUE ME  
ENSEÑO A LUCHAR, PERSEVERAR  
PARA CONSEGUIR LAS COSAS, Y  
QUE AQUÍ ESTA LA PRUEBA DE LA  
PROMESA QUE HICE AL MOMENTO  
QUE ELLA PARTIÓ A UN PLANO  
SUPERIOR Y A MI HERMANO***

## **AGRADECIMIENTOS**

De corazón y alma, por que lo siento verdaderamente, quiero agradecer a mi hermano Marco Antonio Varas Bahamondes por ayudar a corregir, darme ánimo, apoyarme en mis decisiones, alentarme hasta el final y reiterarme que yo soy capaz de lograr lo que me propongo.

A mis tíos Arturo Sanhueza y Silvia Bahamondes por recibirme en su casa, a sentir que tenía y contaba con una casa para así poder tener las fuerzas y facilitarme el término de mis estudios universitarios, también por sus consejos y constante aliento en los momentos que uno pierde las ganas de luchar.

Al Ingeniero Civil Renato Vargas del ICH que fue mi profesor guía, que gracias a sus correcciones me pudo encausar, ordenar y rectificar puntos de vistas que ayudaron a lograr el objetivo final, a sus conocimientos, información y disponibilidad de la biblioteca del ICH. Podría decir que hicimos un grupo muy agradable de trabajo y principalmente a su paciencia.

Al Ingeniero Civil Arturo Holmgren subgerente de Red Técnica Polpaico, que fue mi profesor corrector, por sus contactos, información y facilitar los laboratorios de la empresa Polpaico, para poder experimentar muestras relacionadas con el tema y gracias por su paciencia.

Al Jefe de laboratorios Polpaico Miguel González, por su muy buena disponibilidad en facilitarme el laboratorio, por preocuparse que nunca me faltara material y que todos los instrumentos estuvieran funcionando correctamente para el buen desarrollo del experimento.

Al Ingeniero Químico Máximo Sabat gerente de calidad y desarrollo de la empresa “Grace Construction Products”, por ayudar, prestar sus instalaciones para hacer posible las mediciones y entregar los conocimientos básicos sobre el color.

A Don Arturo Quezada por colaborar en el manejo del programa computacional data color que sirvió para cuantificar el tono y color de las muestras de hormigón.

A la Universidad Andrés Bello y profesores catedráticos de la Escuela de Ingeniería Civil, en especial a la profesora Sra. Cecilia Corona por demostrar interés en su trabajo y darse un tiempo para conversar y aconsejar.

Al profesor, Sr. Siguer Otsu, por haberme entregado conocimientos para la formación profesional.

A mi amigo Ingeniero en Computación Cristóbal Bruce, por ayudarme con sus conocimientos de computación, y por alentarme a seguir en este proyecto.

A mi amiga Ecológica-paisajista Javiera Castro, por su ayuda en la mejora de calidad visual de las fotografías y los dibujos en Auto-cad.

A mi amigo Mecánico Automotriz Mario Campodonico, por prestarme su auto para poder movilizarme con facilidad y así poder visitar obras y empresas, a su gracia y simpatía para darme ánimo con mi memoria.

A mi amiga Diseñadora Industrial Deborah Aedo, por sus muy buenas conversaciones, consejos y entregarme fuerzas para llegar a la meta final.

A mi Amiga Ingeniera Agrónoma Michelle Aspee, por contar con ella en cualquier cosa que necesitara, por su apoyo y decirme siempre “negro tú puedes”.

A mi amigo Francisco Lagos, por su información, ánimo y por criticar siempre, con el fin de aportar y mejorar en la memoria.

A las agencias de publicidad y diseño Pro-diseño y H<sub>3</sub>O, por facilitar sus instalaciones, conocimientos, información y ayudar a manipular el programa computacional Photoshop versión cs, para poder analizar los colores.

## **RESUMEN**

La investigación pretende reunir las consideraciones que debe tener un profesional al momento de construir con hormigón a la vista y establecer los pasos necesarios para trabajar con este tipo de terminación, identificar los parámetros, proporcionar métodos a seguir, materiales a utilizar, ensayos, compactación del hormigón y desmolde. Se investiga alguna forma de poder cuantificar el color, y también comparar los costos de una obra de hormigón revestido con hormigón a la vista.

Los procedimientos que se utilizaron para esta investigación fueron, observar en visitas a terreno los errores que se comenten, realizar experimentos en laboratorios y en obras.

Estos experimentos lograron mostrar que la silicona y la goma ayudan a obtener la estanqueidad en los moldajes para una mejor terminación.

Por otra parte, se experimentaron dos técnicas de medición para cuantificar el color del hormigón, para que las partes involucradas puedan establecer parámetros objetivos.

Con respecto a los costos se muestran los pasos a seguir para cualquier proyecto, demostrando cómo se reducen los tiempos de obra con el consiguiente ahorro que implica construir con hormigón a la vista.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE.....	v
1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos generales.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2.CAPÍTULO I: RESEÑA HISTÓRICA.....	4
3.CAPÍTULO II: IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS.....	5
4.CAPÍTULO III: VISUALIZACIÓN GLOBAL DE LA SUPERFICIE DE TERMINACIÓN EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL.....	7
4.1. Diseño.....	7
4.2. Consideraciones estructurales.....	8
4.2.2. Juntas de construcción en el hormigón.....	9
4.3. Refuerzos.....	11
5.CAPÍTULO IV: PLANIFICACIÓN DE ACCIONES ORIENTADAS A LOGRAR CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.....	12
5.1. Planos de moldajes.....	12



5.2. Personal con competencias en ejecución de obras de hormigón a la vista.....	13
5.3. Elaboración de pruebas previas de calibración y obtención de superficies deseadas.....	14
5.3.1. Maqueta de pre-construcción.....	16
<b>6. CAPÍTULO V: ELIMINACIÓN DE DEFECTOS EN LA SUPERFICIE.....</b>	<b>18</b>
6.1. Estanqueidad.....	18
6.1.1. Filtraciones debido a las juntas de los bastidores.....	18
6.1.2. Filtraciones en la parte inferior de los moldajes.....	22
6.2. El desmoldante.....	24
6.2.1. Aceite con tensión activa o reacción química.....	24
6.2.2. Desmoldante de barrera aislante.....	25
6.2.3. Forma de aplicación recomendada.....	25
<b>7. CAPÍTULO VI : FACTORES PARA LA EJECUCIÓN.....</b>	<b>27</b>
7.1. Traslado, velocidad y colocación del hormigón.....	27
7.1.1. Grúa y capacho.....	28
7.1.2. Bombas hidráulicas.....	29
7.2. Compactación.....	31
7.2.1. Método de vibración interna.....	32
7.2.2. Vibración externa.....	37
7.2.3. Casos especiales.....	38
7.2.4. Problemas de burbujas y uniformidad.....	39
7.3. Problemas de oxidación.....	42
7.3.1. Alambre de amarre.....	44
7.3.2. Alambre galvanizado.....	44
7.4. Desmolde.....	45
7.5. Curado del hormigón.....	47

7.5.1. Fisuras de retracción plástica.....	48
<b>8.CAPÍTULO VII: CRITERIO TÉCNICO CIENTÍFICO PARA EVALUAR EL TONO Y COLOR.....</b>	<b>51</b>
8.1. Data-Color.....	51
8.1.1. Formación de AI-PF.....	55
8.1.2. Valor de AI-PF.....	56
8.2. Photoshop.cs.....	60
<b>9.CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>62</b>
9.1. Comparación de costos por partidas y totales entre hormigón con revestimiento y hormigón a la vista.....	62
9.2 Evaluación de la incidencia de los costos asociados a los logros estéticos v/s inexistencia de pintura, estucos, remates y mano de obra, menores plazos de terminación, en la diferencia de costos.....	67
<b>10. CAPÍTULO IX: CUADRO RESUMEN.....</b>	<b>71</b>
<b>11.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## Índice de cuadros

Cuadro 1.- Intervalos de radiación con sus ondas longitudinales.....	53
Cuadro 2.- Resumen de las mediciones.....	58
Cuadro 3.- Numeración del color según photoshop.cs.....	60
Cuadro 4.- Costos del hormigón revestido.....	63
Cuadro 5.- Costos del hormigón a la vista.....	65
Cuadro 6.- Resumen de los días en cada ítem que se pueden disminuir.....	68
Cuadro 7.- Costos del hormigón a la vista con incidencias.....	70
Cuadro 8.- Resumen de defectos y soluciones.....	71

## Índice de figuras

Figura 1.- Colocación del hormigón.....	29
Figura 2.- Presiones del hormigón.....	30
Figura 3.- Presiones del hormigón.....	30
Figura 4.- Aplicación del vibrador de inmersión.....	31
Figura 5.- Introducción del vibrador en la capa inferior de hormigón.....	33
Figura 6.- Forma correcta e incorrecta del área de cobertura del vibrador.....	34
Figura 7.- Diseños de mallas para vibrar correctamente.....	34
Figura 8.- Diseño de vibrado para áreas muy extensas.....	35
Figura 9.- Radio de acción del vibrador para pilares.....	35
Figura 10.- Vibrador externo.....	37
Figura 11.- Prisma con los colores.....	51
Figura 12.- Longitudes de ondas que refleja el prisma.....	52
Figura 13.- Análisis de la espectroscopía.....	52
Figura 14.- Circulo cromático.....	54
Figura 15.- Tolerancia elipsoide.....	55

## Índice de fotos

Foto 1.- Maqueta de pre-construcción.....	16
Foto 2.- Mala junta de los bastidores.....	18
Foto 3.- Mala junta de los bastidores.....	18
Foto 4.- Líneas marcadas por la falta de estanqueidad.....	19
Foto 5.- Junta de yeso.....	20
Foto 6.- Junta de pasta de muro.....	20
Foto 7.- Junta cinta de embalaje.....	20
Foto 8.- Junta silicona.....	20
Foto 9.- Resultado con yeso.....	21
Foto 10.- Resultado con pasta de muro.....	21
Foto 11.- Resultado de cinta.....	21
Foto 12.- Resultado con silicona.....	22
Foto 13.- Esgurrimiento de lechada.....	22
Foto 14.- Esgurrimiento de lechada.....	22
Foto 15.- Experimento con goma en la parte inferior del moldaje.....	23
Foto 16.- Resultado del experimento con goma.....	23
Foto 17.- Resultado con capa de 0,01 mm.....	26
Foto 18.- Resultado con capa de 0,025 mm.....	26
Foto 19.- Resultado con capa de 0,050 mm.....	26
Foto 20.- Resultado con capa de 0,075 mm.....	26
Foto 21.- Resultado con capa de 0,10 mm.....	26
Foto 22.- Resultado con capa de 0,25 mm.....	26
Foto 23.- Capacho descargando hormigón en moldaje.....	28
Foto 24.- Vanos o figuras geométricas a compactar.....	36
Foto 25.- Vibrador en figura geométrica.....	36
Foto 26.- Resultado de la vibración.....	36
Foto 27.- Vibración externa.....	38

Foto 28.- Burbujas en la superficie.....	39
Foto 29.- Pañete eliminador de burbujas superficiales.....	40
Foto 30.- Resultado y comparación al utilizar el pañete.....	40
Foto 31.- Aspecto no uniforme.....	41
Foto 32.- La no uniformidad del tono.....	41
Foto 33.- Oxidación en la parte inferior de la losa.....	43
Foto 34.- Alambre de amarre.....	44
Foto 35.- Desmoldando en forma indebida con un chuzo.....	45

### **Índice de gráficos**

Gráfico 1.- Contracción v/s cantidad de agua en el hormigón.....	49
--	----

## **1. INTRODUCCIÓN**

El hormigón es un material en la construcción que se ocupa en gran cantidad debido a su alta resistencia a la compresión y su compatibilidad con refuerzos de barras de acero incorporados a su masa, lo que permite su uso en estructuras sometidas a flexión.

Es indispensable poder mostrar otras alternativas más elaboradas a todas las personas que están involucradas con el uso de este material. Para poder hacer esto es necesario proporcionar los conocimientos e información para cuando se decida incursionar con hormigón a la vista. Lo importante es que se realice de la mejor forma posible buscando siempre la uniformidad y la ausencia de defectos.

En Chile no existe información en manuales, hay poca bibliografía y no existen especificaciones técnicas mínimas sobre el tema. Es una práctica que se está incorporando a medida que las empresas se están atreviendo a diseñar y construir con esta terminación. Al no existir mucho conocimiento, se trata de abordar de la mejor forma posible los contenidos y parámetros que desarrollarán en la memoria.

La plasticidad que ofrece el hormigón en su primera etapa conduce a nuevas ideas y creaciones en el uso de construcciones, lo que permite dar nuevas formas y diseños, texturas y acabados que es posible obtener.

La principal característica de esta técnica-arte es su terminación final, la que queda como el reflejo o el negativo de la cara de contacto que tenga su moldaje o si se quiere otro tipo de terminación se pueden tratar con distintas técnicas superficiales tanto fuera como dentro del moldaje. La idea es disminuir las técnicas de recubrimientos como son los estucos, pinturas o revestimientos. Por eso para poder sustituir estos procesos es necesario tener conocimientos o información del hormigón a la vista para obtener hormigones de calidad esta construyendo un proyecto con este tipo de terminación.

El moldaje es importante, debido a que la cara de contacto se relacionará con el hormigón directamente y cumplirán la función de reflejar la textura superficial del hormigón, por ende es primordial definir bien, por medio de maquetas de pre-construcción, la cara de contacto, y que las juntas de bastidores queden selladas de la mejor forma posible para evitar problemas de uniformidad y de tonalidad en la superficie del hormigón a la vista.

<sup>1</sup> **A mí me gusta interpretarlas con una leve diferencia. “Proceso” , dice, es “ una serie de acciones que conducen a un fin” y “Operación” como la “aplicación práctica de un proceso”. Yo siento que una “operación” es una acción repetitiva con variables ya ordenadas.** Lo que se trata de decir es que en la construcción con hormigón existen muchas variables, y que en cada estructura o diseño se cambian constantemente los elementos y dado que el hormigón es un material no homogéneo, se puede decir que la creación de hormigón a la vista es un proceso.

---

<sup>1</sup> James M. Shilstone, artículo que obtuvo el premio Wason medal 1979

## **1.1. OBJETIVOS GENERALES**

Se ha decidido realizar esta investigación con el fin de:

- Identificar parámetros que intervienen en los resultados de obras de hormigón a la vista.
- Proporcionar métodos y procedimientos para el manejo de los parámetros más relevantes que permitan lograr uniformidad y ausencia de defectos superficiales.
- Entregar las bases mínimas para elaborar especificaciones técnicas destinadas a obras de hormigón a la vista.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los defectos en la terminación superficial producidos por los moldajes.
- Mantener la uniformidad de la superficie de terminación, experimentando con los distintos tipos de sellos que permite estanqueidad en los moldajes.
- Identificar los procesos a considerar en la colocación y compactación en el hormigón.
- Investigar alguna alternativa para cuantificar las diferencias de tonalidades.
- Comparar costos entre los procesos de hormigón a la vista y hormigón revestido.



## **2. CAPÍTULO I : RESEÑA HISTÓRICA**

A principios del siglo XX es cuando los arquitectos, en su incansable búsqueda de nuevas formas, comienzan a tomar en cuenta las bondades del hormigón y sus condiciones estructurales y estéticas que se pueden materializar en la terminaciones de obras civiles, edificaciones, etc,

El uso de elementos refinados de fachadas de hormigón en los años sesenta surgió como una reacción en contra de la monotonía de los muros de cortina planos de los cincuenta y de ahí en adelante los arquitectos e ingenieros empezaron a dar nuevas soluciones en la terminación superficial del hormigón.

Al buscar y lograr un diseño de fachadas más expresivas y definitivas, descubrieron las enormes posibilidades del hormigón en cuanto a diseño, color y textura. Los arquitectos empezaron a diseñar fachadas de hormigón a la vista.

El hormigón a la vista empezó con fuerza en EE.UU. a principio de la década de los sesenta, y a finales de esta década su uso declinó ligeramente, aunque por poco tiempo. En otros países también empezó a utilizarse el hormigón a la vista como México, Colombia, Bélgica, Japón.

En Chile el hormigón a la vista empezó en la década de los años noventa, dada la ayuda de los moldajes industrializados que se encontraban en el mercado, los cuales permiten entregar nuevas alternativas de terminación de mejor calidad.

### **3. CAPÍTULO II : IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS**

En este capítulo se identifican los parámetros en cuatro grandes puntos como diseño, planificación, moldes y ejecución, en cada uno de estos puntos se detallan otros aspectos a considerar, los que hay que tomar en cuenta por que van a intervenir en los resultados de obras de hormigón a la vista.

#### **A. DISEÑO**

- Consideraciones de diseño arquitectónico y estructural teniendo presente que se trata de hormigón que se debe obtener con su superficie terminada en plena etapa de obra gruesa.

#### **B. PLANIFICACIÓN**

- Contar con planos de moldajes con sus medidas correspondientes y especificaciones técnicas particulares.

- Planificar acciones orientadas a lograr calidad y productividad (reutilización, repetición del proceso, modulación).

- Capacitación del personal y obtención de conocimientos y habilidades del personal que intervienen en la construcción.

- Evaluación de pruebas previas de calibración.(maquetas, ensayos, tolerancias visuales), con la participación activa del personal.

- Algún procedimiento para cuantificar el color del hormigón.

#### **C. MOLDEO DEL HORMIGÓN**

- Tipos de moldajes, metálicos o no metálicos, cantidad de usos posibles sin que pierda su calidad.

- Tipos de desmoldantes que aporten a las distintas aplicaciones.

- Estanqueidad ó hermeticidad entre bastidores, entre placas y con losas o muros en encuentros a 90°.

- Tipos de sello a utilizar para lograr hermeticidad total

#### **D. EJECUCIÓN**

Factores a considerar en la ejecución del elemento:

- Traslado del hormigón
- Altura de caída del hormigón
- Densidad de la armadura
- Compactación del hormigón
- Método de desmolde
- Método de protección y curado

Con la identificación de estos puntos se le facilita el trabajo a los profesionales involucrados en el tema, debido a que se identifican los aspectos que deben considerar para que el proyecto se desarrolle de la mejor forma posible y se logre obtener el hormigón a la vista sin defectos superficiales.

## **4. CAPÍTULO III : VISUALIZACIÓN GLOBAL DE LA SUPERFICIE DE TERMINACIÓN EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL**

### **4.1. Diseño**

Es la primera etapa en la que participa el arquitecto y que es donde empieza a crear y ver los detalles para obtener la terminación superficial que desea. En esta etapa el arquitecto especifica la superficie que desea, la que puede ser lisa, corrugada o texturada. Para esto se tienen que utilizar muchos criterios y pasos si se quiere lograr con facilidad resultados óptimos y aceptables.

En términos generales se aconseja considerar los siguientes criterios:

- Aislación o división de las superficies de hormigón en módulos reutilizables mediante la utilización de biselados, patrones de juntas, o del empleo de tableros.
- Uso de moldes con el material de la cara de contacto que cumplan con las especificaciones solicitadas para la terminación del hormigón.
- Evitar las superficies de hormigón muy extensas, uniformes e ininterrumpidas.

También el arquitecto debe especificar si existen canterías verticales y horizontales o solamente verticales, dependiendo del diseño que quiera y el color de la obra. Los detalles es la parte a destacar del hormigón a la vista, debido a que es la parte como se quiere finalizar la terminación de la obra.

En áreas donde existen posibles deformaciones, se deben emplear algunas alternativas como<sup>2</sup>:

- a) Los pequeños listones metálicos, u otros de rigidez similar, los que deben tener un ancho mínimo de 20 mm.
- b) El ancho de los listones biselados de madera debe ser, al menos, igual a su espesor.
- c) Las juntas con dimensiones menores a las recomendadas anteriormente se pueden lograr con detalles especiales en los moldajes, usando listones de acero instalados entre moldajes.
- d) Las intersecciones de las tiras adosadas (listones) deben estar cortadas a escuadra o rebajada y ajustadas con precisión.
- e) Los listones para aislantes pueden colocarse de manera que cubran las juntas de los moldajes.

#### **4.2. Consideraciones estructurales**

Para producir una estructura capaz de resistir las cargas de diseño sin agrietamiento, descascamiento o deflexión excesiva que puedan desvirtuar el aspecto arquitectónico de la estructura, es necesario que el diseño estructural y arquitectónico funcionen en forma armónica y es en esta parte donde el ingeniero calculista debe controlar las deformaciones y ayudar a especificar la distribución de los aceros estructurales, sin descuidar la cuantía, para evitar la densidad de las armaduras en los elementos para que al colocar el hormigón pase de la mejor forma.

Debido a la retracción natural del hormigón, se inducen tensiones en el hormigón estructural en aquellas zonas donde se restringe dicho movimiento, produciendo

---

<sup>2</sup> Concreto Arquitectónico

agrietamiento. Además de esto, las solicitaciones en los elementos, los esfuerzos inducidos por diferencia térmica, también constituyen factores que influyen en el nivel de agrietamiento de la estructura de hormigón.

Estos agrietamientos son antiestéticos y complejos de reparar, afectando la calidad de la superficie del hormigón.

En las superficies que quedan acabadas una vez que se produce el retiro de los moldajes, los agrietamientos son de mayor importancia en comparación con aquellas superficies que recibirán otro tipo de terminación como es de pintura o revestimiento.

#### **4.2.2. Juntas de construcción en el hormigón**

Las juntas de construcción son evitables, pero pueden dividir la estructura en segmentos que puedan construirse de manera lógica y eficaz.

El uso de canterías, generadas mediante listones u otros elementos a desarrollar, son métodos más sencillos y prácticos para tratar arquitectónicamente estas juntas cuando se unen superficies en el mismo plano, debido a que la concavidad dejada por el listón en la superficie de hormigón, se genera una sombra que permite ocultar las fisuras provocadas por movimientos del hormigón, además de cualquier desalineamiento en la colocación de capas sucesivas de hormigón. Sin embargo, estos insertos reducen el tamaño efectivo de los elementos como el recubrimiento de las barras de acero de refuerzo. Por lo tanto debe proveerse recubrimiento adicional que compense esta situación.

Por lo general, estos listones son de madera cepillada, pero los hay también de plástico y metal. Cuando se usan tiras de madera, se debe tener la precaución de aplicarles una capa de sellador, a fin de impedir la absorción de humedad, además de una capa de desmoldante. Los listones de madera pueden fijarse por detrás del moldaje con clavos o

tornillos, o por el frente, utilizando clavos sin cabeza. Los listones para canterías o relieves deben ser uniformes en sus dimensiones, no absorbentes y con rigidez suficiente para mantener la alineación durante las operaciones de hormigonado.

Debe procurarse que la profundidad de los listones ubicados en las zonas sometidas a esfuerzos de flexión, sea el mínimo recomendado, esto se debe a que cuando se usan listones en una zona sometida a flexión, el espesor del recubrimiento de hormigón bajo el acero de refuerzo debe incrementarse en una cantidad equivalente a la profundidad de dicho listón, lo cual provocará que cualquier grieta que ocurra en la zona de tracción por flexión, también se incremente.

En general los muros se encuentran en compresión vertical y el agrietamiento horizontal no suele ser problema. Los agrietamientos más comunes son los verticales, o casi verticales, ya que los muros tienen menores esfuerzos axiales o de flexión<sup>3</sup>. La principal causa de las grietas verticales en los muros es la tensión axial debido a la contracción por secado y a los esfuerzos por temperaturas. Para esto es necesario diseñar canterías verticales y horizontales para muros con paños de áreas grandes o disponer de hendiduras a distancias intermedias en los muros para que no se produzcan las grietas.

El agrietamiento visible puede reducirse mediante:

- Juntas de dilatación en el hormigón.
- Canterías a distancias iguales tanto horizontales como verticales.
- Incremento de los requisitos mínimos relativos al recubrimiento.
- Distribución apropiada del refuerzo de flexión. (según recomendaciones del ACI 318).

---

<sup>3</sup> Concreto Arquitectónico

Las juntas y canterías se pueden diseñar para buscar simetría en la superficie del hormigón a la vista, la idea principal es que permitan los movimientos de cambio de volúmenes y disminuir la extensión. Por esto la utilización de canterías es una muy buena alternativa para evitar defectos superficiales, por que el hormigón se va a contraer de todas maneras y ayuda a que la terminación superficial sea la más adecuada posible.

### **4.3. Refuerzos**

La enfierradura en una construcción de hormigón a la vista debe estar ubicada con mucha precisión y en los indicados en los planos para reducir la posibilidad de que aparezcan manchas de óxido debido a la corrosión. Si se localiza muy cerca de la superficie, puede impedir que el agregado grueso pase a través de las barras y que el refuerzo se trasluzca en la superficie del hormigón, particularmente si se trata de superficies lisas y de colores claros.

Como los refuerzos o barras de acero son indispensables para que se pueda controlar los esfuerzos de tracción, deben cumplir con distancias mínimas libres de recubrimiento para vigas entre el acero y el hormigón, según ACI 318 , se debe cumplir con los siguientes valores:

- a) Distancia horizontal libre de la barra de acero debe ser de 5 cm, o 1,25 veces el diámetro de la barra, o 1,75 veces el tamaño máximo del agregado, lo que sea mayor es lo que se debe elegir.



## **5. CAPÍTULO IV: PLANIFICACIÓN DE ACCIONES ORIENTADAS A LOGRAR CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

Los sistemas de moldajes han presentado una evolución, es decir, un mejoramiento y un desarrollo en la aparición de materiales nuevos con características de mayor resistencia y durabilidad como son los moldajes de madera contrachapado fenólico, acero, aluminio y plástico, lo que permite tener elementos de hormigón que se pueden dejar a la vista los moldajes traen accesorios especiales para los sistemas de unión de los bastidores, y los sistemas de sostenimientos ayudando a la versatilidad de los moldajes para adaptarse a cualquier forma geométrica que requiere el proyecto.

Al existir esta nueva alternativa de moldajes industrializados, existen partes o componentes que se utilizan y cumplen distintas funciones. Esto quiere decir que no están exentos de fallas o problemas que se puedan generar debido a filtraciones en los moldajes.

### **5.1. Planos de moldajes**

Estos son dibujados por los arquitectos y estudiados para optimizar las dimensiones por los ingenieros cuando se esta interesado en hacer el proyecto en hormigón a la vista, lo importante es que se puedan ver las dimensiones que tiene el proyecto y detalles como, altura y ancho de los muros, pilares y todo los elementos de hormigón para dejar a la vista tanto interior como exteriormente.

Los planos sirven a los constructores para revisar los detalles constructivos que especifica la obra.

Los planos de moldajes deben incluir:

- La instalación de los moldajes con sus respectivas dimensiones, para así poder cumplir con lo solicitado en el proyecto.
- Los detalles de los aspectos de los moldajes para el proyecto, incluyendo las juntas de tope de los moldajes y de las placas, para proporcionar al constructor la forma en que los ajustará para asegurar la estanqueidad y la alineación durante la colocación del hormigonado.
- Especificación del recubrimiento de las armaduras.
- Medidas de disposición de los tensores distanciadores en los moldajes.
- Descripción escrita de las operaciones de colocación, incluyendo el método de transporte del hormigón hacia los moldajes, altura de vaciado y técnicas de vibración.

## **5.2. Personal con competencias en ejecución de obras de hormigón a la vista**

La mano de obra es fundamental para la uniformidad, por eso el equipo de trabajo que empiece el proceso debe ser el mismo hasta el final o tratar de que tengan el mismo entrenamiento para poder cumplir su función con la misma habilidad. Variar lo menos posible la gente, dado que cada persona trabaja de distinta forma. Las operaciones de colocación, vibración, remoción de moldajes tienen que efectuarse de la misma manera, en los mismos tiempos y con las mismas técnicas y cuidados.

Importante es poder capacitar a los trabajadores con una certificación de competencias para que a futuro se cuente con personal con conocimientos y habilidades en el manejo y colocación y así sacar mejor provecho al hormigón a la vista.

### **5.3. Elaboración de pruebas previas de calibración y obtención de superficies deseadas**

Los documentos contractuales relacionados con el hormigón a la vista sólo pueden describir el acabado de la superficie en términos generales. Pero, aunque las especificaciones deben ser precisas, resulta difícil describir un diseño artístico por escrito y que la persona que lo realice entienda perfectamente lo que se busca.

La finalidad principal de la muestra de referencia de diseño es la de complementar la especificación escrita. A través de ella se logra una mejor integración entre el arquitecto, la inspección, contratista y todas las personas que están involucradas en el proyecto.

Muestra de muros u otros elementos representativos de la construcción debe estar disponible para la inspección y el exámen por parte de los posibles contratistas. Las muestras deben ser validadas por escrito tanto por el propietario como por el arquitecto o ingeniero, a fin de que tengan el mismo estado legal que los documentos del contrato.

Deben haber reuniones previas entre el arquitecto, ingeniero y los posibles constructores. En estas reuniones se pueden explicar y aclarar las expectativas y requisitos especiales. Al mismo tiempo, los constructores tendrán la oportunidad de señalar cualquier aspecto de las especificaciones que haga difícil o imposible, tanto como más caro y más tiempo necesario para lograr el efecto deseado.

En el caso del hormigón a la vista, los documentos contractuales pueden requerir que el constructor que se adjudique la obra prepare un modelo a escala natural de una de las secciones antes del inicio de la construcción. Dicho modelo debe representar una porción típica de la estructura y debe construirse usando los equipos, materiales y procedimientos de construcción propuestos para la obra.

La altura y el ancho total del modelo deben ser tales que permitan que la demostración de la construcción de pisos, columnas y muros sea completamente evidente. Con el fin de incorporar las juntas, el refuerzo y los accesorios especificados, las dimensiones unitarias de los elementos del modelo se hacen a escala máxima.

Si se desea, el modelo debe incluir un área reparada para determinar con anticipación una forma aceptable, en el color y textura, que se empleará cuando sea necesario un trabajo de reparación. Al evaluar esta área experimentalmente reparada, debe recordarse que la reparación debe tener la edad suficiente para proporcionar un indicio real de su color.

El hormigón a la vista es un material con el que se debe tener un cuidado especial para no producir manchas, fallas o deformaciones superficiales dado que en el mundo de la construcción cuesta mucho trabajar con delicadeza los elementos cuando se están construyendo en plena obra gruesa.

### 5.3.1. Maqueta de pre-construcción

En un proyecto es de vital importancia poder tener reuniones previas para establecer entre arquitecto, ingeniero, constructor, inspector y mandante cuales son las expectativas y requisitos especiales necesarios para poder consignar y obtener un producto terminado con una aceptación mínima, es decir, una forma de medir o establecer un grado de uniformidad visual. Por eso es aconsejable que previo al desarrollo del proyecto se realicen maquetas a escala real, si es posible, para que el contratista pueda probar sus equipos, materiales y procedimiento de construcción, el que debe incluir o incorporar los moldajes horizontales y verticales, modulación, juntas, métodos de colocación, refuerzos especificados, método de curado. De no poder hacerlo, al menos realizar maqueta de 45 x 45 x 5 (cm) para lograr la comparación y terminación de las superficies y establecer así un criterio. También las pruebas o maquetas se pueden realizar en los muros que se vayan construyendo a medida que avanza la obra como se ve en la foto 1.



Foto 1.- Maqueta de pre-construcción.

La cooperación de parte de todos los involucrados es importante en este punto, para obtener una uniformidad en la tonalidad y textura como para evitar conflictos antes de continuar con los trabajos, o comenzar con la estructura principal.

La maqueta de pre-construcción es una herramienta efectiva para cuando se llama a licitación, se debe realizar este tipo de instrumento de medición que permite dar a conocer a las personas que están interesadas en la realización del proyecto si son capaces con los medios que ellos cuentan de poder lograr las especificaciones, de no poder cumplirlas las empresas se pueden automarginar.

## **6. CAPÍTULO V: ELIMINACIÓN DE DEFECTOS EN LA SUPERFICIE**

### **6.1. Estanqueidad**

Es una de las dificultades más grandes en las que se debe tener especial cuidado y dedicar mucho tiempo para que así los defectos no surjan y obtener el hormigón a la vista con excelentes terminaciones.

#### **6.1.1. Filtraciones debido a las juntas de los bastidores**

Las filtraciones en el moldaje es una patología que se da con mucha frecuencia cuando se desea realizar el hormigón a la vista, debido a que los moldajes, al tener un uso reiterado, se van dañando con el paso del tiempo y con el trato que le dan en la obra. Por tanto, las aristas de los bastidores ya no son parejas y al juntar los bastidores se producen pequeñas cavidades o espacios que van a formar la cara de contacto del hormigón como se ve en la foto 2 y 3. Al momento de colocar el hormigón se producirá pérdida de lechada por esta junta, lo que generará una línea de árido fino de color más oscura que la matriz del hormigón, haciendo que se vean marcadas las uniones de los distintos elementos geométricos.



Foto 2,3.- Mala junta de los bastidores

Las juntas entre los bastidores deben ser completamente herméticas y selladas para evitar cualquier posibilidad de fuga. Cuando se permite que la lechada escurra del moldaje, el resultado será una línea marcada que se puede expandir por la superficie.

El defecto resultante se caracteriza por una superficie rica en áridos finos, diferentes de las superficies adyacentes normales, y por un cambio de color, el que presenta un rayado con un aspecto más oscuro que deriva de la falta de estanqueidad de la junta de los bastidores como se ve en la foto 4.



Foto 4.- Líneas marcadas por la falta de estanqueidad

En algunos casos, las canterías a la largo de todas las juntas de los bastidores son buena solución para evitar estas marcas. Las canterías son moldeadas por listones de aluminio, goma, madera y deben tener la precaución de aplicar desmoldante lo suficiente, sin exceso, para después no tener problemas al momento de desmoldar y que la cantería no sufra daños en sus aristas. Por lo general, las canterías son muy solicitadas o requeridas por el proyectista para crear algún efecto específico de diseño, pudiendo dejarse como un lomo pulido o de acabado rústico.

Las juntas de los bastidores pueden hacerse hasta cierto punto a prueba de escurrimiento de lechada, empleando empaques especiales de hule sensibles a la presión colocados entre los moldes, o también en las juntas aplicar silicona que debe ser alisada para no dejar marcas en la superficie, pasta de muro o yeso.



Se experimentó la junta con un moldaje que contaba de 4 cavidades las que se rellenaron con yeso (foto 5), pasta de muro (foto 6), cinta de embalaje (foto 7) y silicona (foto 8).

Como se muestra se exageró en las dimensiones de las juntas con el fin de poder saber si existe cambio de tonalidad y cuánto es la diferencia con respecto a las superficies adyacentes.



Foto 5.- Junta de yeso



Foto 6.- Junta de pasta de muro



Foto 7.- Junta cinta de embalaje

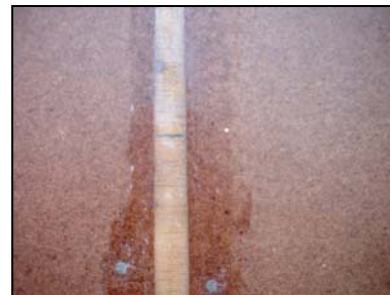


Foto 8.- Junta silicona

Los resultados se pueden ver en las siguientes fotos, las que muestran como en algunos casos se marca de manera exagerada la junta y existe un cambio de tonalidad de los colores grises. En la foto 9 y 10 donde se utilizó yeso y pasta de muro, el cambio de tono es muy marcado. Esto es producido por que estos materiales son capaces de absorber y retener la humedad que trae el hormigón, lo que produce la tonalidad más oscura.



Foto 9.- Resultado con yeso



Foto 10.- Resultado con pasta de muro

El resultado con la cinta que se ve en la foto 11, demuestra que el cambio de tonalidad no es tan drástico, aunque la cinta de embalaje esté marcada de manera mínima, debido a que es un material plástico y tiene la característica de no absorber el agua que trae el hormigón. Otro detalle es que la cinta deja un cordón en la superficie, debido a que no tiene la rigidez para soportar la presión que ejerce el hormigón en la junta cuando está en estado fresco.



Foto 11.- Resultado de cinta

Se debe señalar que la foto fue tomada a una distancia de 30 cm. Hay que recordar que la ACI estipula que para hormigones a la vista, la distancia aceptable para que no se encuentren imperfecciones es de 6 m. La foto 12 muestra que la tonalidad es más que aceptable y que la silicona se comporta bien ante el contacto con el hormigón, dado que su composición química impide la absorción de agua, es decir, no puede captar la humedad del hormigón, lo que permitiría tener una sección pareja en el color.



Foto 12.- Resultado con silicona

### **6.1.2. Filtraciones en la parte inferior de los moldajes**

Otro defecto superficial que se produce es el escurrimiento en la parte inferior del moldaje cuando se va ascendiendo, el que puede dañar toda la superficie de la parte inferior como se ven en la foto 13 y 14.



Foto 13, 14.-Esgurrimento de lechada

Como se ve en la foto 15 se procedió a experimentar en la parte inferior del moldaje colocando una goma con un espesor aproximado de 1 cm, el que debía estar alineado con la capa inferior de hormigonado. Posteriormente se procedió a reforzar la parte inferior del moldaje para contener la presión.



Foto 15.- Experimento con goma en la parte inferior del moldaje

Los resultados se pueden ver en la foto 16 donde la terminación en la parte inferior es excelente, debido a que la goma produjo estanqueidad en el moldaje, permitiendo así que la lechada no escurriera y manchara la superficie inferior.



Foto 16.- Resultado del experimento con goma

## **6.2. El desmoldante**

Estos productos se presentan en forma líquida. Pero hay que saber elegir cuál es el adecuado, dependiendo del tipo de moldaje y de terminación que se quiere realizar para hormigón a la vista. La función principal de éstos es separar con facilidad el hormigón de la cara de contacto del moldaje, pero en el hormigón a la vista, además, deben cumplir con otras funciones:

- Reproducir fielmente el relieve inscrito en el cara de contacto del moldaje.
- Compatibilidad con el material de la cara de contacto del moldaje y con el hormigón.
- Contribuir a la obtención de una superficie de color homogéneo, sin alteraciones y libre de burbujas.
- facilitar el desmolde a través del tiempo.
- Preservar la cara de contacto del moldaje, la oxidación y alargar el tiempo de utilización.

Para el hormigón a la vista se utilizan principalmente dos tipos de desmoldantes, pero cada uno presenta sus propias características:

### **6.2.1. Aceite con tensión activa o reacción química**

Estos contienen componentes que reaccionan con la cal libre que está presente en el hormigón fresco y produce jabones insolubles en agua, por lo que impide la formación de una película superficial.

Estos jabones son muy resbalosos y ayudan bastante a reducir las cavidades de aire en la superficie del moldaje mientras su estado es húmedo, y cuando se seca cumple con la función de un desmoldante. La superficie de hormigón resultante es muy uniforme en cuanto a color y tiene un acabado liso.

### **6.2.2. Desmoldante de barrera aislante**

Estos forman una película entre el moldaje y el hormigón. Los más comunes son a base de petróleo o parafina y su principal utilización es en maderas terciadas, sin sello o en moldajes metálicos. Estos combustibles tienden a generar poros o burbujas en la superficie del hormigón endurecido. Por otro lado estos tipos de desmoldantes no deben ser utilizados en maderas contrachapadas revestidas o cuando se desea obtener un acabado parejo y sin defectos, dado que los combustibles dañan el papel film superpuesto en la madera.

### **6.2.3. Forma de aplicación recomendada**

Los desmoldantes se deben aplicar en los paneles antes de cada uso, mediante rociadores de burbujas a una distancia prudente para que no se produzcan excesos. Luego de eso para mayor seguridad, se recomienda el uso de un guaipe ligeramente humedecido con desmoldante que se debe pasar por la cara de contacto de moldaje para quitar todo exceso, y así evitar que el sobrante escurra hacia la parte inferior del moldaje. De lo contrario, una vez colocado producirá manchas en esas zonas por la acumulación de desmoldante.

Para cara de contacto metálico, el desmoldante debe ser el adecuado y no utilizar desmoldante para madera. Tampoco se debe utilizar desmoldante metálico en planchas de madera de fenil o fenolítica, dado que produce un aumento considerable de burbujas o hormigoneras en la superficie del hormigón.

También es importante que la capa de desmoldante sea lo más fina posible para que no aumente las burbujas en la superficie del hormigón, en las siguientes fotos se mostrará el resultado de cómo queda la superficie del hormigón a la vista al aplicar a las distintas muestras capas de desmoldante, que fue realizado por la empresa de desmoldantes CRESSET y que facilito los resultados. El desmoldante es un Crette-lease 880-VOC.(Agente Release, Meets U.S. Army Coros of Engineers.CE-204, Seccition 7.10 and CE 1401.01, Section 17.4).



Foto 17.- Resultado con capa de 0,01 mm Foto 18.- Resultado con capa de 0,025 mm

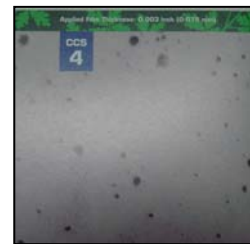


Foto 19.- Resultado con capa de 0,050 mm Foto 20.- Resultado con capa de 0,075 mm

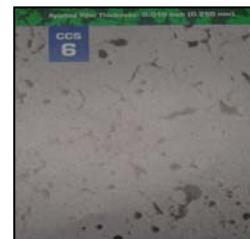
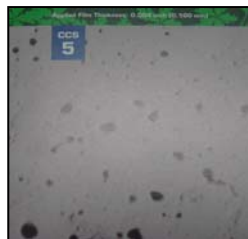


Foto 21.- Resultado con capa de 0,10 mm Foto 22.- Resultado con capa de 0,250 mm

## **7. CAPITULO VI : FACTORES PARA LA EJECUCIÓN**

### **7.1. Traslado, velocidad y colocación del hormigón**

Los métodos de transporte y colocación son los mismos que se utilizan en la construcción de cualquier obra de hormigón, excepto las modificaciones que se puedan indicar en el diseño escrito por el arquitecto o ingeniero.

Se debe tener cuidado con el equipo de transporte para evitar contaminación del hormigón, como fue mencionado anteriormente la uniformidad es importante, por tanto si se modifica el método de colocación se puede afectar la uniformidad en el hormigón.

La colocación del hormigón se debe realizar con ciertas precauciones como:

- Vaciar el hormigón en cantidades controladas.
- El vaciado debe ser por capas.
- La altura de caída del hormigón debe limitarse. Para alturas excesivas deben tomarse precauciones como una manga para el riego de segregación.
- Nunca vaciar el hormigón en grandes cantidades ni en un sólo punto, lo aconsejable es repartir uniformemente en capas horizontales y aplicar el vibrador de inmersión.



### 7.1.1. Grúa y capacho



Foto 23.- Capacho descargando hormigón en moldaje

Este método es más lento que otros, debido al tiempo que se utiliza en cargar y llevar el hormigón al lugar donde va hacer depositado. Además otra limitante de este sistema es la cantidad de hormigón que se puede transportar en cada trayecto al lugar de descarga, debido a la capacidad de los capachos en el área de la construcción. También cuando se deposita el hormigón con este método se debe tener cuidado, debido a que la grúa tiene el capacho en suspensión y cuesta controlar el movimiento de este último como se ve en la foto 23. Cuando se abre la puerta para el paso del hormigón, este cae en forma abundante, lo fundamental es que no se pase a llevar los muros que contienen desmoldante, debido a que el hormigón lo empieza arrastrar y no se podrá tener la uniformidad deseada.

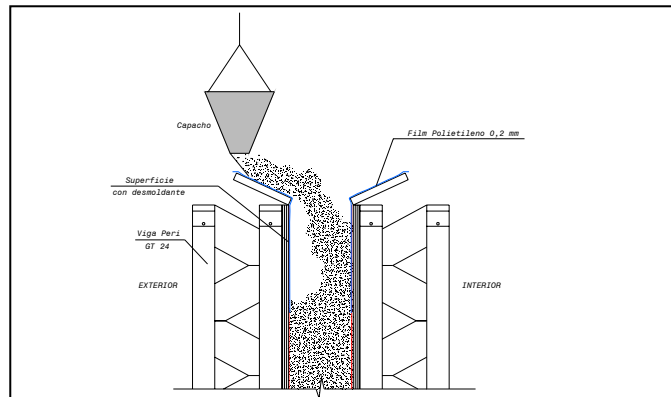


Figura 1.- Colocación del hormigón

Como se muestra en la figura 1, la colocación del hormigón se debe hacer desde el exterior hacia el interior del muro, ya que inevitablemente se va produciendo un lavado de la superficie con desmoldante, por lo que al momento de retirar los paneles, la superficie no queda totalmente lisa, esto debe hacerse por lo general para obras donde los muros en su parte interior llevan otro tipo de terminación o no son de interés, en caso contrario tratar en definitiva que se deposite por el centro.

### 7.1.2. Bombas Hidráulicas

Como es preferible que el hormigón a la vista sea del tipo bombeable, se puede aprovechar el uso de bomba hidráulica y así facilitar la colocación del hormigón en lugares con difícil acceso, favoreciendo la capacidad de transporte del hormigón cuando se puede introducir el tubo en el interior del moldaje.

Lo que permite la bomba hidráulica es la colocación de mayor cantidad de hormigón en el tiempo, sólo si se cuenta con el equipo adecuado y con un abastecimiento óptimo de hormigón. Lo que se puede evitar al usar la bomba hidráulica, son las juntas frías, dada la gran capacidad de transporte y colocación de hormigón.

La velocidad de vaciado del hormigón como se ve en la figura 2 y 3, es un factor que modifica la presión lateral y se debe considerar para el moldaje. La presión del hormigón en cualquier punto del moldaje está directamente relacionada con la altura de vaciado. Si el hormigón empieza a endurecer (fraguar) antes de que el vaciado haya sido completado, la altura del hormigón no se desarrollará y la presión del moldaje será menor.

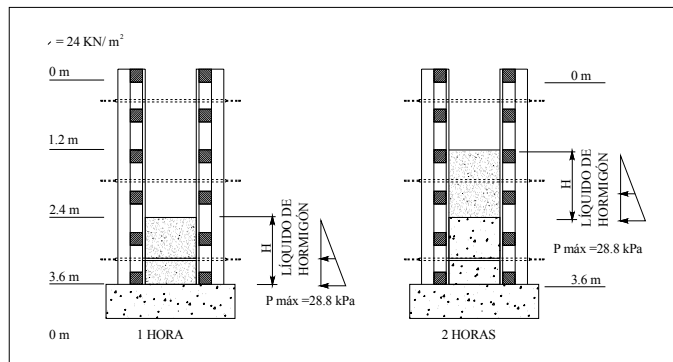


Figura 2.- Presiones del hormigón

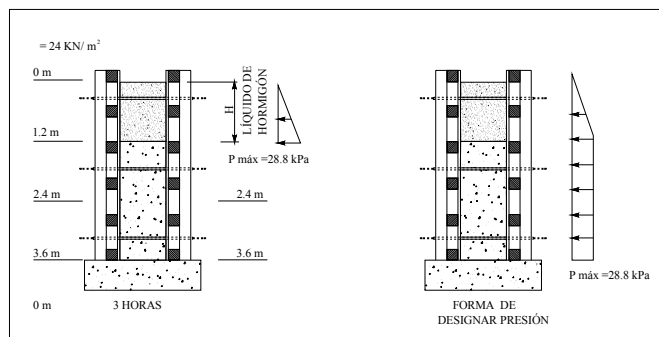


Figura 3.- Presiones del hormigón

La idea es terminar con las juntas y para esto es necesario colocar una mayor cantidad de hormigón en el moldaje, lo que trae como consecuencia un aumento de la presión en la parte inferior del moldaje, el que tiene que ser reforzado para que no se produzca un reventón, lo que desataría un accidente o una pérdida en todo sentido, tanto en costos como en el trabajo avanzado en la obra.

## 7.2. Compactación

Esta operación es importante dado que cumple la función de aumentar la compacidad de la mezcla de los materiales lo que trae como consecuencia generar un hormigón de mayor calidad y resistencia.

Además una buena compactación ayuda a evitar o eliminar el aire atrapado por toda la masa y a disminuir al mínimo las cavidades en la superficie lo que es de vital importancia en el hormigón a la vista. Existe el método vibración externa e interna, pero para hormigón a la vista se recomienda el método de vibración interna, dado que se ejerce contacto directamente con el hormigón, pero hay que tener cuidado con el exceso de compactación, debido a que hace subir el mortero y lechada de hormigón enviando hacia abajo el agregado, y también con la insuficiencia por que se produce el fenómeno conocido como nidos de piedras, que son sectores que se ocupan de aire o bolsones de agua segregados de la mezcla, los que dejan huecos al desaparecer.

En la figura 4 se puede ver que la vibración debe hacerse introduciendo la aguja, rápida y profundamente en dirección vertical para luego ser retirada lentamente a velocidad constante, debe evitarse todo movimiento horizontal o inclinación que este fuera de la vertical.

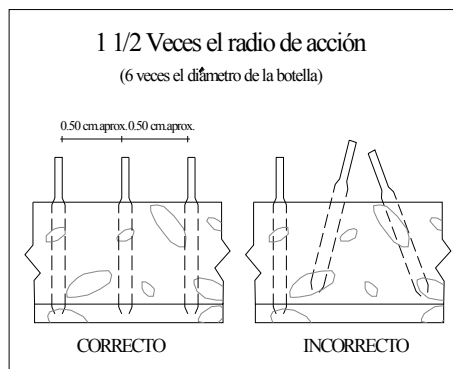


Figura 4.- Aplicación del vibrador de inmersión

### **7.2.1. Método de vibración interna**

El vibrado ayuda al hormigón adherirse con mayor fidelidad a los relieves del moldaje, obteniendo:

- Mejor aspecto de superficie.
- Aumento de las cualidades del hormigón. La resistencia mecánica progresa al mismo tiempo que la compacidad y la adherencia a los refuerzos.

Una buena compactación se traduce en una mayor durabilidad en el hormigón por una reducción de la porosidad en la superficie del hormigón a la vista, lo que permite una mayor protección a las barras de acero contra la corrosión.

El vibrador debe introducirse verticalmente a distancias de 1,5 veces el radio de influencia, a distancias que sean uniformes para toda el área, o cada 50 cm. En donde exista cualquier borde o extremo principal el vibrador no debe introducirse a menos de 60 cm.

Los vibradores deben ser de alta frecuencia y operar entre los 12.000 r.p.m. a 18.000 r.p.m. y el diámetro de la cabeza debe tener a lo menos 50 mm, excepto cuando exista una gran densidad de acero de refuerzo que no permita su penetración.<sup>4</sup>

El vibrador debe penetrar rápido hasta el fondo de la capa, de un solo golpe para así poder aplicar una fuerza al hormigón la que aumenta la presión interna en la mezcla y traspasar unos 15 cm de la capa subyacente si la hay. Este debe mantenerse estacionario dentro de 10 a 30 segundos, dependiendo de la densidad de la mezcla y la eficacia del vibrador, entonces se procede a retirar el vibrador lentamente a una razón de 5 cm/seg, (se debe tomar en cuenta que normalmente la razón es de 7,5 cm/seg).

---

<sup>4</sup> Instituto colombiano de productores de cemento “Betocib”

Para determinar a que distancia horizontal y profundidad vertical se debe introducir el vibrador de inmersión de la anterior y poder compactar de mejor forma la capa inferior de hormigonado con la superior, se hace con la proyección de la punta del vibrador en un ángulo de  $30^\circ$  hacia arriba como se muestra en la figura 5. La última capa de hormigón debe ser revibrada para que no exista un cambio de tonalidad, debido a que las capas inferiores estarán más compactadas por el peso propio que ejerce el hormigón en ellas.

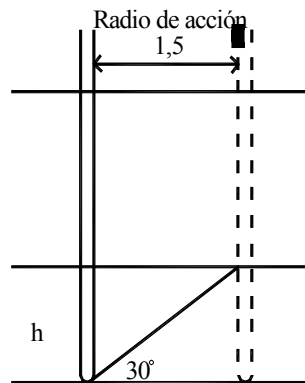


Figura 5.- Introducción del vibrador en la capa inferior de hormigón

Cuando se observa que la vibración no es óptima y exista la posibilidad de que se puedan generar huecos en la superficie del hormigón, la distancia entre las inserciones del vibrador deben reducirse de 30 a 50 cm, o se debe aumentar el tiempo de vibrado en cada punto planificado.

Otro aspecto importantísimo es la planificación del vibrado la que indica los puntos donde debe ser introducido el vibrador, para que puedan abarcar toda el área del hormigón y así no dejar ninguna parte sin vibrar. La intención es que el hormigón tenga una mejor compactación y contacto con la cara del moldaje para tener una terminación superficial óptima.

A continuación se ven algunos consejos para muros en donde se muestra la forma adecuada. Lo importante es que el vibrador cubra todo el moldaje como se ve en la figura 6 y por eso es fundamental que el profesional instruya al trabajador encargado del vibrado. También puede marcar en la parte exterior del moldaje los lugares que se debe introducir el vibrador.

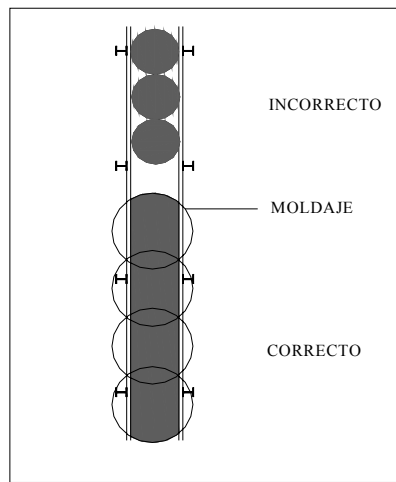


Figura 6.- Forma correcta e incorrecta del área de cobertura del vibrador

Estos son algunos ejemplos de cómo se debe planificar, diseñar y dar introducción para la vibración en forma lineal. En caso que el vibrador no cubra toda el área, es necesario que se introduzca en forma de zig-zag como se ve en la figura 7, preocupándose de cubrir y vibrar todo el hormigón en el interior del moldaje.

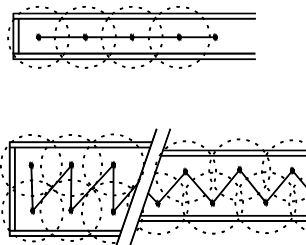


Figura 7.- Diseños de mallas para vibrar correctamente

Cuando el área a vibrar es muy extensa se puede aplicar el siguiente diseño que muestra la figura 8.

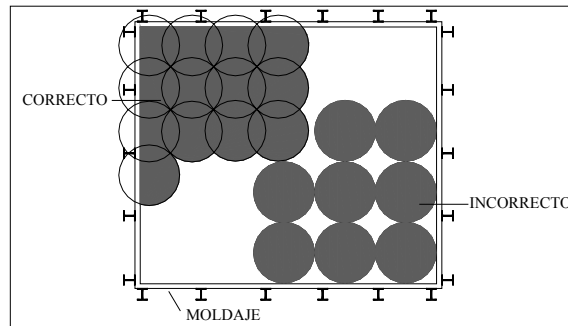


Figura 8. Diseño de vibrado para áreas muy extensas

Cuando se va a vibrar pilares es necesario también preocuparse de que el vibrador cubra el diámetro del pilar en caso que sean circulares, en el caso que sean cuadrados el diámetro de acción debe ser más allá del diámetro del moldaje, debido a que los bordes o esquinas que se forman entre el círculo y el moldaje de forma cuadrada que se aprecia en la figura 9 de forma incorrecta no son vibrados.

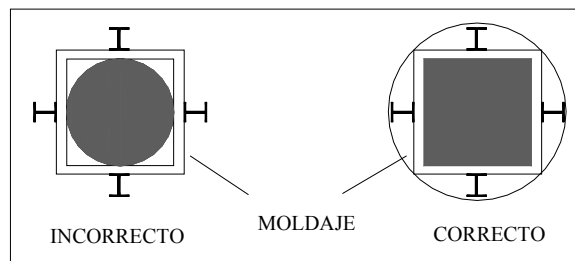


Figura 9.- Radio de acción del vibrador para pilares

En el revibrado después de que la exudación esta sustancialmente completa, pero antes del fraguado inicial, puede emplearse el revibrado para darle más densidad al hormigón y reducir las bolsas de aire y agua que se encuentran en su masa o pegadas al moldaje.



Cuando se quiere hacer una vibración interna bajo un vano o una figura geométrica como se muestra en la foto 24, también es importante que se aplique la goma de 1 cm de espesor por el rededor de la figura para que no se produzcan escurrimientos o pérdida de lechada. Otro detalle es que se deben dejar los orificios necesarios para que se introduzca el vibrador.



Foto 24.- Vanos o figuras geométricas a compactar

Luego para que exista una compactación adecuada se debe colocar hormigón hasta la parte inferior del vano, para posteriormente introducir el vibrador por los orificios dejados en la figura geométrica como se muestra en la foto 25. Para finalmente seguir hormigonando hacia la parte superior por medio de capas horizontales y obtener el resultado que se muestra en la figura 26.



Foto 25.- Vibrador en figura geométrica



Foto 26.- Resultado de la vibración

### 7.2.2. Vibración externa

Este sistema se utiliza cuando el vibrador de inmersión no puede entrar el moldaje o por la densidad de enfierradura.

La vibración externa consiste en fijar el vibrador en las paredes de los moldajes o a una plataforma sobre la cual se colocan los elementos que se van a vibrar. El número de vibradores a utilizar depende del tamaño y la forma del molde, el emplazamiento debe hacerse en lugares convenientes.

Los vibradores externos deben montarse rígidamente en el moldaje, y colocarse con espaciamiento para brindar suficiente fuerza de vibrado al panel como se muestra en la figura 10. El moldaje debe tener suficiente espesor y elementos rigidizadores.

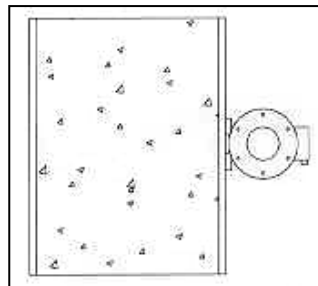


Figura 10.- Vibrador externo

La disposición de los vibradores externos está condicionada fundamentalmente por la colocación y distribución de los rigidizadores.

Las juntas de los bastidores deben ser estancos para que la vibración pesada no produzca fugas del mortero y bolsas de agregado. La vibración externa no es aconsejable usarse en moldajes de madera debido a que este material absorbe las fuerzas vibratorias.

### 7.2.3. Casos especiales

En el caso que no se puede utilizar un sistema de vibración externa con la rigidez suficiente para la estructura del moldaje, se puede optar por un taladro industrial como se muestra en la foto 27, el que se coloca en la función de percusión e instala una goma en la punta para que reduzca el golpe o impacto directo al moldaje. La idea es que en el momento que tiene contacto el taladro con el moldaje se produzca la vibración necesaria, para que las burbujas de aire que se encuentran atrapadas en la parte inferior empiecen a subir hacia la parte superior, para evitar, o reducir, así las burbujas en la superficie del hormigón.

Cuando existen canterías es necesario cumplir con las capas horizontales de hormigonado antes mencionadas, pero al momento de llegar a la cantería se debe hormigonar justo hasta la parte media de ésta y vibrar por debajo para expulsar las burbujas, ya que la cantería produce una dificultad extra a las burbujas para ser expulsadas. Una vez realizado este procedimiento se puede continuar con el proceso y la planificación.



Foto 27.- Vibración externa

Cuando se está colocando hormigón fluido o autonivelante es recomendable o necesario que se realice en capas horizontales y en forma pareja en toda la longitud del moldaje,

para seguir ascendiendo en forma horizontal. Lo mismo debe ocurrir al momento de vibrar con el taladro. Se debe tener cuidado de que sea realizado a una misma distancia y por la misma persona. Instruirlo antes de realizar el proceso, explicarle que si vibra en forma dispareja, o llega a vibrar en la parte superior del moldaje donde no se encuentra hormigón, se producirá un sello que impedirá la expulsión de las burbujas del hormigón.

#### **7.2.4. Problemas de Burbujas y uniformidad**

Este tipo de patología es principalmente generada por los componentes del desmoldante, la cantidad que se le aplica a la cara de contacto, la forma y tiempo de compactar el hormigón.

Es prácticamente difícil eliminar el aire atrapado en el hormigón, sobre todo cuando no se aplica el desmoldante adecuado para cada material o evitar las manchas de uniformidad cuando el desmoldante esta en exceso en la cara de contacto del moldaje, lo que sucede que el desmoldante se coloca denso, luego se deposita el hormigón y se empieza a vibrar para que desaparezcan las burbujas de aire, pero como el desmoldante está en exceso, sucede que le cuesta demasiado subir a las burbujas de aire las que quedan atrapadas a mitad de camino hacia la superficie y se reflejarán después en la superficie del hormigón como se muestra en la foto 28.



Foto 28.- Burbujas en la superficie

Para ayudar a terminar con las burbujas en la superficie existe un pañete eliminador de burbujas superficiales que se muestra en la foto 29, que se ocupa generalmente para los estanques, con el fin de evitar el crecimiento de organismos no deseados en los poros de la superficie. Este sistema puede ser utilizado para el hormigón a la vista.



Foto 29.- Pañete eliminador de burbujas superficiales

En la foto 30 se compara el resultado obtenido al aplicar este pañete en un lado del muro de hormigón a la vista, lo que muestra que efectivamente se elimina las burbujas en la superficie, pero cambia la tonalidad con respecto al lado derecho de la muestra donde no se aplicó el pañete.



Foto 30.- Resultado y comparación al utilizar el pañete

Si en un lugar se aplica mayor cantidad de desmoldante y no se vibra uniformemente, surgirán diferencias que impedirán obtener un hormigón a la vista homogéneo como se muestra en la foto 31 y 32.

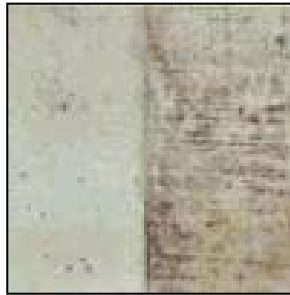


Foto 31.- Aspecto no uniforme



Foto 32.- La no uniformidad del tono.

### **7.3. Problemas de Oxidación**

Se pueden producir manchas de óxido, no progresivas, las que son ocasionadas durante la ejecución del proyecto como:

- En el caso de lluvias y si se encuentran a la intemperie los moldajes, con sus aceros en el encofrado, aparecen huellas de óxido que son transportadas por la lluvia. Luego estas huellas son incorporadas al hormigón al momento del vaciado y se reflejan al momento de desmoldar como se muestra en la foto 33.
- Cuando se está en distintas etapas de ejecución del proyecto y el acero de refuerzo espera ser utilizado, se oxida y puede provocar derrames de óxido sobre los hormigones que se encuentran en la parte inferior.

Estas manchas son provocadas por las negligencias en el proceso de ejecución y construcción de hormigonado y pocas veces se acentúan con el tiempo, y más bien tienden a atenuar.

Manchas de óxido progresivo, las que pueden producirse:

- Con los recortes de alambres de amarre del refuerzo que caen en el fondo del moldaje el que queda introducido para cuando se está hormigonando posteriormente.
- Con los refuerzos mal colocados, es decir, la ausencia o desplazamiento de las calugas separadoras o de los apoyos del moldaje, lo que permite que el esfuerzo quede demasiado cerca de la superficie del hormigón y el recubrimiento sea lo insuficiente para aguantar los agentes contaminantes.
- Con la elaboración de un hormigón demasiado poroso, debido a su dosificación, mezclado con exceso de agua y una mala vibración.

Estas manchas perjudican la estética de la superficie y se tienden acentuar en el tiempo y al igual que las anteriores son debido a las negligencias durante el proceso de ejecución del hormigón. Es de preocupación los efectos de la oxidación debido a que no se puede reparar la superficie del hormigón a la vista sin dañar su aspecto.



Foto 33.- Oxidación en la parte inferior de la losa



### 7.3.1. Alambre de amarre

El alambre de amarre del refuerzo debe ser de preferencia de acero inoxidable suave, para evitar las manchas en la superficie. Todos los alambres de amarre deben estar doblados lejos de la superficie y hacia el interior del moldaje como se muestra en la foto 34. Los sujetadores del alambre de amarre deben retirarse de las superficies horizontales que queden expuestas a la vista.



Foto 34.- Alambre de amarre

### 7.3.2. Alambre Galvanizado

Cuando existe la necesidad de colocar acero de alambre galvanizado cerca de los moldajes metálicos no galvanizados, hay que tener cuidado debido a que el hormigón presenta cierta tendencia a pegarse al moldaje, lo mismo ocurre cuando el refuerzo no galvanizado se emplea cerca de moldajes o forros para moldajes galvanizados. Una forma para dejar el metal lo suficientemente inerte para evitar reacciones entre el zinc y el hormigón fresco alcalino, es aplicar como lavado sobre la superficie galvanizada una solución de dicromato de sodio al 2 % o una solución de ácido crómico<sup>5</sup> (tritóxido de cromo) al 5 %.

---

<sup>5</sup> Instituto colombiano de productores de cemento “Betocib”

#### 7.4. Desmolde

Suponiendo que se ha cumplido con lo planificado y los cuidados necesarios, además de la mano de obra requerida y sin variación para obtener la calidad deseada en el trabajo, el desmolde debe ser de sumo cuidado para mantener y no estropear los resultados ya obtenidos. Los moldes deben ser retirados sin causar daño al hormigón. Debe quedar prohibido hacer palanca contra la superficie de hormigón durante el desmolde como muestra la foto 35.



Foto 35.- Desmoldando en forma indebida con un chuzo

La operación de desmolde es particularmente crítica para el caso del hormigón a la vista, no sólo para evitar los arañazos superficiales ordinarios sino también para prevenir daños a los diseños superficiales. Antes de retirar el moldaje, el hormigón debe haber adquirido la suficiente resistencia inicial para eliminar el riesgo de fisuras, desmoronamiento y ser auto soportante para resistir daños mecánicos durante el proceso de descimbrado. Si la adhesión entre la cara del moldaje y el hormigón es mayor que la cohesión dentro del hormigón en las superficies, puede producirse descascaramiento y las esquinas pueden dañarse.

Además, es prudente proporcionar protección a las esquinas y a los bordes después de haber quitado el moldaje para prevenir daños causados por otras actividades en la obra.

Para el hormigón a la vista, los moldes superficiales se deben remover al final de un intervalo de tiempo similar, con el fin de evitar cambios en el color, tonalidad y lograr así la uniformidad.

Una idea para desmoldar sin producir daños y evitar hacer palanca en la superficie del hormigón es aplicar cuatro tensores de acero o de alambres en el bastidor, que deben estar unidos al otro extremo por dos pilares rígidos, luego se empieza a torsionar los cables al mismo tiempo, los que empiezan a disminuir su longitud y a la vez aplican una fuerza de tracción a la cara exterior del bastidor, logrando así aflojar el moldaje para ser retirado sin causar daño alguno.

## **7.5. Curado del hormigón**

El curado al hormigón debe ser hecho a edades tempranas para evitar la pérdida de humedad por efecto de evaporación y tratar en lo posible llevar un control de temperatura en el hormigón. Existen cuatro requisitos fundamentales para el curado:

- **Duración:** Se debe tomar precaución de mantener la humedad para que el cemento se haya hidratado lo suficiente, para que se produzca la reacción química.
- **Temperatura:** Se debe mantener una temperatura razonable que sea uniforme en la sección o lugar que se está curando.
- **Humedad:** Debe prevenirse la pérdida y evaporación prematura de la humedad del hormigón.
- **Protección:** Se debe proteger el hormigón de no ser golpeado o pasado a llevar por medios mecánicos y agentes ambientales contaminantes.

El hormigón pobremente curado empieza su vida con un defecto que puede ser fatal. Los vacíos llenos de agua, en vez de llenarse con cemento hidratado, permanecerán vacíos después de evaporada el agua de la mezcla.

Lo importante es que se planifique y se respeten los tiempos que se hicieron en el programa y una vez terminado el curado del hormigón se proceda a supervisar que los moldajes tengan el mismo tiempo de ejecución en el proceso.

Para garantizar que el curado húmedo seleccionado no decolore la superficie del hormigón, se debe tener un cuidado extremo. El empleo de hojas de plástico puede ser útil para cubrir elementos de formas complejas, pero pueden observarse diferencias de color entre las áreas en que la hoja de plástico está en contacto con el hormigón y las áreas en las que no está en contacto, y si se llega a realizar se tiene que tener cuidado de

que el plástico debe estar lo más estirado posible, y que no presente dobleces los que se traducirán en manchas a futuro en la superficie del hormigón<sup>6</sup>.

### **7.5.1. Fisuras de retracción plástica**

La deshidratación precoz es la pérdida de agua que puede impide la buena hidratación del cemento, causando una disminución en las resistencias, como así también una gran porosidad de la superficie del hormigón. Cuando existen circunstancias desfavorables, este hormigón tendrá un comportamiento no satisfactorio, infiltraciones de agua y resquebrajamiento de la superficie.

Las fisuras de retracción plástica son fisuras relativamente cortas, poco profundas y erráticas, aunque a veces se muestran paralelas, que pueden aparecer durante los trabajos de terminación en días ventosos, con baja humedad y alta temperatura del aire. La rápida evaporación de la humedad superficial supera a la velocidad ascendente del agua de exudación, causando que la superficie del hormigón se contraiga más que el interior<sup>7</sup> como se muestra en el gráfico 1.

---

<sup>6</sup> Concreto Arquitectónico 1996

<sup>7</sup> Instituto Mexicano del Cemento y del concreto

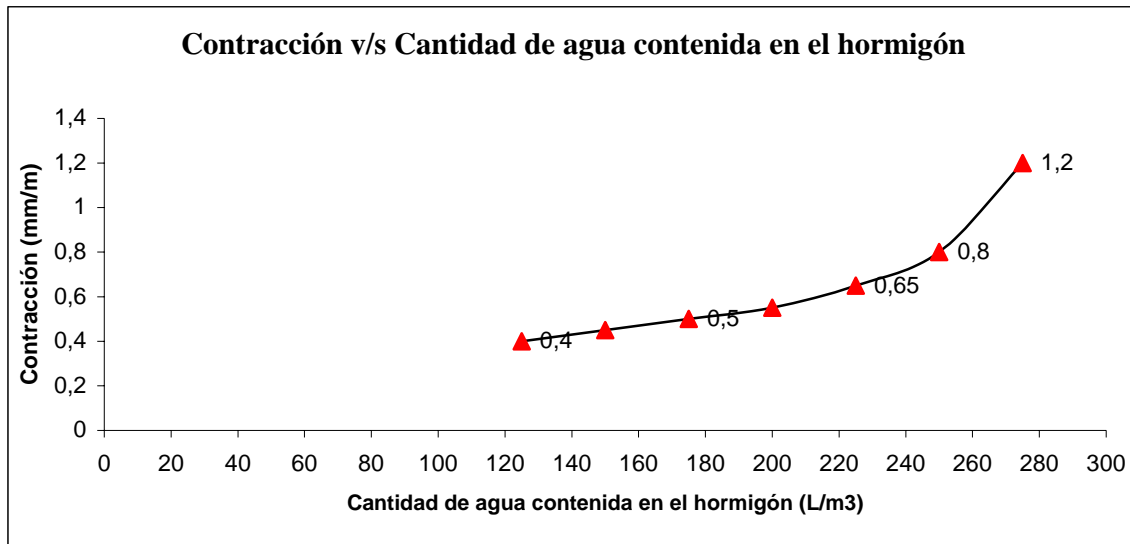


Gráfico 1.- Contracción v/s cantidad de agua en el Hormigón

Mientras el hormigón interior restringe la contracción del hormigón superficial, se desarrollan tensiones de tracción que exceden la resistencia del hormigón y consecuentemente se desarrollan fisuras en la superficie. Las fisuras de retracción plástica varían desde unos pocos centímetros de largo hasta 1,50 ó 2,00 m y suelen tener una profundidad de 2 a 3 cm aunque pueden penetrar hasta la mitad, o más, del espesor de la losa, cuando las condiciones ambientales son muy adversas y las prácticas de protección y curado resultan deficientes.

Si no se dispone de adecuadas condiciones de protección, la superficie del hormigón tiende a perder humedad por evaporación. Como resulta obvio, la velocidad de evaporación superficial aumenta a medida que la temperatura (ambiente y del hormigón) y la velocidad del viento son mayores y la humedad relativa es más baja. Es por eso que, para evitar o minimizar estas fisuras, se recomienda actuar sobre la técnica de protección y curado.

Para el curado del hormigón se debe descartar cualquier método que pueda dañar el hormigón como la tierra húmeda, paja o tejidos húmedos de color. Las láminas plásticas y el papel a prueba de agua pueden causar una apariencia manchada por una distribución no uniforme de la humedad en la superficie. Aún el utilizar compuestos para el curado de hormigón puede redundar en una mala apariencia.

Se prohíbe curar el hormigón con agua a presión, como sería el chorro de la manguera, el que produce daño en la superficie. Lo que se aconseja es curar en forma de lluvia o con rociadores.

## 8. CAPÍTULO VII : CRITERIO TÉCNICO Y CIENTÍFICO PARA EVALUAR EL TONO Y COLOR DEL HORMIGÓN A LA VISTA

### 8.1. Data-Color

Para poder desarrollar este criterio es necesario partir por preguntar cual es la naturaleza de la luz o el proceso para que el ser humano vea los distintos tonos o colores.

La luz emitida por el sol proviene de fotosfera que es la capa visible y debido a su altas temperaturas aquí se generan las ondas de luz, algunas veces la luz se manifiesta como ondas y se miden por ondas electromagnéticas las que tienen un ciclo que se repite en intervalos separados por una longitud de onda y está es la que determina el color de la luz.<sup>9</sup>

La luz blanca esta compuesta de ondas de diversas frecuencias, cuando un rayo de luz blanca pasa por un prisma se separa en sus componentes de acuerdo a la longitud de onda como se muestra en la figura 11 y 12.

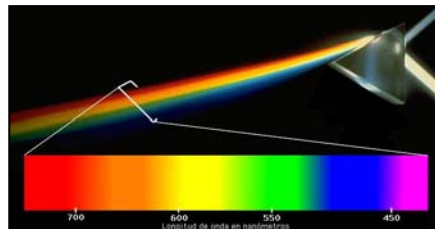


Figura 11.- Prisma con los colores

---

<sup>9</sup> Copyright 1998- 2003 ,derechos reservados, Sergio Torres Arzayus



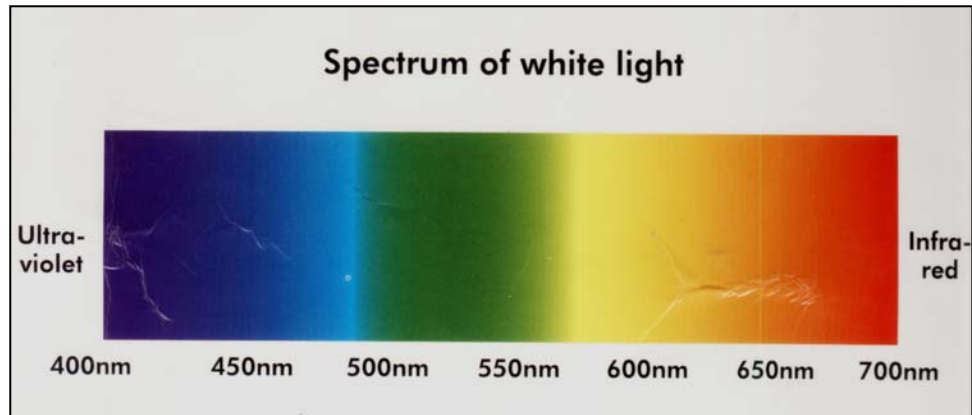


Figura 12.- Longitudes de ondas que refleja el prisma

Estos colores están ubicados en la luz visible entre los valores de 400 a 700 (nanometros = nm =  $10^{-9}$  m)<sup>10</sup>. Como se muestra en la siguiente figura 13 se muestra lo que es capaz de ver el ojo humano y en los extremos encuentran los rayos x, ultravioleta e infrarrojo que son imperceptibles al ojo humano.

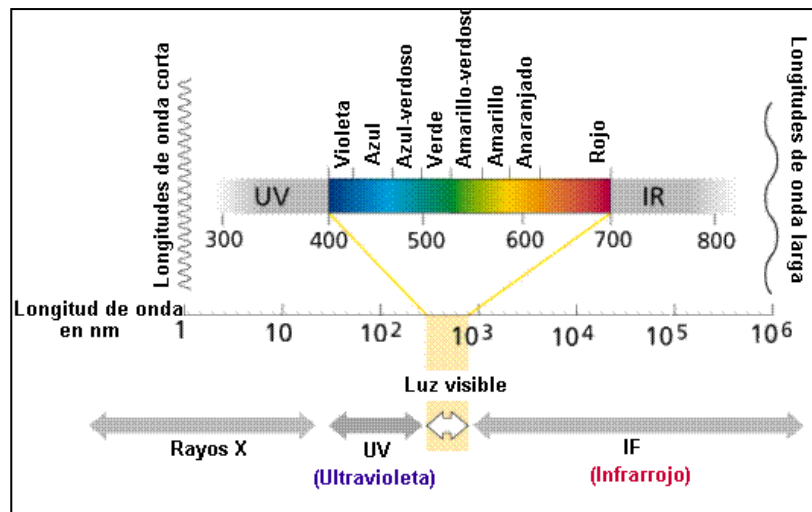


Figura 13.- Análisis de la espectroscopía

<sup>10</sup> Referencia Fernando Luis Romera, Chiclana, Cadiz, España 2004

Cuando la luz blanca choca con un objeto, una parte de los colores es absorbida por la superficie y el resto son reflejados, las componentes que son reflejadas son las que determinan el color que percibimos, es decir, que si se reflejan todas es blanco y si las absorbe es negro. Entonces el color con que percibimos un objeto depende del tipo de luz que le enviamos y de los colores que este sea capaz de reflejar.

El ojo humano es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético su distribución espectral aproximada es:

Cuadro 1.- Intervalos de radiación con sus ondas longitudinales<sup>11</sup>

Tipo de radiación	Longitud de onda (nm)
Violeta	400-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-700

---

<sup>11</sup> Referencia Javier Garcia F. Oriol Boix , 2003

Después de entender como vemos los colores, veremos de manera cuántica como obtener los valores correspondientes de cada uno de estos colores primordiales y para eso se trabaja con el círculo cromático del data-color que se muestra en la figura 14, es un instrumento de medición, que por intermedio de un software entrega las coordenadas indicando la tendencia del color<sup>12</sup>.

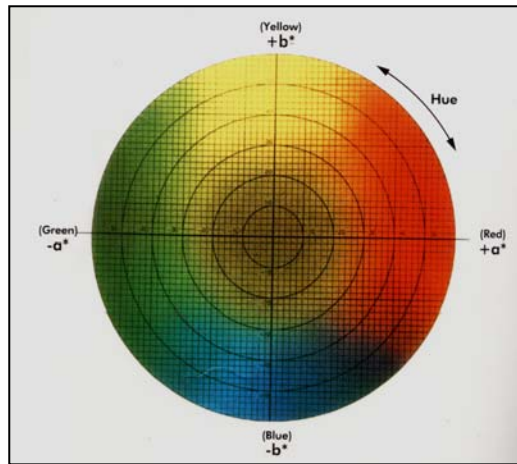


Figura 14.- Círculo cromático

Existen cuatro colores que son el rojo( $a^*o$ ), verde( $-a^*o$ ), amarillo( $b^*o$ ) y azul( $-b^*o$ ) que están ubicados en el plano horizontal y en el vertical en la parte superior el blanco( $L^*$ ) y en la inferior el negro( $-L^*$ ).

---

<sup>12</sup> Instituto de Artes Visuales

Existe lo que se llama la tolerancia de elipsoide que muestra la figura 15, la que se genera con la muestra patrón dando las coordenadas del color que se representa con las letras  $L^*o$ ,  $a^*o$ ,  $b^*o$ .

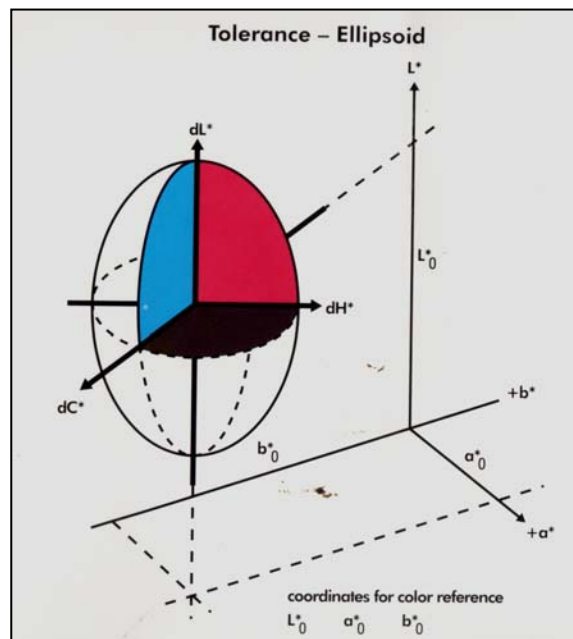


Figura 15.- Tolerancia elipsoide

Posteriormente a partir de esa coordenada inicial se genera un elipsoide de tolerancia llamado AI-PF.

### 8.1.1. Formación del AI-PF

Esta opción permite generar las tolerancias de paso/falla en la aceptación visual de las muestras de hormigón mediante el uso de la técnica AI, el software puede determinar tolerancias de elipsoides que se verificarán con respecto a la muestra patrón y definirá como aceptable o falla las muestras medidas. Este proceso de generar tolerancias de elipsoide desde la muestra patrón es llamado: formación.

AI-PF nos referimos a este método de paso/falla como la sigla mencionada anteriormente. Ésta usa las coordenadas de CIELAB de DC\*, DH\* y DL\* para determinar una aceptabilidad de volumen del elipsoide en el espacio de color de CIELAB.

El elipsoide podría no ser simétrico alrededor del estándar, incluso muy lejos del estándar dependiendo de los datos usados en la formación con la muestra patrón.

### 8.1.2. Valor de AI-PF

Después que las tolerancias para DC\*, DH\* y DL\* han sido determinados, podemos establecer si una muestra cae dentro del elipsoide aceptable, mediante el uso del siguiente cálculo:

$$AI-PF = \sqrt{\frac{DC^2}{DC_{tol}^2} + \frac{DH^2}{DH_{tol}^2} + \frac{DL^2}{DL_{tol}^2}}$$

En esta ecuación: DC, DH y DL representan los CIELAB: DC\*, DH\* y DL\* de una muestra patrón. Los DC con totales representan las tolerancias de paso/falla de AI-PF para el estándar. Si el valor de AI-PF es mayor que dos, indica que la muestra cae fuera del volumen aceptable del elipsoide y la muestra fallará. Si el valor es menor que dos, esto indica que la muestra cae dentro del volumen aceptable del elipsoide y la muestra pasará. Si el valor es igual a dos indica que la muestra cae en la superficie aceptable de volumen de la elipse. El número dos siempre determinará el paso/falla para el valor de AI-PF.

Luego de explicar como funciona la máquina que utilizaremos, se procedió a crear muestras en laboratorio con un cemento (Potland- Puzolánico) PC 400 que tiene un grado de alta resistencia, verificado por la NCh 148- Of 98.

Se crearon 22 muestras de pasta de cemento que fueron medidas en balanzas debidamente certificadas que pertenecen al laboratorio de Polpaico con los siguientes valores:

- Relación agua-cemento de 0,6 con respecto al cemento
- Aditivo Grace construction products, daratard, forma líquida, con un color café oscuro al 0,6 % , respecto al cemento
- Pigmento mineral negro para poder variar los colores de las pastas de cemento con distintos tipos de porcentaje.

Muestra patrón:      Cemento = 400 g  
                                 Agua =  $400 \times 0,6 = 240$  g  
                                 Aditivo =  $400 \times 0,006 = 2,4$  g  
                                 Pigmento = 0 g

Muestra al 1% :      Cemento = 400 g  
                                 Agua = 240 g  
                                 Aditivo = 2,4 g  
                                 Pigmento =  $400 \times 0,01 = 4$  g

Y así sucesivamente se fueron aumentando los porcentajes de los pigmentos:

Muestra al 2 % = 8 g  
Muestra al 3 % = 12 g  
Muestra al 4 % = 16 g  
Muestra al 5 % = 20 g  
Muestra al 6 % = 24 g  
Muestra al 7 % = 28 g  
Muestra al 8 % = 32 g  
Muestra al 9 % = 36 g  
Muestra al 10 % = 40 g

Después de una semana se procedió a medir las muestras en el data-color ocupando la muestra del patrón como la luz blanca, la cual es medida por la máquina. Así el software crea el elipsoide de paso/falla para dar los siguientes valores:

Cuadro 2.- Resumen de las mediciones

<b>Muestra</b>	<b>DL*</b>	<b>Da*</b> <b>-Verde</b> <b>+ rojo</b>	<b>Db*</b> <b>- azul</b> <b>+ amarillo</b>	<b>DC*</b>	<b>DH*</b>	<b>Paso/Falla</b> <b>AI-PF</b>
<b>1 / 1</b>	- 2.97	- 0.01	0.43	0.43	0.07	<b>3.06</b>
<b>1 / 2</b>	- 2.98	- 0.01	0.51	0.52	0.05	<b>2.98</b>
<b>2 / 1</b>	- 3.15	- 0.02	0.53	0.83	0.09	<b>3.25</b>
<b>2 / 2</b>	- 3.14	- 0.03	0.54	0.86	0.08	<b>3.24</b>
<b>3 / 1</b>	- 4.49	- 0.12	- 0.34	- 0.32	- 0.17	<b>4.56</b>
<b>3 / 2</b>	- 4.43	- 0.02	- 0.99	- 0.89	- 0.18	<b>4.76</b>
<b>4 / 1</b>	- 4.77	- 0.12	- 0.98	- 0.95	- 0.28	<b>4.87</b>
<b>4 / 2</b>	-4.88	0.15	- 0.99	- 0.94	- 0.25	<b>5.10</b>
<b>5 / 1</b>	-7.08	- 0.09	- 1.46	- 1.42	- 0.35	<b>7.22</b>
<b>5 / 2</b>	-7.40	- 0.09	- 1.48	- 1.45	- 0.39	<b>7.55</b>
<b>6 / 1</b>	-14.26	- 0.03	- 2.03	- 1.98	- 0.40	<b>14.41</b>
<b>6 / 2</b>	-15.70	- 0.47	- 0.25	- 0.15	- 0.51	<b>15.71</b>
<b>7 / 1</b>	-16.52	- 0.17	- 2.10	- 2.10	- 0.15	<b>16.65</b>
<b>7 / 2</b>	-15.82	- 0.35	- 2.70	- 2.72	- 0.03	<b>16.06</b>
<b>8 / 1</b>	-16.45	- 0.16	- 2.83	- 2.82	- 0.36	<b>16.70</b>
<b>8 / 2</b>	-17.76	- 0.26	- 3.06	- 3.06	- 0.26	<b>18.03</b>
<b>9 / 1</b>	-18.44	- 0.25	- 2.87	- 2.87	- 0.22	<b>18.65</b>
<b>9 / 2</b>	-19.08	- 0.28	- 2.74	- 2.75	- 0.14	<b>19.28</b>
<b>10 / 1</b>	-19.10	- 0.25	- 2.90	- 2.90	- 0.23	<b>19.29</b>
<b>10 / 2</b>	-19.24	- 0.26	- 2.98	-2.98	- 0.24	<b>19.47</b>

Los valores que refleja el cuadro 2 en la última columna, son los cálculos realizados por el software, entregando el valor de paso o falla con respecto a la muestra patrón. Recordemos que si el valor es superior a dos adimensional fallará. Como se ve, todas las muestras fallan. Pero si se compara un valor con respecto al siguiente, como se puede ver en la tabla diferencial que se encuentra en los anexos, nos revela que la muestra 1 falla cuando llega a compararse con la muestra 4, lo que está indicando, matemáticamente, que existe una diferencia de color perceptible al ojo humano. Este proceso se desarrolló con todas las muestras, pero se ve que la mayor diferencia de valores está entre las muestras 4, 5 y 6, lo que llevó a definir de la muestra 4 hacia abajo como un gris claro y de la muestra 6 hacia arriba como un gris oscuro.



## 8.2. PHOTOSHOP.CS

Otra forma para poder cuantificar los colores fue por medio del programa computacional PHOTOSHOP, versión CS, que por medio de fotos digitales se introducen en el programa y son analizadas. Luego colocando el cursor sobre las muestras digitales se entregaron los siguientes valores mencionados en el cuadro 3 que son los pantonne que se ocupan para las paletas de colores en diseño y publicidad.

Cuadro 3.- Numeración del color según photoshop.cs

Muestra	Numeración Color			Promedio
	Rojo	Verde	Azul	
<b>0</b>	137	138	135	<b>136.7</b>
<b>1</b>	135	133	134	<b>134.0</b>
<b>2</b>	134	133	138	<b>135.0</b>
<b>3</b>	128	130	131	<b>129.7</b>
<b>4</b>	123	124	129	<b>125.3</b>
<b>5</b>	119	116	115	<b>116.7</b>
<b>6</b>	107	107	109	<b>107.7</b>
<b>7</b>	99	97	100	<b>98.7</b>
<b>8</b>	97	97	107	<b>100.3</b>
<b>9</b>	89	88	94	<b>90.3</b>
<b>10</b>	87	86	95	<b>89.3</b>

Los valores que se muestran en la tabla son los pantonnes de los colores que sirven para definir un color específico. Lo que hace el software es entregar el valor del pantonne rojo, verde, azul y con la combinación de estos valores siempre se obtendrá el gris deseado. Las mediciones entregaron valores que reflejaron las diferencias mayores en las muestras 4, 5 y 6 al igual que en la medición anterior.

Las fotos deben ser tomadas con la misma cámara y analizadas en el mismo computador para no involucrar más variables a la medición.

Lo importante de estos dos experimentos de medición es evitar los conflictos o también encontrar puntos de aceptación o de rechazo medidos cuánticamente. Los rangos deben ser definidos entre las partes involucradas.

En la parte de anexos se encuentran los cuadros con sus deltas correspondientes y figuras con las mediciones que fueron extraídas del programa computacional, para así verificar que se encuentran las mismas diferencias (no en valores, sino en rangos) con el método anterior.

## **9. CAPÍTULO VIII : EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **9.1. Comparación de costos por partidas y totales entre hormigón con revestimiento y hormigón a la vista**

En este punto no se involucran imprevistos ni utilidades, sólo los costos que impliquen la terminación superficial del hormigón a la vista. Esto es de importancia, ya que las empresas se preocupan de los costos de la obra cualquiera que sea. Estos datos son verídicos de una obra que se llevó a cabo y fueron entregados con el compromiso de no revelar la fuente de información. Es un edificio que se realizó con terminaciones de empaste, pinturas, estucos y la idea es poder comparar los costos de éste si se hubiese realizado con hormigón a la vista y ver cuánto es la diferencia de valores involucrados en todos los aspectos posibles.

Se tomó un ejemplo en particular para poder llevar la comparación, la que sirve como paso a seguir para una comparación posterior que se quiera realizar, ya sea en obras civiles o de edificación. Lo importante es ver cuáles son los ítemes por partidas y globales que se involucran en el desarrollo del proyecto.

En esta comparación existen ítemes que obviamente sirven para el hormigón revestido y hormigón a la vista como son grúa y enfierradura. Como se puede apreciar en el cuadro 4 donde se encuentran los precios unitarios de los moldajes para hormigón a la vista tienen un costo mayor dado que son una cara de contacto con mejor superficie, más encima se utilizan y agregan a los encofrados piezas que permitan tener mayor hermeticidad.

Ocupando un criterio para poder definir el costo por metro cuadrado, se procedió a hacer la suma total del costo de lo que implica tener una obra hormigón a la vista y se dividió por los metros cuadrados de superficie útil del edificio.

En el cuadro 4 se especifica los costos en UF.

Cuadro 4.- Costos del hormigón revestido

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	P.U.	TOTAL
					HR
<b>1</b>	<b>Grúa</b>			(UF)	(UF)
1.2	Instalación de grúa	gl	1	17.44	17.44
1.3	tiempo de constr. de la obra	gl	10	58.14	581.40
	<b>Subtotal</b>				<b>598.84</b>
<b>2.3</b>	<b>Moldajes Obra Gruesa</b>				
2.31	Moldajes de Fundaciones	m2	39	0.13	4.93
2.32	Moldaje de Muros y Pilares	m2	15,928	0.20	3,234.68
2.33	Moldaje de Losas	m2	6,481	0.22	1,397.18
2.34	Moldaje de Vigas	m2	770	0.24	186.10
2.35	Moldaje de Escalas	m2	348	0.28	97.54
	<b>Subtotal</b>				<b>4,920.44</b>
<b>2.4</b>	<b>Hormigón Estructural</b>				
2.41	Emplantillados	m3	32	1.71	54.81
2.42	Hormigón de Fundaciones	m3	275	2.12	583.86
2.43	Hormigón de Muros y Pilares	m3	1,612	2.10	3,390.35
2.44	Hormigón de Losas	m3	1,041	2.42	2,514.56
2.45	Hormigón de Vigas	m3	65	2.42	157.01
2.46	Hormigón para escalas	m3	50	2.09	104.33
	<b>Subtotal</b>				<b>6,804.93</b>
<b>2.5</b>	<b>Acero Estructural</b>				
2.51	Acero de Construcción	kg	241,985	0.03	7,161.07
	<b>Subtotal</b>				<b>7,161.07</b>
<b>3.2</b>	<b>Remates</b>				
3.21	Estucos Interiores	m2	166	0.13	22.15
3.22	Estucos Exteriores	m2	4,626	0.11	511.01
3.23	Estuco chicoteado	m2	63	0.13	8.09
3.24	Cortagoterias	ml	775	0.03	24.78
3.25	Eslucidos en yeso	m2	4,680	0.13	585.54
3.26	Cornisas	ml	4,299	0.03	131.97
3.27	Sobrelosas	m2	368	0.17	60.83
	<b>Subtotal</b>				<b>1,344.37</b>

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	P.U.	TOTAL
4.3	<b>Revestimiento de Muros</b>				
4.31	Muros Cocinas	m2	1,239	0.36	450.87
4.32	Baños N°1 y N°2	m2	1,873	0.34	630.94
4.34	Papeles Murales	m2	8,096	0.11	869.38
	<b>Subtotal</b>				<b>1,951.18</b>
4.5	<b>Pinturas</b>				
4.51	Pintura a la cal	m2	2,914	0.05	132.15
4.54	Látex vinilacrílico	m2	11,558	0.10	1,143.03
4.55	Losalin	m2	3,608	0.05	184.60
4.56	Óleo semibrillo	m2	5,011	0.15	749.03
4.57	Esmalte al agua semibrillo	m2	1,441	0.08	108.91
4.58	Esmalte sintético	m2	1,475	0.12	172.37
4.6	Esmalte Alquidico	m2	164	0.07	11.34
4.62	Martelina grano arroz	m2	698	0.10	66.96
4.63	Martelina Orgánica	m2	404	0.49	198.05
4.64	Martelina	m2	4,626	0.14	645.49
	<b>Subtotal</b>				<b>3,411.92</b>
	<b>Total</b>				<b>26,192.75</b>
5.1	Número de departamentos	uni	127		
5.2	Superficie útil	m2	4,875		
					<b>UF/m2</b>
6.1	<b>Costo final</b>				<b>5.37</b>

Cuadro 5.- Costos del hormigón a la vista

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	P.U.	TOTAL
					HV
1	<b>Grúa</b>			(UF)	(UF)
1.2	Instalación de grúa	gl	1	17.44	17.44
1.3	tiempo de constr. de la obra	gl	10	58.14	581.40
	<b>Subtotal</b>				<b>598.84</b>
2.3	<b>Moldajes Obra Gruesa</b>				
2.31	Moldajes de Fundaciones	m2	39	0.14	5.46
2.32	Moldaje de Muros y Pilares	m2	15,928	0.25	3,982.00
2.33	Moldaje de Losas	m2	6,481	0.26	1,685.06
2.34	Moldaje de Vigas	m2	770	0.29	223.30
2.35	Moldaje de Escalas	m2	348	0.29	100.92
	<b>Subtotal</b>				<b>5,996.74</b>
2.4	<b>Hormigón Estructural</b>				
2.41	Emplantillados	m3	32	1.71	54.81
2.42	Hormigón de Fundaciones	m3	275	2.23	613.04
2.43	Hormigón de Muros y Pilares	m3	1,612	2.21	3,559.80
2.44	Hormigón de Losas	m3	1,041	2.54	2,640.27
2.45	Hormigón de Vigas	m3	65	2.54	164.86
2.46	Hormigón para escalas	m3	50	2.09	104.33
	<b>Subtotal</b>				<b>7,137.11</b>
2.5	<b>Acero Estructural</b>				
2.51	Acero de Construcción	kg	241,985	0.03	7,161.07
	<b>Subtotal</b>				<b>7,161.07</b>
3.2	<b>Remates</b>				
3.21	Estucos Interiores	m2	166	0.00	0.00
3.22	Estucos Exteriores	m2	4,626	0.00	0.00
3.23	Estuco chicoteado	m2	63	0.00	0.00
3.24	Cortagoteras	ml	775	0.00	0.00
3.25	Eslucidos en yeso	m2	4,680	0.00	0.00
3.26	Cornisas	ml	4,299	0.00	0.00
3.27	Sobrelosas	m2	368	0.00	0.00
	<b>Subtotal</b>				<b>0.00</b>
4.3	<b>Revestimiento de Muros</b>				
4.31	Muros Cocinas	m2	1,239	0.00	0.00
4.32	Baños N°1 y N°2	m2	1,873	0.00	0.00
4.34	Papeles Murales	m2	8,096	0.00	0.00
	<b>Subtotal</b>				<b>0.00</b>

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	P.U.	TOTAL
4.5	<b>Pinturas</b>				
4.51	Pintura a la cal	m2	2,914	0.00	0.00
4.54	Látex vinilacrilico	m2	11,558	0.00	0.00
4.55	Losalin	m2	3,608	0.00	0.00
4.56	Óleo semibrillo	m2	5,011	0.00	0.00
4.57	Esmalte al agua semibrillo	m2	1,441	0.00	0.00
4.58	Esmalte sintético	m2	1,475	0.00	0.00
4.6	Esmalte Alquidico	m2	164	0.00	0.00
4.62	Martelina grano arroz	m2	698	0.00	0.00
4.63	Martelina Orgánica	m2	404	0.00	0.00
4.64	Martelina	m2	4,626	0.00	0.00
	<b>Subtotal</b>				<b>0.00</b>
	<b>Total</b>				<b>20,893.75</b>
5.1	Número de departamentos	uni	127		
5.2	Superficie útil	m2	4,875		
					<b>UF/m2</b>
6.1	<b>Costo final</b>				<b>4.29</b>

Es importante destacar que en estos precios la mano de obra esta implícita, a continuación se ve una comparación porcentual de los dos tipos de terminaciones en UF

$$\left( \frac{5,37 - 4,29}{5,37} \right) \times 100\% = 20,11\%$$

el resultado refleja una diferencia en un costo menor en el hormigón a la vista de 20,11% con sólo comparar los ítem que implica a cada uno de los distintos tipos de terminaciones.

## **9.2 Evaluación de la incidencia de los costos asociados a los logros estéticos v/s inexistencia de pintura, estucos, remates y mano de obra, menores plazos de terminación, en la diferencia de costos**

Para poder obtener el costo del hormigón a la vista es necesario considerar a futuro el costo aproximado de \$800.000 que tiene el capacitar a las personas que están involucradas en el tema o a la empresa que se atrevió a realizar este tipo de proyecto. Esta capacitación es por medio de charlas a los profesionales de la obra y en terreno a los trabajadores o cuadrillas que van a estar involucrados en el tema. La idea es que la información sea lo más clara posible.

Estos resultados se obtuvieron debido a que se contaba con la planificación del edificio que está en el programa Project 2000, en el cual se eliminó todo lo que no se involucra en la terminación del hormigón a la vista. Se modificó la planificación por medio del programa y se siguieron los órdenes correspondientes y lógicos para todos los procesos, obteniendo los valores mencionados más adelante.

En los cuadros de planificación del proyecto se eliminaron los días de estuco, yeso, pintura de primera mano y después el remate de pinturas que en este caso tienen una planificación de cinco días correspondientemente. Luego eliminamos estos días de trabajos y los tiempos por pisos disminuyeron de 57 a 38 días, al igual que el resto de los pisos que están relacionados entre sí.

El ítem de terminación se encuentra en todos los pisos, y de un tiempo total de 147 se disminuye a 117 días. Lo que hace se puedan eliminar 30 días en este sólo ítem.



Por esto es que el ítem obra del edificio, en donde el tiempo total del proyecto es de 208 días de construcción y eliminando los ítem mencionados anteriormente, sólo se reduce a 178 días en la obra total, generando una disminución en la obra total de 30 días, los que influirá en el costo final de toda la obra.

Cuadro 6.- Resumen de los días en cada ítem que se pueden disminuir

<b>Ítem</b>	<b>Hormigón revestido</b>	<b>Hormigón a la vista</b>	<b>Diferencia días</b>
<b>Obra edificio</b>	208	178	30
<b>Obra gruesa</b>	178	178	0
<b>Terminaciones</b>	147	117	30
<b>Depto pilotos</b>	33	27	6
<b>Piso 2</b>	57	38	19
<b>Piso 3</b>	57	38	19

El resto de los pisos no son mencionados en el cuadro dado que se repiten las diferencias.

Al obtener los menos días que se demoraría la obra, los vamos a considerar para descontar la mano de obra que implica tener a gente trabajando 30 días extras sólo en el ítem de estucos, pinturas y empastes. Luego como la obra termina estos 30 días antes y es debido a que el tiempo de terminaciones se iguala al de obra gruesa, se debe ver por medio porcentual en el ítem de terminación cuanto implica en el costo final y eso descontarlo en los cuadros ya mostrados anteriormente y obtener el nuevo valor de costo del hormigón a la vista.

Para este paso el resumen del costo total directo de la obra es de UF 74.018,71 y el ítem de revestimientos tiene un valor de UF 7.568,73 que es un 10,22 % del costo total directo de la obra, luego el costo total se dividió por los 208 días obteniendo un valor correspondiente a 356 (UF/día), con los 30 días que se quieren descontar ahí que aplicar

un factor de seguridad debido a que la instalación de los moldajes implica un mayor cuidado en las juntas de los bastidores y poder alinear, ajustar las canterías, aplicar el sello correspondiente entre bastidores, por ende se aplica un 10 % a los 30 días en la planificación, lo que da 3 días los que se descuentan a los 30 quedando finalmente 27 días menos en la terminación de la obra. A continuación los 27 días se multiplican por los 356 (UF/día), obteniendo UF 9.612 que es el dinero que se ahorra al terminar anticipadamente la obra de hormigón a la vista.

Luego para poder obtener el nuevo costo del hormigón a la vista, se debe valorizar el tiempo de incidencia a partir de las UF 9.612 las que se tienen que multiplicar por el 10,22 %, dando como resultado UF 982,35 los que se tienen que descontar del cuadro 7.

Cuadro 7.- Costos del hormigón a la vista con incidencias

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	P.U.	TOTAL
1	<b>Grúa</b>			UF	UF
1.2	Instalación de grúa	gl	1	17.44	17.44
1.3	Tiempo de constr. de la obra	gl	10	58.14	581.40
	<b>Subtotal</b>				<b>598.84</b>
2.3	<b>Moldajes Obra Gruesa</b>				
2.31	Moldajes de Fundaciones	m2	39	0.14	5.46
2.32	Moldaje de Muros y Pilares	m2	15,928	0.25	3,982.00
2.33	Moldaje de Losas	m2	6,481	0.26	1,685.06
2.34	Moldaje de Vigas	m2	770	0.29	223.30
2.35	Moldaje de Escalas	m2	348	0.29	100.92
	<b>Subtotal</b>				<b>5,996.74</b>
2.4	<b>Hormigón Estructural</b>				
2.41	Emplantillados	m3	32	1.71	54.81
2.42	Hormigón de Fundaciones	m3	275	2.23	613.04
2.43	Hormigón de Muros y Pilares	m3	1,612	2.21	3,559.80
2.44	Hormigón de Losas	m3	1,041	2.54	2,640.27
2.45	Hormigón de Vigas	m3	65	2.54	164.86
2.46	Hormigón para escalas	m3	50	2.09	104.33
	<b>Subtotal</b>				<b>7,137.11</b>
2.5	<b>Acero Estructural</b>				
2.51	Acero de Construcción	kg	241,985	0.03	7,161.07
	<b>Subtotal</b>				<b>7,161.07</b>
5	<b>Incidencias</b>	10.22%			
5.1	Revestimiento (10,22%)	Uf/dia	-27	356.00	-982.35
5.2	Curso capacitación	UF	1	46.51	46.51
	<b>Subtotal</b>				<b>-935.84</b>
	<b>Total</b>				<b>19,957.92</b>
	Número de departamentos	unidad	127		
	Superficie útil	m2	4,875		
					<b>UF/m2</b>
6.1	<b>Costo final</b>				<b>4.09</b>

## 10. CAPÍTULO IX: CUADRO RESUMEN

Cuadro 8.- Resumen de defectos y soluciones

<b>PARÁMETROS</b>	<b>DEFECTOS</b>	<b>SOLUCIONES</b>
Diseño	Retracción natural del hormigón	-Eliminar superficies extensas, uniformes e ininterrumpidas
Planificación	Interpretar las especificaciones técnicas	-Maquetas de pre-construcción
Planificación	Desigualdad en la mano de obra, baja calidad y rendimiento	-Personal con competencia y certificación en el tema
Moldes	Estanqueidad	-Silicona en las uniones de las placas y bastidores -Cantidad de usos posibles
Moldes	Esgurrimiento en la parte inferior del moldaje	-Instalar goma de 1 cm aprox. de espesor -Aumentar los refuerzos en el moldaje
Ejecución	Oxidación de los alambres de amarre	-Supervisar que las puntas de los alambres se doblen hacia el interior
Ejecución	Manchas y desigualdades en la superficie	-Evitar exceso de desmoldante y ocupar el adecuado para la cara de contacto -Aplicar desmoldante por medio de rociadores -Recubrir la enfierradura -Curar con regaderas o en forma de lluvia
Ejecución	Burbujas en la superficie	-Compactar en capas horizontales -Ocupar desmoldante con menor densidad posible
Ejecución	Daños y golpes en la superficie	-Desmoldar con fuerzas horizontales iguales -Proteger de medios mecánicos

## **11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al finalizar la investigación y el estudio de los parámetros que intervienen en la construcción y terminación superficial del hormigón a la vista se puede concluir:

La coordinación para producir hormigón a la vista debe considerar a todas las personas y profesionales que están involucrados para que se reúnan, planifiquen y aporten sus conocimientos.

En la etapa de diseño estructural se deben cumplir las mismas normas y procedimientos de cálculos y resistencias que cualquier proyecto requiere, pero es fundamental evitar altas densidades de armaduras. Pero lo que es en el diseño arquitectónico o superficial se debe especificar cómo se dividirán las superficies de hormigón, ya sea por medio de canterías, biselados y juntas de dilatación. La idea es que sean simétricas para facilitar el trabajo con los moldes. Se debe especificar cual va a ser el molde a utilizar, o la cara de contacto que cumpla con las especificaciones solicitadas. El diseño debe especificar que están prohibidas las superficies de hormigón muy extensas y uniformes, debido a que la natural contracción del hormigón producirá fisuras que no podrán ser arregladas.

En el proyecto es fundamental poder contar con los planos de moldajes, los que ayudan a la forma de trabajo y de colocación de los moldajes con todas sus piezas. Importante es que se especifiquen las distancias verticales y horizontales donde van las canterías o tensores distanciadores. Luego depende de cada proyecto si se utilizan como terminación los orificios de este último y se dejan ocultos.

Es primordial poder desarrollar antes, o en el comienzo del proyecto, una maqueta de preconstrucción en donde se verán todas las consideraciones a tomar para llevar a cabo el proceso de ejecución y definir la terminación superficial adecuada y asegurar una comunicación entre las partes. También la maqueta es necesaria para instruir a los

trabajadores que van a participar en este tipo de terminación. Pero principalmente es poder interpretar lo que está escrito en las especificaciones técnicas.

La colocación del hormigón debe ser bien estudiada para que no corra por la cara de contacto y produzca un sistema de lavado al desmoldante. Dicho proceso iría quitando el desmoldante en la parte superior y lo depositaría en la parte inferior, lo que genera un exceso de desmoldante y, por ende, ayuda a que se generen manchas en la superficie del hormigón. Otro punto en la colocación del hormigón es que sea realizado en capas horizontales de espesores de 40 a 50 cm aproximadamente.

Para la compactación del hormigón es importante vibrar las capas horizontales, planificar las distancias de inserción y especificar un vibrador de inmersión de alta frecuencia para que vibre todo el hormigón contenido en esa zona de acción. La compactación nos brinda la posibilidad de eliminar una mayor cantidad de burbujas y obtener una terminación de excelente calidad. Otra alternativa para disminuir las burbujas en la superficie es ocupar el pañete en la cara de contacto con el hormigón. En el experimento de la cantidad de desmoldante que se aplica en el moldaje es importante que no existan excesos y que menos desmoldante permite obtener una superficie de hormigón sin burbujas.

En el experimento donde se probaron los distintos tipos de sellos en las juntas de los bastidores, para eliminar los defectos superficiales, se llegó a que la silicona es el material que obtuvo el mejor resultado para poder dejar estanco el moldaje, además, mantiene el color uniforme en la superficie. Esto se debe a que es un material que no absorbe humedad (lo que mantiene parejo el color y la uniformidad del hormigón a la vista). En caso contrario pasa lo ocurrido con el yeso y la pasta de muro, los que dejan en la superficie un color más oscuro debido a que absorben humedad del hormigón fresco.

En la cinta de embalaje el color varía y otro detalle es que el hormigón ejerce una presión en la cinta produciendo una deformación tipo relave o cordón superficial en la superficie luego de desmoldar.

En la parte inferior de los moldajes, donde se producen los escurrimientos de hormigón o pérdida de lechada, la instalación de la goma de un espesor de 1 cm permitió obtener la estanqueidad, para finalmente dar una terminación superficial de calidad.

En la alternativa de poder cuantificar la diferencia de colores se encontraron dos alternativas, el sistema data-color y el photo-shop. El data-color revela que todas las muestras de orden correlativo tienen diferencias que son percibidas por el ojo humano con respecto a la muestra patrón. Pero entre la muestra N° 5 = 7,22 y muestra N° 6 = 15,71 se revela una considerable diferencia de 8,49 adimensional. Por tanto, si se quiere usar hormigones grises de colores claros la pigmentación debe ser del 1 % al 5 % y si se quiere un color gris oscuro del 6 % al 8 %.

Otra forma de cuantificar el color es el photo-shop que entrega los valores de los pantones rojo, verde y azul de cada muestra, los que son utilizados en el área de la publicidad y diseño para generar las paletas de colores. En este sistema de medición se debe obtener las fotos de la misma cámara digital y deben ser analizadas en el mismo computador. Con las mediciones obtenidas, se reveló que las diferencias más significativas se obtuvo entre las muestras 5 y 6.

La idea es que se tomen muestras en terreno y se midan con el sistema computacional más apropiado que estime cada profesional. Lo principal es que puedan definir entre las partes las tolerancias que dan la aceptación o el rechazo a la variación de color en la superficie del hormigón a la vista.

El costo simple de comparar los ítem de moldajes, revela que el precio unitario de los moldajes para el hormigón a la vista es mayor debido a que tienen una mejor cara de contacto y que dan un valor en el ítem de obra gruesa de UF 5.996,74 y un valor de UF 4.920,44 para el hormigón revestido, dando una diferencia del 17,94 %. El costo del hormigón revestido da un valor de 5,37 (UF/m<sup>2</sup>) y el costo del hormigón a la vista tiene un valor de 4,29 (UF/m<sup>2</sup>), revelando que es un 20,11 % más económico el hormigón a la vista.

Si esta obra fuese construida en hormigón a la vista nos revela que se demoraría 27 días menos con respecto al proyecto original. Por lo tanto, implica un ahorro de UF 9.612, y que su tiempo de construcción total sería de 181 días. Luego, el costo del hormigón a la vista es de 4,09 (UF/m<sup>2</sup>).

Hacer una obra de hormigón a la vista implica disminuir la mano de obra, el exceso de peso en la estructura, costo de los materiales, los tiempos de la obra total y ahorrar los ítemes de revestimientos, lo que es de importancia para poder concursar y adjudicarse cualquier propuesta.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. American Concrete Intitute, ACI 303 R-91, guía practica de construcción de obras de hormigones arquitectónicos.
2. Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, 2001, Manual.
3. Broomfield, J.P., 1995, "Cathodic Protection of Reinforced Concrete", Society for the Cathodic Protection of Reinforced Concrete, Report núm. 001.95.
4. Campbell, D.H., R.D. Sturm y S.H. Kosmatka, Marzo de 1991, "Detecting Carbonation", Concrete Technology Today.
5. Chaker, V., M. Funahashi y W. Awiat, Marzo de 1991, "The Use of Linear Polarization to Evaluate the Effectiveness of Membranes at the New York Trade Center", NACE Annual Conference and Corrosion Show.
6. Davies, H. y G.W. Rothwell, Mayo de 1989, "The Effectiveness of Surface Coatings in Reducing Carbonation of Reinforced Concrete", BRE Information Paper.
7. Esqueda Huidobro, 1996,concreto arquitectónico, Instituto mexicano del cemento y del concreto
8. "Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion",1995, International Concrete Repair Institute.
9. Greg Lamm, Junio 2002, Concrete International.
10. Instituto Colombiano de productores de cemento, Betocib “Especificaciones técnicas para concretos a la vista de cemento blanco”.

11. Instituto Mexicano del cemento y del concreto, 1983, concreto arquitectónico.
12. James M. Shilstone, 1985, Architectural Concrete Contract Documents, November.
13. Keanny Allan, 1996, Architectal Concrete, U.S.A.
14. Mietz, J., B. Isecke, B. Jonas y F. Zwiener, 1991, "Restoration of Reinforced Concrete Structures by Electrochemical Realkalization", Proceedings from the Third International Colloquium on Material Science and Restoration, Berlín, Alemania,
15. Neville Adam, 1998, Tecnología del concreto, Tomo I, Editorial Limusa, México.
16. Parrot, L.J., Julio de 1987, "A Review of Carbonation in Reinforced Concrete", Cement and Concrete Association, Building Research Establishment.

Sitios en la web:

- 1) [www.pretecsa.com](http://www.pretecsa.com)
- 2) [www.pci.org](http://www.pci.org)
- 3) [www.archprecast.org](http://www.archprecast.org)
- 4) [www.precastguide.com](http://www.precastguide.com)
- 5) [www.preinco.com](http://www.preinco.com)
- 6) [www.copsa.com](http://www.copsa.com)
- 7) [www.revistabit.cl](http://www.revistabit.cl)
- 8) [www.architecturalpolymers.com](http://www.architecturalpolymers.com)
- 9) [www.ciembras.com](http://www.ciembras.com)
- 10) [www.formscuff.cl](http://www.formscuff.cl)
- 11) [www.myath.cl](http://www.myath.cl)
- 12) [www.contart.org](http://www.contart.org)
- 13) [www.mortex.com](http://www.mortex.com)
- 14) [www.increte.com](http://www.increte.com)
- 15) [www.litracon.com](http://www.litracon.com)
- 16) [www.opics.org](http://www.opics.org)
- 17) [www.concretequarterly.com](http://www.concretequarterly.com)
- 18) [www.mfom.es/cph/](http://www.mfom.es/cph/)
- 19) [www.cembureau.be](http://www.cembureau.be)
- 20) [www.construaprende.com](http://www.construaprende.com)
- 21) [www.concretecentre.com](http://www.concretecentre.com)
- 22) [www.hotmigonespelayo.com](http://www.hotmigonespelayo.com)
- 23) [www.anfah.org/practicahormigon.com](http://www.anfah.org/practicahormigon.com)
- 24) [www.arqcon.com.ar](http://www.arqcon.com.ar)
- 25) [www.cai.org.ar](http://www.cai.org.ar)

## **ANEXOS**

## Clasificación del hormigón Arquitectónico

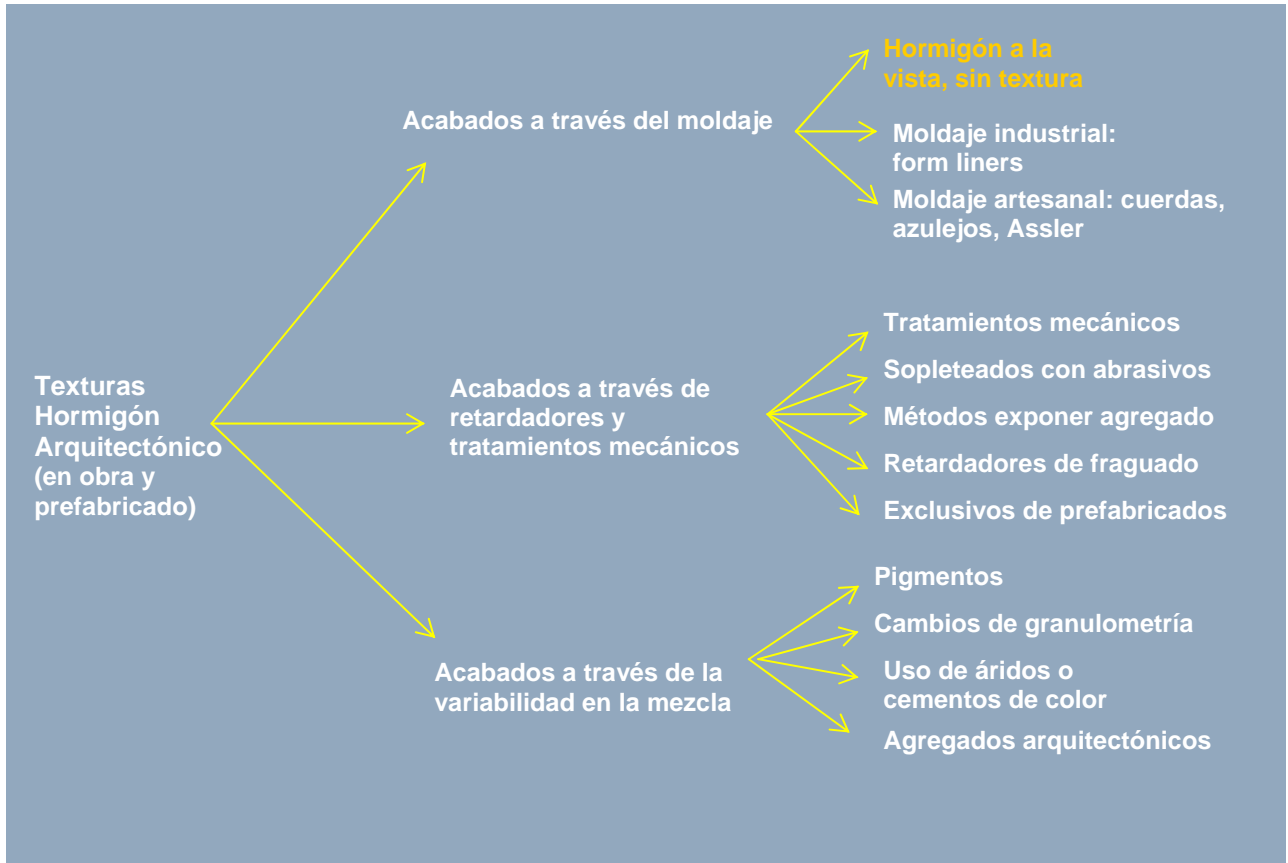


Tabla de importancia relativa de los detalles constructivos en el logro de Hormigón Arquitectónico.\*

Los valores que se muestran a continuación en la tabla representan:

1. Es el indicador más exigente y significa que se debe prestar cuidados especiales tanto en la etapa de diseño del proyecto como en la construcción.
2. y 3. Son indicadores de importancia intermedia.
4. Es el indicador de menor importancia, y significa que se debe proceder de la misma forma para obtener un hormigón de buena calidad.

---

\* James Shilton, Concrete internacional Noviembre 1985.

Molde final				Terminación final													
Abs*		No Abs.		Sopleteado c/ Arena				Martelinado				Combinaciones				Retardador químico	
Liso	Textura	Liso	Textura	Cepillado	Ligero	Mediano	Pesado	Escala	Espeso	Aumentar	Herramienta	Reed y martelinado	Reed y sopleteado	Reed y cincelado	Vary Reed y sopleteado		Textura y Sopleteado

#### MEZCLA DEL HORMIGON

Color del cemento	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	3	3	1	1	2	1	2	2
Árido Fino - Grado	4	4	4	4	4	4	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
- Color	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3
Árido grueso - Grado	4	4	4	4	4	4	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
- Color	4	4	4	4	3	2	1	1	2	2	2	2	2	3	2	3	3	1
Tecnica de diseño	2	3	2	3	3	3	2	1	3	2	2	2	3	2	2	2	3	1
Mezcla	2	3	2	3	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Consistencia (asentamiento)	2	3	2	3	3	3	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
Compatibilidades en la mezcla	4	4	4	4	4	4	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1

#### FORMAS

Selección de los materiales	1	2	2	2	1	1	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2
Limitaciones al reusar	1	2	3	3	1	2	3	3	2	3	4	4	3	3	3	3	2	2
Finales de juntas - Ubicación	1	3	1	3	1	2	3	3	3	3	4	4	2	2	2	2	2	4
- Rusticidad	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	2	3	2	2	3	2	1	2
Hermeticidad	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1
Rigidez	2	3	1	3	2	2	3	3	2	3	4	3	2	2	2	2	3	3
Diseño de resistencia	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	4	3	2	2	3	3	4	2
Control de desmolde	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	3	1

#### AGENTE DESMOLDANTE

Selección del producto	1	2	1	2	2	2	4	4	4	4	4	3	2	3	3	3	2	2
Técnica de aplicación	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4	4	3	2	3	3	3	3	2
Preparación superficial	1	1	1	1	2	2	3	4	3	3	3	3	3	2	3	2	3	1

#### FORMAS DE UNIONES

Selección del sistema	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	4	3	3	2	3	2	2	2
Control de instalación	1	2	1	2	1	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1

#### COLOCACION DEL HORMIGON

Técnica	3	3	3	3	2	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1
Equipo	3	3	3	3	3	3	2	1	3	3	4	3	3	2	2	3	3	1
Altura de caída	2	3	2	3	2	2	2	1	2	3	3	3	3	2	2	2	3	1
Tiempo de caída	2	3	2	3	2	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1

#### CONSOLIDACIÓN

Selección de equipo	2	3	2	3	2	2	1	1	2	2	2	2	3	2	2	3	2	1
Adiestramiento del operario	1	2	1	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1
Tecnica	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	
Grado de esfuerzo	2	3	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	3	2	1	

---

**ACERO DE REFUERZO**

Planificación de detalles	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1
Espacio limpio	2	3	2	3	2	2	1	1	3	3	2	3	3	2	2	3	2	1
Instalaciones exactas	3	3	3	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	3	3	2	1
Métodos de apoyo	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	3	3	1
Técnicas de uniones	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1

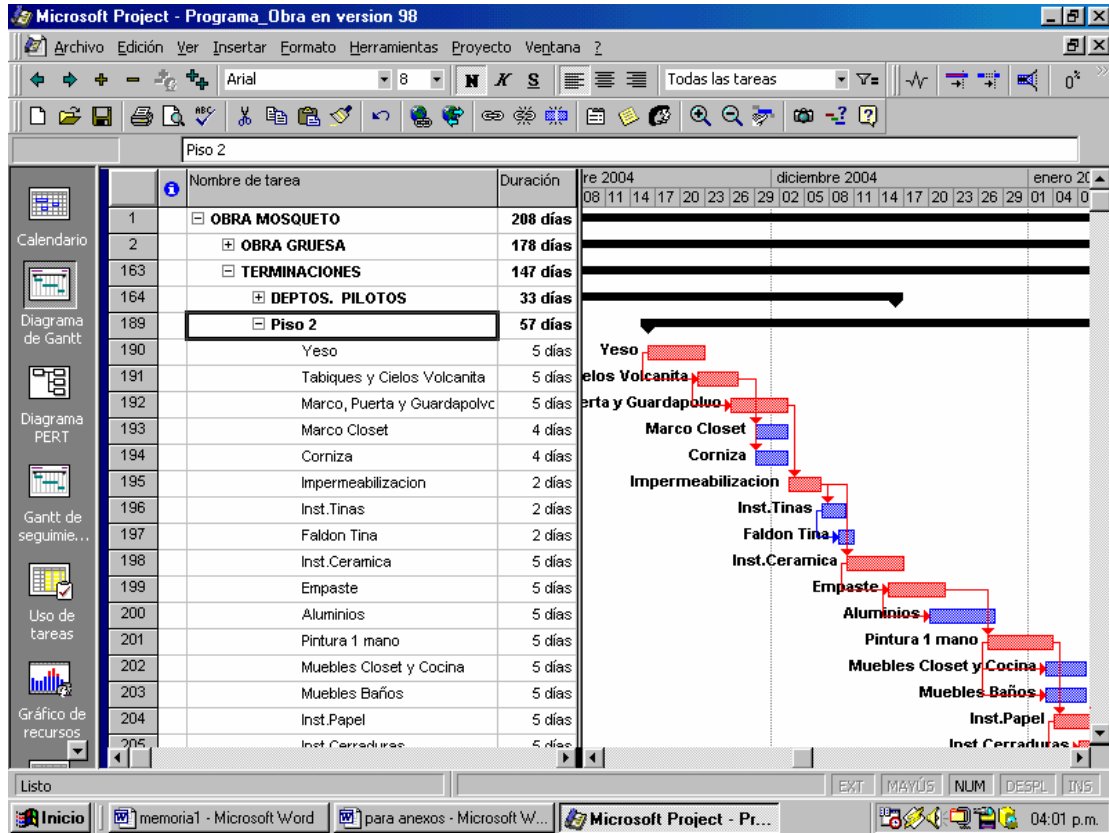
**TERMINACIONES**

Distribucion	3	3	3	3	4	3	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
Equipo	-	-	-	-	3	3	2	1	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2
Exclusividad	2	2	2	2	1	2	2	1	-	-	-	-	-	2	-	3	2	1
Condiciones de las herramientas	-	-	-	-	2	3	3	2	2	2	2	1	4	3	2	3	3	-

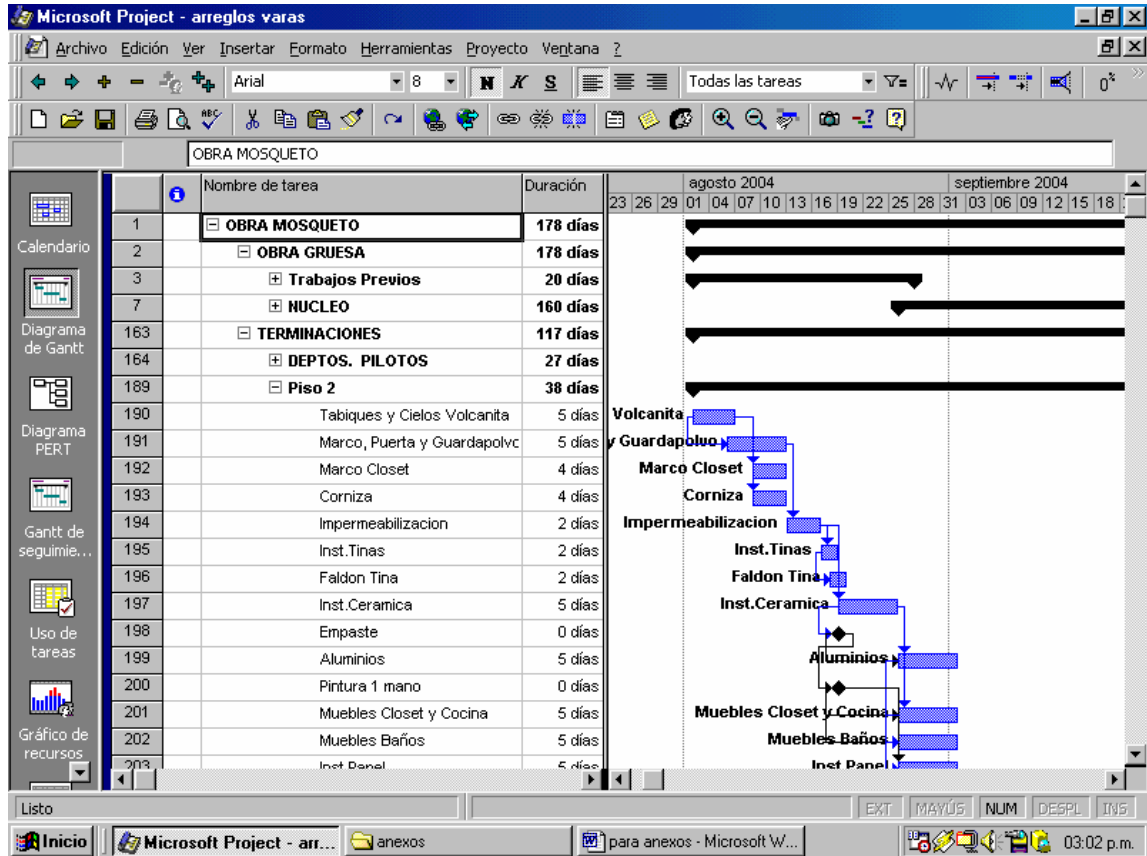
\*Absorción



## Cuadro de planificación del edificio con hormigón revestimiento



## Cuadro de planificación del edificio de hormigón a la vista



Muestras de hormigón en el laboratorio



muestra 2 y 3



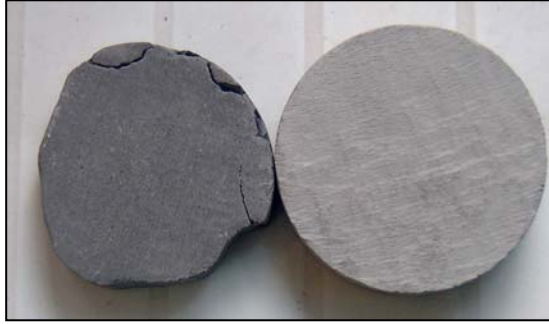
muestra 4 y 5



muestra 6 y 7



muestra 8 y 9



Muestra 0 y 10

## Obras terminadas en hormigón a la vista



Colegio Fleming



Edificio ubicado en Metro escuela militar



Muro de contención de autopista central

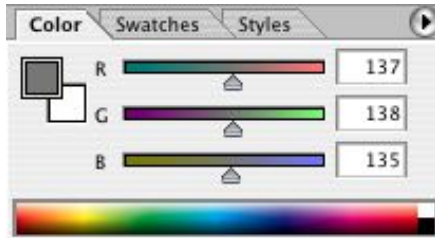


Pilares del paso nivel superior



Edificio comercial ubicado en ciudad empresarial

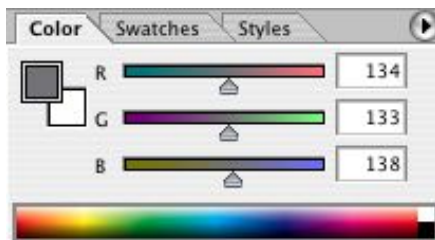
Algunos valores obtenidos en el Photoshop.cs



muestra 0



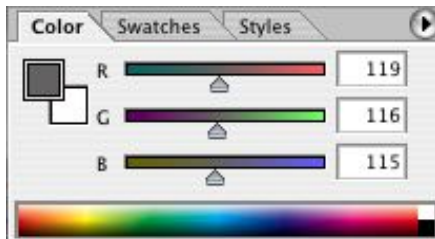
muestra 1



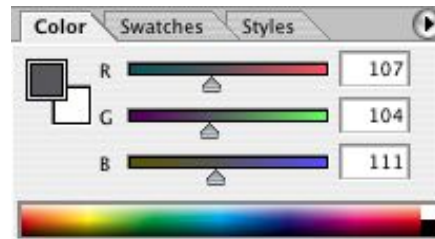
muestra 2



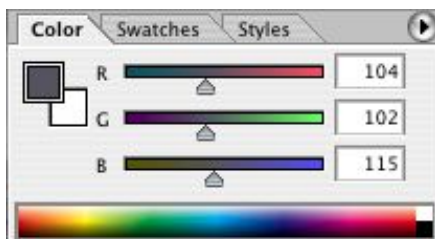
muestra 4



muestra 5



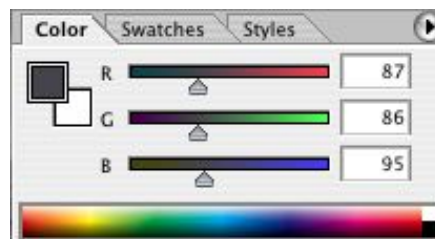
muestra 6



muestra 7



muestra 7



muestra 10