

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Hormigón Visto en Estructura: Proceso Constructivo y Acabado
Final”

TESINA DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Henry Efrén Fuentes Córdova
Cristian Daniel Udeos Zabala
Byron Emmanuel González Lucero

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

DEDICATORIA

A NUESTROS PADRES
A NUESTROS HERMANOS
A NUESTRAS ENAMORADAS

AGRADECIMIENTO

Los autores estamos agradecidos en primer lugar con Dios, por darnos fuerza para vencer aquellos obstáculos que nos han impedido seguir por nuestro camino. A nuestros padres, por su inmenso amor, consejos, y el apoyo incondicional, ya que sin ellos nuestras metas fueran imposibles de alcanzar. A nuestros hermanos y familiares por la confianza y el cariño que depositan en cada uno de nosotros.

A nuestros profesores que día a día lucharon por impartirnos sus conocimientos y experiencias.

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

HENRY EFREN FUENTES CORDOVA

BYRON EMMANUEL GONZALEZ LUCERO

CRISTIAN DANIEL UDEOS ZABALA

RESUMEN

El presente trabajo en primera instancia realiza una descripción sobre las generalidades del hormigón, definiéndolo de manera particular e indicando las características y la clasificación del mismo, así como también da a conocer que, tanto el hormigón prefabricado como el hecho en situ pueden ofrecer acabados estilísticos con agradable estética, sin embargo cada uno de ellos guardan ciertas restricciones en sus respectivas etapas de diseño y fabricación para que finalmente cumplan con las especificaciones requeridas. Aparte, a lo que respecta a la transportación y colocación de la mezcla de hormigón al lugar de la obra, se deben considerar varias metodologías constructivas, las mismas que se ponen en práctica al momento de la fabricación del hormigón visto.

Las cimbras o también llamados encofrados determinan de manera particular la textura y la forma del hormigón visto, es por eso que se determinan de manera clara los tipos de materiales utilizados como encofrado y por su puesto su respectivo métodos y formas de desencofrar.

Con posterioridad se comentan la pluralidad de tratamientos que ese pueden efectuar en una superficie de hormigón y combinando las distintas opciones

se puede alcanzar una gama muy alta de posibles soluciones que nos permiten dar respuesta a casi cualquier exigencia que establezca el proyectista.

Por último, se exponen diversas consideraciones sobre el mantenimiento, durabilidad de los acabados y control de calidad.

INTRODUCCION

El hormigón es un material que por las cualidades que presenta y usos lo caracterizan como moderno y universal. Durante años se ha investigado la apariencia del hormigón como una característica importante, tanto en elementos fundidos en sitio como en la industria de los prefabricados, dadas las ilimitadas ventajas técnicas, funcionales, constructivas y económicas que presenta como material de construcción. Aparte de las prestaciones mecánicas, el hormigón presenta otras características que le permiten dar una respuesta satisfactoria a muy diversos requisitos de las construcciones como son: la durabilidad, el aislamiento térmico y acústico, resistencia al fuego y aspectos estéticos entre otros.

El presente trabajo tiene como objetivo especificar dichos aspectos estéticos que en numerosos casos son un apartado básico a considerar en la construcción de edificios y estructuras.

El hormigón visto ofrece al constructor posibilidades imaginables para el diseño de fachadas, a través de una gran variedad de formas, colores, texturas y acabados. Hoy en día la tendencia del hormigón visto en las obras apunta hacia un mayor grado de libertad en el concepto total, sobre todo en la fachada.

INDICE GENERAL

Contenido	<i>Pág.</i>
.	
Resumen.....	4
Introducción.....	6
Índice General.....	7
Abreviaturas.....	10
Capítulo I: GENERALIDADES DEL HORMIGÓN VISTO EN ESTRUCTURA...	
1.1 Definición.....	11
1.2 Características.....	12
1.3 Clasificación.....	14
1.3.1 Hormigón Visto Premoldeado.....	14
1.3.1.1 Criterios generales de aceptación.....	17
1.3.2 Hormigón Visto moldeado in situ.....	18
1.3.2.1 Criterios generales de aceptación.....	19
1.3.2.2 Criterios generales de diseño.....	19
1.4 Combinación de hormigones premoldeados y hormigones moldeados in – situ.....	20
Capítulo II: MATERIALES PARA EL HORMIGÓN VISTO Y PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS.	
2.1 Cemento.....	22
2.2 Agregados.....	24
2.2.1 Agregados Expuestos a través de Retardantes Químicos.....	26
2.3 Aditivos.....	28
2.3.1 Clasificación de los aditivos según la norma ASTM 494.....	29
2.3.2 Clasificación de los aditivos según el Centro Tecnológico del Hormigón (C.T.H).....	30

2.4 Pigmentos.....	36
2.5 Transporte y colocación.....	38
2.6 Curado.....	39
Capítulo III: MOLDES Y ENCOFRADOS	
3.1 Aspectos Generales.....	42
3.2 Materiales.....	44
3.2.1 Tablas de Madera.....	44
3.2.2 Plywood (madera laminada multicapa).....	46
3.2.3 Acero.....	47
3.2.4 Aluminio y Magnesio.....	48
3.2.5 Plástico.....	49
3.2.6 Moldes desechables de Yeso.....	50
3.2.7 Encofrados de hormigón.....	51
3.3 Desencofrado.....	52
Capítulo IV: ACABADOS	
4.1 Aspectos Generales.....	54
4.2 Tipología.....	56
4.2.1 Acabado Liso o Llano.....	56
4.2.2 Agregados Expuestos a través de Retardantes Químicos.....	59
4.2.3 Forros o recubrimientos.....	62
4.2.4 Sopleteado abrasivo o con arena.....	65
4.2.5 Grabado ácido.....	69
4.2.6 Martelinado.....	72
4.2.7 Nervaduras o Canales Martelinados o Fracturados.....	74
4.2.8 Empotramiento en arena.....	75
4.2.9 Esmerilado o Pulido.....	77
4.2.10 Pintado.....	80
4.2.11 Piedra Artificial Precolada.....	81
4.3 Textura.....	82
4.4 Color.....	84

Capítulo V: MANTENIMIENTO

5.1 Reparación inmediata pos desencofrado.....	90
5.2 Mantenimiento Preventivo.....	92
5.3 Limpieza.....	93
5.4 Intemperización.....	95

Capítulo VI: CONTROL DE CALIDAD

6.1 Descaramiento.....	98
6.2 Agrietamientos.....	99
6.3 Resistencia al fuego.....	100
6.4 Criterios de aceptación y rechazo.....	101
6.4.1 Observaciones.....	101
6.4.2 Paneles de muestra.....	103
6.4.3 Especificaciones Técnicas.....	104

Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....

REFERENCIAS.....	114
BIBLIOGRAFIA.....	115

ABREVIATURA

ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Standard Testing Materials
PCI	Precast Concrete Institute

UNIDADES

Kg	kilogramos
M	metros
Cm	centímetros
Mm	milímetros

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL HORMIGÓN VISTO EN ESTRUCTURA

1.1 Definición

El hormigón es un material plástico que podemos moldear dándole formas inimaginables y obtener desde superficies con textura intensas hasta acabados delicadamente pulidos; además puede colocarse en combinación con otros materiales para proporcionar una superficie terminada.

Tradicionalmente ha sido considerado como un material estructural debido a su durabilidad y buen comportamiento a la compresión y, asociado a barras de acero, a la tracción. Pero el hormigón es mucho

más que un material de soporte, también puede tomar una forma deseada y obtener una diversidad tanto de texturas como de colores, que permite una expresión artística y, al hacerlo se transforma en Hormigón Visto en Estructura.

El término «visto en estructura» significa que el elemento de construcción tiene a la vez un papel estructural y estético. A partir de esto, y de acuerdo con el ACI, define al hormigón visto como: “Aquel que queda expuesto como superficie interior o exterior dentro de una estructura terminada, y contribuye en forma determinante a su aspecto visual y está diseñado especialmente como tal en los planos y especificaciones del contrato.” La característica que hace único al hormigón, es que este le agrega belleza.

1.2 Características del Hormigón del Visto en Estructura.

El campo del Hormigón Visto en Estructura cuenta con un historial grandioso de lo que se hizo en la época modernista. En el nivel mundial, el hormigón se ha venido trabajando desde hace mucho tiempo como un material indispensable para el logro de estructuras de importancia considerable y arquitectónicamente bellas.

Con el tiempo, la tecnología ha permitido el desarrollo cada vez mayor de hormigones de altas especificaciones de resistencia, los que cumplen una función estructural y estético a la vez. A raíz de esto, el hormigón visto está tomando cada vez más auge, y sus posibilidades en cuanto a colores, texturas, acabados y formas permiten al diseñador echar a volar su imaginación y salir de los sistemas tradicionales de acabados que se han venido utilizando en distintas épocas. Por medio de moldes especiales, ahora se están produciendo infinidad de acabados que permiten lograr estructuras vistas muy agradables, para lo cual, el hormigón visto prefabricado ha sido fundamental.

Con respecto al logro de la textura, hay diferentes técnicas para ejecutarla, dependiendo de si se trabaja con hormigón fresco u hormigón endurecido. Cuando se trata del fresco, se puede mencionar al escobillado, la impresión con patrones de plástico o de cartón y la incrustación de gravilla, mármol, vidrio, viruta de acero, etcétera.

El tratamiento en estado endurecido empieza desde la limpieza, una ligera pulida para quitarle la pasta suelta o el desmoldante. De ahí se pasa al uso de herramientas para cincelar y dejar a la vista el agregado, que puede ser de diferentes materiales, los cuales quedan expuestos según la forma y dirección en que se aplica el golpe. Se puede jugar con los acabados y obtener diferentes texturas, las que, al involucrarse con la luz y la sombra, dan efectos visuales al hormigón.

1.3 Clasificación del Hormigón del Visto en Estructura

Dependiendo del lugar y acceso a la obra el Hormigón Visto puede ser:

- Hormigón Visto Premoldeado
- Hormigón Visto Moldeado in – situ

1.3.1 Hormigón Visto Premoldeado

Son los elementos o unidades de hormigón, simples o reforzados, moldeados en fábrica y una vez ya endurecidos transportados a obra.

La variedad de formas y tamaños posibles que se obtienen gracias a su plasticidad y versatilidad permiten romper con la monotonía de diseño que presentan otros materiales.

También posee muchas ventajas en relación a los elementos moldeados en obra, debido al control de las condiciones de fabricación que presenta.

En la elaboración del hormigón prefabricado no se debe tomar como factores determinantes el clima, la accesibilidad al sitio donde se encuentra la obra, por tal motivo se garantiza una perfecta calidad de acabado y una gran variedad en formas y tamaños.

Los hormigones premoldeados permiten utilizar encofrados metálicos de mejor calidad que los utilizados en obra, con ellos se consigue formas diversas y superficies no planas de un modo más económico y preciso que con los encofrados de propios de la obra in – situ.

Además, ofrece múltiples ventajas: posee excelentes características acústicas, altos grados de aislamientos térmicos y de resistencia al fuego, el proceso de producción estándar asegura la uniformidad y calidad del producto final, la producción de los elementos se efectúa simultáneamente con la ejecución de la obra reduciendo el tiempo de construcción al mínimo, lo cual garantiza la máxima rentabilidad y reducción de costos, permite erradicar las juntas de hormigonado que son las causantes del mal aspecto de los muros.

Para el diseño del Hormigón Visto sabemos que las unidades de hormigón visto premoldeado entran en contacto con otros materiales o elementos dentro de la edificación, un buen proyecto arquitectónico debe considerar el adecuado diseño de uniones y conexiones, la inserción de ventanas y cristalería, propiedades acústicas, conservación de energía, protección contra incendios y cubiertas.

En cuanto al diseño estructural de las unidades premoldeadas se deben considerar los siguientes criterios: la forma y su influencia en el

diseño de moldes y encofrados, las propiedades estructurales del hormigón, el diseño de sistemas de conexión y sujeción, determinación de cargas para su manipulación, transporte y colocación, diseño de refuerzos, y tolerancias.

Al igual como se ha ido desarrollando los elementos prefabricados, se han mejorado las técnicas de conexión y montaje. Para el manejo, transporte y colocación es importante considerar que:

- El máximo tamaño del elemento prefabricado
- La geometría del elemento
- La resistencia estructural
- Disponibilidad de equipo y personal adecuado en planta y en obra
- Espacio necesario para movilización y manejo
- limitaciones de tratamiento, tamaño y peso en cuanto a las restricciones del equipo
- Lugar de almacenamiento disponibles en condiciones optimas
- Configuración de la edificación y de las edificaciones cercanas
- Condiciones de desencofrado

Existe mucha variedad de usos y aplicaciones que posee el hormigón visto premoldeado los cuales son:

- Paredes portantes y no portantes
- Paredes exteriores
- Acabado interior
- Aislamiento térmico y/o acústico
- Contenedores de instalaciones eléctricas y/o sanitarias
- Paneles para recubrimiento de columnas
- Encofrados para elementos moldeados in situ
- Arte y escultura
- Trabajos ornamentales
- Mobiliario urbano
- Adoquines, bloques, baldosas y tejas
- Muros de contención
- Balcones, barandas, pasamanos, cercas y bordillos, etc.

1.3.1.1 Criterios Generales de Aceptación

Se requiere que el acabado final de la superficie del hormigón presente un aspecto agradable, con mínimas variaciones de color y textura tal como lo establecen los paneles de muestra aprobados a

una distancia de 3 m, a simple vista y en condiciones normales de iluminación.

Del mismo modo, no se debe divisar ningún defecto o imperfección, además de las mínimas variaciones de color y textura, a una distancia de 6 m u otra especificada

1.3.2 Hormigón Visto moldeado in situ

Es el hormigón colado en obra en la posición final que ocupará en la estructura de la edificación.

Cuando hablamos de hormigones elaborados en obra tenemos que considerar ciertos criterios en lo que se refiere al diseño arquitectónico para lograr resultados aceptables tales como:

- Separación de las superficies de hormigón en áreas manejables mediante la incorporación de patrones rústicos o de juntas, o también mediante el empleo de tableros.
- Planeación sistemática para integrar las juntas de construcción a los requisitos estructurales y a las posibles secciones.
- Uso de encofrado con superficie texturizada, de acabados texturizados para hormigón o de otras características de relieve.
- Eliminación de superficies de hormigón muy extensas, uniformes e ininterrumpidas.

De acuerdo al ACI 303 [1] se deben considerar los siguientes criterios de diseño y especificaciones para la construcción de elementos de hormigón visto moldeado in – situ.

1.3.2.1 Criterios generales de aceptación

Al igual que en el hormigón premoldeado, las superficies de hormigón visto aceptables deben tener un aspecto agradable y uniforme con mínimas variaciones de color y textura, y el menor número posible de defectos en la superficie al observarlas a una distancia de aproximadamente 6 m, u otra especificada.

1.3.2.2 Criterios generales de diseño de Hormigón Visto.

Dentro de los criterios de diseño de Hormigón Visto que permiten obtener resultados aceptables, podemos mencionar: separación o división de las superficies de hormigón en áreas manejables mediante la incorporación de patrones rústicos o juntas determinando un efecto de panelización, planeación sistemática para integrar las juntas de construcción a los requisitos estructurales y a las posibles secciones de colocación del hormigón, empleo de moldes o encofrados con

superficie texturada, acabados de hormigón texturado o de otras características de relieve, y eliminación de grandes superficies de hormigón lisas e ininterrumpidas.

Con el fin de producir una estructura capaz de soportar las cargas de servicio y los esfuerzos sin crear agrietamientos, descascaramientos o deflexiones excesivas que puedan desvirtuar el aspecto arquitectónico de la estructura, se realizan los diseños arquitectónicos y estructurales de tal manera que funcionen de forma armónica.

Las aplicaciones y usos que se le puede dar a estos hormigones tenemos:

- Paredes de hormigón visto
- Pavimentos texturados

1.4 Combinación de hormigones premoldeados y hormigones moldeados in – situ.

Generalmente el hormigón premoldeado se combina con elementos de hormigón visto moldeados in – situ a través del color, textura y tipo de acabado.

Para una combinación adecuada se debe planear con anterioridad todos los ajustes necesarios que permitan obtener la mayor uniformidad. Del mismo modo, el trabajo realizado en obra debe avanzar paralelamente al realizado en fábrica, utilizando los mismos materiales y técnicas de encofrado y curado, para asegurar la mayor igualdad en el color y textura de la edificación.

Si la obra justifica el empleo de paneles de muestra estos deben realizarse para los dos tipos de hormigones, determinando así con ellos el tipo de mezcla adecuado, técnicas de colocación y consolidación, los procedimientos de acabado y, las pruebas de reparación y limpieza que se ajusten a los dos.

CAPITULO II

MATERIALES PARA EL HORMIGÓN VISTO Y PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS

2.1 Cemento.

El color del cemento determina en gran parte la colocación del hormigón. Los cementos portland o los cementos especiales empleados en el hormigón visto deben cumplir con los requisitos especificados en las normas ASTM C150 [3], C595 [4], y C845 [5].

Los cementos pueden ser grises, blancos, marrones, amarillos, verdes o una mezcla de los mismos. El cemento blanco es un cemento portland fabricado de acuerdo con las especificaciones del ASTM C150, que presenta mínimas variaciones y mayor uniformidad.

Mediante la adición de pigmentos al cemento blanco durante su proceso de fabricación se puede obtener cementos de colores disponibles en amarillo, café claro, negro, naranja, rosa y canela; con una intensidad y uniformidad satisfactorias.

Los cementos grises y marrones están sujetos a una mayor variación de tonalidades, aunque provengan de una misma fuente.

A fin de minimizar las variaciones de color, se debe emplear cemento del mismo tipo y marca, de la misma fábrica y de las mismas materias primas para todo el hormigón de una obra.

El tipo de cemento que se utilice, depende de las características estructurales que se requieran. Se ha determinado que existe cierta ventaja al usar cemento tipo II. (Cemento normal de bajo calor de hidratación y mejor resistencia a las aguas agresivas), debido a que es probable obtener baja pérdida de revenimiento, lo cual facilita su colocación.

Mediante la adición de pigmentos al cemento blanco durante su proceso de fabricación se puede obtener cementos de colores disponibles en amarillo,

Café claro, negro, naranja, rosa y canela; con una intensidad y uniformidad satisfactorias.

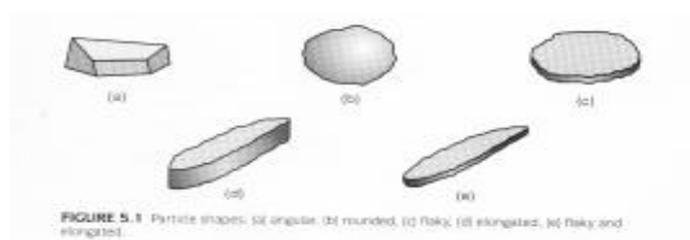
El cemento Portland blanco esta hecho de materias primas seleccionadas, que contienen una pequeña cantidad de oxido ferroso y manganeso. Suele usarse arcilla blanca junto con caliza libre de impurezas.

Para obtener un hormigón durable y con un color uniforme, lo mejor es usar cemento coloreado, el mismo que consiste en la mezcla de cemento blanco con un 2 a 10 % de pigmento.

2.2 Agregados

La forma de la partícula determina cómo se va a agrupar, qué densidad tendrá y cómo se moverá dentro de la mezcla.

Formas de los agregados



Al momento de elegir los agregados, ya sea gravas o arenas, se debe considerar una diversidad de factores como el color, la resistencia, el tamaño, la forma, la gradación, la textura, la durabilidad, el costo y la disponibilidad, para así poder alcanzar resultados favorables.

Existen varios colores de agregados: blanco, tonalidades pasteles, rojo, verde y negro. Además las gravas naturales ofrecen una gran variedad de tonalidades cálidas, tierra y grises. A menos que el acabado consista en una exposición de los mismos, el color del agregado grueso no es un factor significativo.

La arena sí es un factor que puede afectar a la coloración del hormigón. Esto se debe, a que la mayor parte de las arenas conservan un alto contenido de residuos y polvo, aún después de su lavado. Estos residuos pueden añadir un color adicional, o aparecer en la superficie del hormigón a medida que esta se expone a la acción de la intemperie.

Es normal utilizar agregados de densidad normal o liviana que se ajustan a las normas ASTM C 33 y ASTM C 330, en acabados de agregado expuesto para obtener como resultado combinaciones ilimitadas de color y textura. Entre los mencionados agregados se incluye la grava natural, la grava triturada y los agregados de piedra triturada de diversos colores.

Para el caso de hormigones blancos la selección de los agregados se torna más exigente, debido a la gran diferencia que puede haber entre el color del agregado y el cemento blanco.

Los agregados gruesos tienden a crear sombras cuando las secciones más delgadas de mortero no pueden ocultarlo

La clase de arena utilizada en el hormigón blanco afecta en mayor grado a su color, las partículas finas de arena actúan como pigmentos en la pasta de cemento.

Para un máximo de blancura puede ser una arena blanca o de color amarillo pálido, esto debido a que la mayoría de arenas naturales carecen de la blancura requerida, también se puede elaborar arena fina para obtener el color blanco deseado. Comúnmente estos agregados consisten en moler piedra caliza o arena de cuarzo.

Para lograr un hormigón blanco uniforme se debe hacer una mezcla rica en cemento, con un alto contenido de arena fina y agregado grueso de igual gradación.

2.2.1 Agregados Expuestos a través de Retardantes Químicos

La exposición de agregados a través de retardantes químicos es un tipo de acabado que permite exponer la belleza natural, color y textura del

agregado grueso, sin dañar al mismo. Existen diferentes grados de exposición.

a) Exposición Ligera: cuando solo la capa superficial de cemento y arena se renueve lo suficiente como para exponer los bordes del agregado grueso más cercano.

b) Exposición Media: cuando la remoción de cemento y arena permite que el agregado grueso aparezca hasta un área aproximadamente igual al de la matriz.

c) Exposición Intensa: cuando se remueve la capa de cemento y arena de manera que el agregado grueso se convierta en el rasgo más importante de la superficie de hormigón.

Mediante la aplicación de retardantes químicos a la superficie del molde se consigue controlar el tiempo de endurecimiento de la capa superficial de cemento, y la profundidad de la misma.

De esta forma, cuando la masa de hormigón está totalmente endurecida, se puede retirar la capa de cemento, bajo la acción del retardante, por cualquier método ya sea este por cepillado, con un chorro de agua a alta presión, o por una combinación de ambos, exponiendo al agregado hasta

la profundidad deseada. Ya que la acción del retardante solo afecta al mortero de cemento superficial, la apariencia de la superficie acabada estará determinada por la forma y tamaño del agregado, su posición después de la consolidación, y el grado de exposición del mismo.

Si se desea resaltar el brillo y colores naturales de los agregados la aplicación del retardante es la mejor técnica. Tanto el diseño de la mezcla, como la gradación y características físicas de los agregados, y la compatibilidad de los colores del agregado y la matriz serán puntos importantes.

Para asegurar resultados uniformes la resistencia mínima recomendada para el hormigón antes de la remoción de la superficie retardada es de 7 a 10.5 MPa. Del mismo modo la resistencia mínima para el hormigón sometido a chorro de agua a alta presión es de 10.5 MPa.

2.3 Aditivos.

Los aditivos son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Aún cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta manera su uso estará condicionado por:

- a) Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- b) Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.
- c) Que un análisis de costo justifique su empleo.

2.3.1 Clasificación de los aditivos según la norma ASTM 494

TIPO A: Reductor de agua

TIPO B: Retardador de fraguado

TIPO C: Acelerador de fraguado

TIPO D: Reductor de agua y retardador

TIPO E: Reductor de agua y acelerador

TIPO F: Reductor de agua de alto efecto

TIPO G: Reductor de agua de alto efecto y retardador

2.3.2 Clasificación de los aditivos según el Centro Tecnológico del Hormigón (C.T.H)

- Retardador de fraguado
- Acelerador de fraguado y endurecimiento
- Plastificante
- Plastificante – retardador
- Plastificante – acelerador
- Superplastificante
- Superplastificante retardador
- Incorporador de aire

Para entender mejor el funcionamiento de los **aditivos superplastificantes** se hace preciso recordar el comportamiento agua-cemento en el proceso de mezclado y fraguado del hormigón. Como sabemos, primero se forma la pasta aglutinante producto de la lubricación de las partículas de cemento y de árido tras la adsorción del agua, y luego esta pasta se vuelve cementante producto de la reacción química que se lleva a cabo entre ambas al iniciarse el fraguado.

En la primera de estas etapas es cuando se produce la mezcla de los componentes y las primeras reacciones electroquímicas entre agua y

cemento, apareciendo las características del hormigón fresco como trabajabilidad, docilidad, consistencia, etc.

En el modo de acción de los superplastificantes pueden considerarse tres etapas consecutivas:

- Adsorción de los polímeros por parte de las partículas de cemento en la etapa de transición sólido-líquido.
- Carga de la superficie de los granos con fuerzas electroestáticas de repulsión por tener el mismo signo.
- Aparición de tensiones superficiales que aumentan la distancia entre partículas.

Para los **aditivos incorporadores de aire**, durante el amasado del hormigón se forman burbujas de aire de diferentes tamaños, debido a los movimientos internos de los materiales del hormigón.

Mientras más pequeña es la dimensión de las burbujas, mayor es la presión ejercida sobre ellas, por lo que éstas tienden a disolverse en el agua. Por su parte, las burbujas de mayor dimensión, debido a la menor presión que experimentan, tienden a crecer, son más deformables y pueden escapar especialmente durante la compactación del hormigón. Las que no se escapan pueden aumentar de volumen, alimentadas por

las más pequeñas, formando huecos que permanecen indefinidamente en el hormigón.

De lo anterior se deduce que un hormigón convencional, sin aditivo plastificante, prácticamente no puede contener burbujas inferiores a 0.1 o 0.2 mm. puesto que éstas se disuelven en el agua. Sin embargo, con aditivo, aún cuando la cantidad de aire sea similar, sus características serán muy distintas.

La cantidad de aire y tamaño de las burbujas de aire incorporado aumentan con la mayor fluidez del hormigón. En relación con este último aspecto, pueden señalarse los siguientes valores:

Razón agua/cemento	Tamaño de las burbujas
0.35	10 - 100 μ
0.55	20 - 200 μ
0.75	50 - 500 μ

Cuando existen bajas temperaturas ambiente que conducen a **procesos de hielo y deshielo** alternativos, las burbujas de aire incorporado en el hormigón actúan como cámaras de expansión frente al aumento de

volumen que experimenta el agua al transformarse en hielo. Ello permite reducir las presiones hidráulicas y, con ello, las tensiones internas que se originan por este motivo, impidiendo así el deterioro progresivo que se produciría en un hormigón que no contenga aire incorporado.

Las burbujas de aire formadas en el hormigón fresco actúan al mismo tiempo como un fluido, aumentando su docilidad, y como un inerte, ya que, por su tamaño, equivalen a partículas de tamaño inferior a 2 mm, con la ventaja de tener un mejor coeficiente de forma, de ser elásticas y deformables, lo que les permite deslizarse sin rozamiento.

Se debe considerar que la incorporación de aire produce disminuciones en las resistencias mecánicas del orden de 3 a 5% por cada 1 % de aire incorporado. Esta pérdida de resistencia se compensa en parte al bajar la razón agua-cemento por el efecto plastificador antes descrito.

Los **aditivos retardadores** son sustancias que retardan la disolución de los constituyentes anhidros del cemento o su difusión.

Los retardadores pueden actuar de dos formas distintas según su naturaleza; una es favoreciendo la solubilidad del sulfato cálcico, que de por sí es retardador de fraguado y, la otra, formando sales cálcicas que son adsorbidas, por las partículas de cemento, retrasando de esta forma su hidratación.

El empleo de retardadores es delicado debido a que, si se emplean en dosis incorrectas, pueden inhibir el fraguado y endurecimiento del hormigón; por esta razón se utilizan con más frecuencia fluidificantes o reductores de agua de amasado, que al mismo tiempo actúan como retardadores. Por otra parte los retardadores reducen las resistencias mecánicas del hormigón a sus primeras edades.

La acción principal de los retardadores es aumentar el tiempo durante el cual el hormigón es trabajable permitiendo: el transporte del mismo sin que se produzca un endurecimiento prematuro o la segregación, lo cual es importante en el transporte a largas distancias, en hormigones bombeados, en inyectados, etc.; controlar el principio de fraguado de una masa para conseguir que una pieza hormigonada en varias fases fragüe al mismo tiempo sin dar lugar a discontinuidades o juntas; hormigonar en tiempo caluroso al hacer al cemento menos activo en su hidratación con lo cual desprenderá menos calor durante la misma, especialmente durante los primeros 7 días; lograr un acabado adecuado en hormigones de áridos vistos al aplicar el retardador a la superficie de los encofrados con lo cual el hormigón en contacto con ellos endurece más lentamente y puede tratarse con cepillo una vez realizado el desencofrado, etc.

Los **aditivos aceleradores o acelerantes** son productos que, al contrario de los retardadores, favorecen la disolución de los constituyentes anhidros del cemento, su disolución o su velocidad de hidratación; su acción no está muy bien definida, aunque parece ser que provocan una cristalización rápida de silicatos y aluminatos cálcicos en la pasta del cemento hidratada.

Este tipo de aditivo tiene el inconveniente de que puede dar lugar a eflorescencia y corrosión de las armaduras, especialmente si el hormigón se encuentra en ambiente húmedo.

Los aditivos acelerantes encuentran su principal aplicación en el hormigonado en tiempo frío en prefabricación al permitir los desencofrados rápidos, cuando se requiere reducir el tiempo de curado, para disminuir las presiones sobre los encofrados, obturación de escapes de agua a través de fisuras, trabajos en túneles y galerías con paredes húmedas, en trabajos marítimos entre dos mareas, en hormigones y morteros proyectados, etc.

Los **aditivos impermeabilizantes** aseguran hormigones de buenas resistencias mecánicas, es necesario que estos sean impermeables a fin de impedir que el agua pase a través de ellos.

Por otra parte, en obras o estructuras que han de estar en contacto con agua o con terrenos húmedos es conveniente que el hormigón se oponga a que el agua ascienda por él, valiéndose de sus conductos capilares.

2.4 Pigmentos

Los pigmentos para una coloración integral del hormigón pueden ser de dos tipos: aditivos colorantes y pigmentos de óxidos minerales. Además, existen ciertos aditivos o pigmentos que actúan sobre la superficie del hormigón, sin llegar a una coloración integral; tal es el caso de los endurecedores colorantes en polvo.

- **Aditivos colorantes:** son los mejores ya que permiten una mayor uniformidad en la superficie del hormigón y colores de gran permanencia. Cumplen con las normas del ASTM C494 [6]. Los aditivos colorantes aseguran una dispersión uniforme del color de la mezcla, aumentan su resistencia, eliminando los agrietamientos, mejoran las condiciones y características de trabajabilidad, colocación y acabado y disminuyen la decoloración y eflorescencia.
- **Pigmentos de óxidos minerales:** los pigmentos de óxidos minerales deben cumplir con las exigencias del ASTM C979 [7].

Puede añadirse a la matriz para obtener colores que no se pueden crear a través de la combinación de cementos y agregados. Los que se emplean con mayor frecuencia son los óxidos minerales finamente molidos, ya sean naturales o sintéticos.

La cantidad de pigmentos en la mezcla debe proporcionarse dentro de los márgenes de resistencia y absorción requeridos.

El tono del color depende de la cantidad de pigmentos que se emplee. La cantidad de pigmento se expresa como un porcentaje del contenido de cemento por peso. Si dicha cantidad excede el 5% no aumentará la intensidad del color, pero si pasa del 10% puede perjudicar la calidad del hormigón.

- **Endurecedores de color en polvo:** tanto el cemento como los agregados y los pigmentos permiten una coloración integral del hormigón, pero existen otros métodos que simplemente colorean la superficie del mismo. Mediante endurecedores de color en polvo se obtienen colores más brillantes y atractivos, o se resalta el color integral del hormigón.

La mezcla se empareja con llana sobre la superficie humedecida del hormigón formando una capa resistente, durable e impermeable

2.5 Transporte y colocación

Es importante cumplir y seguir cuidadosamente los métodos de transporte y colocación que se indican en el ACI 304.

En la transportación principalmente se debe de evitar la contaminación del hormigón visto con otras mezclas, una solución a esto sería contar con un equipo bien organizado de transporte.

Con relación al transporte de las unidades prefabricadas, podría darse el caso que el polvo de la carretera cause manchas antiestéticas en la superficie y las mismas resultarían remover.

Los métodos apropiados de colocación no solo prevendrán la segregación y la aparición de áreas porosas, sino que también evitaran el desplazamiento de los refuerzo, aseguran adherencia firme entre las capas, minimizaran el agrietamiento por contracción de fraguado y producirá una estructura de buena apariencia.

La colocación debe de ser lenta para así permitir una vibración adecuada y a su vez lo suficientemente rápida para impedir las juntas frías. La mejor manera de impedir las burbujas de aire atrapadas en el hormigón es mediante el vibrado.

Usualmente se coloca el hormigón en capas de 30 a 45 cm de espesor, dependiendo de la cantidad de refuerzo. El vibrador debe penetrar en sentido vertical hasta el fondo de la capa a distancias uniformes por lo menos de 15 cm, vibrando un 50% más del tiempo necesario (de 10 a 30 segundos), este no debe de introducirse a menos de 60 cm de cualquier borde principal.

2.6 Curado

Se llama "curado" a los procesos de protección del hormigón para que sea posible el endurecimiento de la mezcla. Esta es una de las operaciones más sencillas que solo requiere de la voluntad de realizarla.

Precisamente por la simpleza del proceso y para que no sea menospreciado, consideramos necesario realizar una explicación técnica detallada del porqué del curado.

Cuando se diseña la mezcla, se fija una relación agua - cemento, es decir la cantidad de agua que debe combinarse químicamente con el cemento para obtener una mezcla de una resistencia predeterminada. Al realizar la mezcla, esa reacción no se produce instantáneamente. Los diferentes componentes del cemento, que son al menos un medio

centenar, reaccionan con el agua a diferentes velocidades: unos en pocas horas, otros en varios días y a otros les toma varios meses. A esto se suma el hecho de que no toda la masa del cemento se pone en contacto con el agua para hacer posible la combinación. Las partículas de cemento absorben moléculas de agua y se hidratan superficialmente formándose una costra que va engrosando conforme el agua penetra hacia el interior. La resistencia de la pasta es función del grosor que se obtenga de esta costra, de manera que mientras mayor es el tiempo en que el cemento (vale decir el hormigón) se mantenga húmedo, mayor es la resistencia que se puede obtener. Podríamos esquematizar la hidratación de una partícula de cemento como en la figura:

Si la estructura de hormigón no se protege, el agua de amasado se evapora más o menos rápidamente, dependiendo de las condiciones climáticas imperantes. Bajo una fuerte insolación el hormigón puede secarse en pocos minutos quedando una masa débil y muy porosa.

Si el hormigón se ha protegido adecuadamente (curado), durante por lo menos 28 días, la resistencia que se puede obtener es la del diseño estructural de la obra; con los cementos portland puzolánicos es posible obtener resistencias aún mayores si se los puede curar más de 28 días. Pero si se lo ha dejado secar prematuramente, el crecimiento de la resistencia se detiene y es prácticamente imposible recuperar la

resistencia potencial (la que se habría obtenido con un curado continuo). Esto se puede apreciar en las curvas tiempo vs. resistencia que se indica a continuación.

Las formas de curar son múltiples, desde las más simples a las más sofisticadas. Las grandes superficies de losas o pisos, se pueden inundar con agua, cubrir con arena, aserrín o tierra húmedos o utilizar pinturas impermeables. Las superficies verticales se pueden cubrir con papel grueso, harpillera, sacos de yute o cualquier otro recubrimiento que se pueda mantener húmedo y también se pueden pintar con sustancias impermeables. Los elementos prefabricados se pueden sumergir en un estanque con agua, etc. La idea no es añadir agua a la mezcla endurecida ya que esto es imposible, sino evitar que el agua de amasado se evapore. Existen otras formas complejas de curado que requieren de un estudio especializado

CAPITULO III

MOLDES Y ENCOFRADOS

3.1 Aspectos Generales

La forma del hormigón visto se consigue a través de encofrados y moldes. Estos son diseñados para evitar imperfecciones y manchas en la superficie del hormigón.

Por este motivo, se necesita una mezcla más cohesiva y plástica, con una mayor proporción de materiales finos de los que requiere el hormigón estructural, además de un cuidado especial en las técnicas de cierre, juntas, y sellado de los materiales del molde.

Ya sea que se empleen para elementos pre moldeados o para elementos moldeados in situ, los encofrados [2] deben ser de manera general:

- Rígidos para fabricar piezas con las medidas correctas y dentro de las tolerancias exigidas.
- Durables para reutilizarlos sin costos adicionales.
- Fáciles de manejar para un montaje y desencofrado rápido, sin golpes que puedan dañar al hormigón.
- Herméticos con sistemas de cierre y ajustes adecuados para evitar pérdidas de lechada o mortero. En algunos casos se utilizan sellos o empaquetaduras que aseguran su hermeticidad.
- Lisos y de formas adecuadas: para evitar la adherencia del hormigón y permitir una fácil limpieza.
- Versátiles de preferencia adaptables a diversos perfiles.

De acuerdo al ACI 303 [1] existe una variedad ilimitada de materiales para encofrados. Entre ellos se incluyen la madera, plywood, metales tales

como acero, aluminio y magnesio, plásticos (reforzados o sin reforzar), moldes desechables de yeso, y forros ya sea de plástico rígido o elastomérico. Cada material tiene sus ventajas y limitaciones.

3.2 Materiales

3.2.1 Madera



La **madera** es un material para encofrados que se puede emplear con mucha facilidad. Puede tener una superficie lisa, puede estar aserrada con acabado rugoso, o sopleteada con arena para transmitir cierta textura a la superficie del hormigón. Las características de desencofrado dependerán de la clase de madera, del tiempo y las condiciones de exposición durante su almacenamiento, así como de otros factores.

Los moldes de madera pueden alterar el color de la superficie del hormigón desencofrado a través de variaciones en la absorción de las diferentes partes de la tabla. Las partes más permeables absorberán más agua del hormigón fresco y reducirán la relación agua – cemento

produciendo un color más oscuro en la superficie. Las sustancias orgánicas en la madera pueden dar como resultado superficies de hormigón de color más oscuro y, algunas veces, pueden causar empolvamiento. Los agentes desmoldantes no corrigen estos defectos.

Con cada uso del encofrado, el efecto de oscurecimiento de la madera sobre la superficie del hormigón va disminuyendo. Cuando el encofrado se ha utilizado varias veces, puede esperarse una variación considerable en el color de la superficie de hormigón, desde el primer hasta el último uso.

Para lograr un color uniforme en la superficie es aconsejable obtener toda la madera de la misma fuente de aprovisionamiento, y emplear un recubrimiento o sellador de encofrado. Si se desean variaciones de color controladas, se puede utilizar madera de distintas fuentes.

La madera para encofrados se utiliza pocas veces debido a su menor durabilidad, la cual puede duplicarse si se forra interiormente con chapas o láminas de acero. Además tienen el inconveniente de que sus dimensiones no son estables debido a las variaciones volumétricas de la madera o al desajuste de los sistemas de fijación.

3.2.2 Plywood (madera laminada multicapa)



Se puede emplear **Plywood** (madera laminada multicapa) tratado con resinas fenólicas, el cual proporciona una superficie uniforme y casi impermeable. Cuando se desea transferir la veta de la madera al hormigón debe evitarse el empleo de recubrimientos impermeabilizantes. En caso de que se emplee un sellador o impermeabilizante no se debe mezclar diferentes tipos o marcas comerciales. El sopleteado con arena sobre la superficie del plywood proporcionará una textura rugosa al hormigón.

3.2.3 Acero



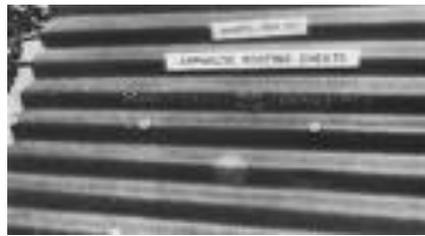
Las superficies de **acero** son impermeables y proporcionan un color uniforme. El revestimiento de acero debe ser lo suficientemente grueso para soportar la carga entre sus elementos de apoyo, con el fin de mantener las deflexiones dentro de límites aceptables.

Se recomienda el uso de agentes desmoldantes que contengan algún anticorrosivo, para reducir la posibilidad de que aparezcan manchas de óxido.

Para moldear hormigón de cemento portland blanco o de color claro, el revestimiento de acero debe someterse a limpieza con ácido a fin de eliminar las escamas de laminación y, así evitar las manchas en superficies de diferentes características.

El molde de acero galvanizado puede causar la adherencia del hormigón y, por lo tanto, su uso debe evitarse. Si se emplean moldes galvanizados se puede disminuir la adherencia usando una solución del 5% de trióxido crómico. Además se recomienda limpiar las soldaduras del molde con añil (del tipo que se usa en lavandería).

3.2.4 Aluminio y Magnesio



Las aleaciones de **aluminio y magnesio** pueden emplearse con éxito cuando son compatibles con el hormigón. Si bien no existe ningún método estándar para probar dicha compatibilidad, el mejor indicador es la experiencia adquirida con la práctica en el empleo de encofrados, mezclas y técnicas de curado que hayan dado buenos resultados.

3.2.5 Plástico

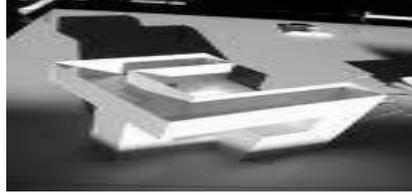


Los **plásticos** desempeñan cada vez un papel más importante en la práctica del moldaje del hormigón visto gracias a su superficie impermeable y a su capacidad de ser moldeados con cualquier patrón o textura. No causan la decoloración que es tan común con la mayoría de los materiales de encofrado de tipo absorbente. El empleo de materiales lisos para el moldaje puede dar como resultado una variación en el color conocida como transparencia del agregado.

Los moldes plásticos se emplean para obtener superficies brillantes, que deben tratarse con precaución pues, expuestas a la intemperie pierden su brillo, ya sea por la humedad o sequedad del ambiente o por condiciones de congelación o deshielo.

Los encofrados plásticos pueden ser tanto reforzados como no reforzados.

3.2.6 Moldes desechables de Yeso



Para el diseño especial de naturaleza compleja y detallada se puede emplear **moldes desechables de yeso**. El hormigón se coloca sobre estos moldes, que luego se rompen para remover la pieza terminada.

Ya que los moldes de un solo uso son relativamente costosos deben emplearse sólo para elementos que no se tengan que repetir, o cuando no es posible encofrar formas complicadas mediante otros métodos más sencillos. con moldes desechables de yeso debe emplearse un antiadherente efectivo.

3.2.7 Encofrados de hormigón



Los **Encofrados de hormigón** están constituidos por una pieza de hormigón monolítico, confeccionada con una matriz apropiada, que permite una gran precisión y durabilidad. Otra alternativa son las superficies de hormigón utilizadas como molde de fondo con encofrados laterales de madera o acero. Su vida útil puede alcanzar 200 usos o más dependiendo de la calidad de su ejecución y el mantenimiento que reciba.

La superficie no debe tener un mínimo de irregularidades, debe ser lo más lisa posible y suficientemente resistente para evitar la adherencia del hormigón y desprendimiento de la capa superficial. En algunos casos la superficie interior se reviste con resinas epóxicas o poliésteres que mejoran su calidad superficial.

3.3 Desencofrado

La fase de desencofrado es una de las más importantes para obtener un resultado aceptable. En general, se debe evitar cualquier daño o imperfección en el hormigón durante este proceso. Es por esto, que el hormigón debe tener una resistencia mayor a la especificada para el desencofrado, ya sea mediante el diseño de la mezcla o dejando la pieza en el encofrado por más tiempo.

Se debe establecer un balance entre estas dos soluciones, ya que sin un diseño adecuado de la mezcla el hormigón puede presentar agrietamientos y, si se deja por mucho tiempo en el molde la superficie presentará un color más oscuro. Para obtener una mayor uniformidad y calidad de las superficies el tiempo de desencofrado y el proceso de curado deben ser iguales.

Además, las superficies de hormigón deben estar protegidas mientras continúa el proceso constructivo, debido a que las condiciones ambientales, los cambios de temperatura, y las operaciones normales de construcción pueden alterar su calidad final.

En algunos casos, se aplica un agente desmoldante para facilitar el proceso de desencofrado y facilitar la acción de retardantes de superficie u otro tipo de aditivo. La elección del agente desmoldante dependerá de muchos factores [1], entre ellos: su compatibilidad con el material o recubrimiento del molde, su efecto sobre el tiempo de desencofrado, su efecto en relación al clima, uniformidad de comportamiento, cumplimiento de los reglamentos ambientales de la localidad, si producirán decoloración o manchas en la superficie, y su posible incompatibilidad o interferencia en la aplicación de otros materiales sobre el área de contacto con el molde.

Después del desencofrado todas las piezas o moldes que se usen nuevamente deberán ser limpiadas, reparadas (en caso necesario), y almacenadas según su tamaño y material para evitar cualquier daño o deformación de los mismos.

CAPITULO IV

ACABADOS

4.1 Aspectos Generales

Existe una gran variedad de tratamientos para las superficies de hormigón visto y la combinación de los mismos es limitada.

Las superficies lisas o ligeramente texturadas se pueden obtener a través de moldes adecuados, como los de plástico, acero y plywood debidamente tratados.

Las superficies texturadas se pueden lograr a través de sopleteado abrasivo o con arena, martelinado, grabado ácido, esmerilado, o mediante

otro tipo de herramienta, así como con superficies de encofrado texturados, el empleo de forros, o la aplicación de retardantes para exponer la superficie de los agregados, en cualquier etapa del proceso constructivo.

Sin importar el tipo de acabado, es recomendable aplicar un agente desmoldante que no produzca manchas de ningún tipo, para prevenir una coloración desigual del hormigón.

Debe aplicarse una capa uniforme, sin burbujas o excesos del mismo, especialmente en las juntas o ranuras.

Del mismo modo, se debe controlar la compatibilidad entre el agente desmoldante y los materiales de la superficie del encofrado, así como cualquier factor que pueda producir problemas en la adherencia de posteriores tratamientos, como pinturas o sellantes.

4.2 Tipología

4.2.1 Acabado Liso o Llano:



Este tipo de acabado refleja la apariencia natural del hormigón sin intentar simular ningún otro tipo de material o producto constructivo. Si bien es uno de los acabados más simples, y es uno de los más económicos, no es tan fácil obtener un resultado perfecto.

El acabado liso o llano requiere de la máxima calidad y mantenimiento tanto de los moldes como del hormigón. Las variaciones de color tienden a ser más pronunciadas cuando la superficie del molde es cristalina e impermeable. Es difícil lograr uniformidad en el color cuando se trata de superficies de hormigón grises, marrones o coloreadas; aunque el empleo de cemento blanco permitirá mayor uniformidad.

Un mínimo de variación en el color o cualquier irregularidad serán considerados como imperfecciones en este tipo de acabado, ya que son más notorias, pero deben considerarse dentro de las limitaciones del

mismo. Es por esto que los criterios de aceptación en el acabado liso o llano son más flexibles.

Las superficies lisas están cubiertas por una ligera película de cemento endurecido, por lo tanto, el color del acabado dependerá principalmente del color del cemento.

La arena no tendrá un efecto significativo a no ser que presente un alto porcentaje de finos o sea intensamente coloreada.

Del mismo modo, el color del agregado no será significativo, a menos que el panel requiera una consolidación extremadamente pesada. Bajo esta circunstancia, puede ocurrir una transparencia del agregado que restará uniformidad a la superficie. Esta transparencia de agregado o “sombreado” ocurre cuando se emplean agregados oscuros o intensamente coloreados que se aprecian a través de una capa superficial de cemento claro; por lo cual, su efecto puede reducirse empleando agregados de tonalidades claras con cemento blanco.

El hormigón liso o llano es más susceptible al agrietamiento cuando se expone a ciclos de mojado y secado. Este es un fenómeno que afecta a la superficie, aunque no de manera estructural, pero que puede acentuarse

con la acumulación de suciedad o contaminación en las grietas. El agrietamiento es más pronunciado en el hormigón blanco que en el gris, así como es mayor en las superficies horizontales que en las verticales. Su efecto puede reducirse con un apropiado diseño de la mezcla, usando un mínimo contenido de agua – cemento.

en este tipo de superficies, también se presentan oquedades como resultado de burbujas de aire o agua que quedan atrapadas en la superficie del molde durante el proceso de endurecimiento del hormigón. Este problema es más notorio en superficies verticales o en curvas que en las superficies horizontales.

Si estas oquedades son de un tamaño razonable, de 3 a 6 mm, es preferible que se las considere como parte de la textura de la superficie, ya que al rellenarlas pueden presentarse grandes variaciones de color. Es por esto, que es muy importante realizar pruebas de reparación en los paneles de muestra para así determinar grados de aceptación en las variaciones de color y textura de la superficie.

Para una verdadera economía, las superficies llanas o lisas deben emplearse sin ningún tratamiento adicional después del desencofrado, que no sean una posible limpieza o mínima reparación. Del mismo modo, los

moldes deben permitir un aprovechamiento máximo, para disminuir el alto costo de su fabricación.

Muchas de las limitaciones estéticas de este acabado pueden disimularse con un adecuado manejo de la mezcla, las formas y encofrados, e introduciendo efectos de sombreado y profundidad.

4.2.2 Agregados Expuestos a través de Retardantes Químicos



La exposición de agregados a través de retardantes químicos es un tipo de acabado que permite exponer la belleza natural, color y textura del agregado grueso, sin dañar al mismo. Existen diferentes grados de exposición.

- a) **Exposición Ligera:** cuando solo la capa superficial de cemento y arena se renueva lo suficiente como para exponer los bordes del agregado grueso más cercano.

b) **Exposición Media:** cuando la remoción de cemento y arena permite que el agregado grueso aparezca hasta un área aproximadamente igual al de la matriz.

c) **Exposición Intensa:** cuando se remueve la capa de cemento y arena de manera que el agregado grueso se convierta en el rasgo más importante de la superficie de hormigón.

Mediante la aplicación de retardantes químicos a la superficie del molde se consigue controlar el tiempo de endurecimiento de la capa superficial de cemento, y la profundidad de la misma.

De esta forma, cuando la masa de hormigón está totalmente endurecida, se puede retirar la capa de cemento, bajo la acción del retardante, por cualquier método ya sea este por cepillado, con un chorro de agua a alta presión, o por una combinación de ambos, exponiendo al agregado hasta la profundidad deseada. Ya que la acción del retardante solo afecta al mortero de cemento superficial, la apariencia de la superficie acabada estará determinada por la forma y tamaño del agregado, su posición después de la consolidación, y el grado de exposición del mismo.

Si se desea resaltar el brillo y colores naturales de los agregados la aplicación del retardante es la mejor técnica. Tanto el diseño de la mezcla, como la gradación y características físicas de los agregados, y la compatibilidad de los colores del agregado y la matriz serán puntos importantes.

Para un mejor comportamiento deberán emplearse agregados de forma redondeada, ya que los agregados angulares o astillados pueden desprenderse al aplicar agua a presión.

Es recomendable combinar el color de la matriz con el de los agregados para lograr una apariencia más uniforme y, para disimular cualquier irregularidad.

Los retardantes no solo se aplican en la superficie en contacto con el molde, también pueden emplearse en la otra cara del elemento. Para esto se emplean retardantes en atomizador, que se rocían durante la fase de consolidación, siguiendo un proceso adecuado. De esta forma se obtienen elementos con exposición en ambas caras.

La aplicación del chorro de agua a alta presión y de cepillado sin la acción de un retardante se desarrolla sobre superficies que no han sido

encontradas o, en aquellas que fueron desmoldadas mientras estaban en un estado plástico. Este proceso no es muy común ya que requiere de un personal especializado, debido a la complejidad del proceso.

Para asegurar resultados uniformes la resistencia mínima recomendada para el hormigón antes de la remoción de la superficie retardada es de 7 a 10.5 MPa. Del mismo modo la resistencia mínima para el hormigón sometido a chorro de agua a alta presión es de 10.5 MPa.

Al finalizar el proceso de exposición se recomienda limpiar la superficie con una solución de ácido muriático del 5 al 10%, una o más veces; para retirar cualquier suciedad. Este tipo de acabado se emplea principalmente en exposiciones medias o intensas. Su reparación y mantenimiento es relativamente fácil, tiene como ventaja adicional que la superficie del molde no es un factor importante.

4.2.3 Forros o recubrimientos



Se puede lograr una gran variedad de formas, patrones, texturas y diseños a través de forros ya sean estos de madera, acero, yeso, plástico,

elastómero o poliestireno expandido. Estos forros pueden estar incorporados al encofrado o simplemente estar sujetos a él.

La calidad del acabado dependerá de la calidad del forro. A través de ellos se puede obtener una apariencia uniforme en acabados lisos, o una gran variedad de diseños en acabados texturados. Su gran ventaja es que se pueden simular otros tipos de acabado, como el martelinado o esmerilado, a un costo menor, permitiendo una mayor uniformidad en el color y, ofreciendo superficies con eficiente resistencia a la intemperización.

Para un resultado aceptable, se debe controlar la correcta aplicación de los forros para lograr una perfecta coordinación en el montaje de los elementos.

Al seleccionar el tipo de textura y/o el tipo de forro adecuado deben considerarse las necesidades específicas del proyecto. La selección del material del forro dependerá del número de usos, en especial si el patrón tiene algún tipo de calado. El costo del forro dependerá relativamente del número de usos y del grado de facilidad de su manejo. Sin importar el tipo de forro que se emplee, deberá considerarse un patrón que evite astilladuras o fracturas en el hormigón durante el proceso de desencofrado, especialmente en las esquinas.

Así como en los diferentes encofrados, la variación en la absorción de humedad del forro producirá variaciones en la coloración de la superficie de hormigón. Por otro lado, debe considerarse el efecto de las variaciones de temperatura en los forros, especialmente si son plásticos.

Otra consideración importante es el método de sujeción del forro al encofrado. Es preferible que estos se adhieran con pegamento o grapas ya que el empleo de clavos o tornillos puede dejar una impresión en la superficie del hormigón. Del mismo modo, se debe considerar el tamaño de los forros disponibles para determinar el diseño de juntas y la combinación de los mismos.

En cuanto a los forros de poliestireno y los elastoméricos su mayor aplicación es ornamental. Los primeros se emplean en moldes que no se repiten para lograr formas muy elaboradas, de patrones abstractos o con grandes relieves.

Los segundos se emplean para texturas de grandes detalles o perfiles por su facilidad de remoción. Estos forros no requieren agentes desmoldantes pero es indispensable una limpieza adecuada previa a su reutilización.

4.2.4 Sopleteado abrasivo o con arena



El sopleteado abrasivo o con arena se emplea para opacar la superficie encofrada, para dar uniformidad al color o para exponer el agregado del hormigón visto en estructura. Los grados de exposición que se obtienen con este tipo de acabado son:

- a) Cepillado: Se remueve la matriz de cemento y se expone el agregado fino, sin relieve (El relieve se define como un saliente del agregado grueso fuera de la matriz después de su exposición)
- b) Ligero: suficiente como para exponer el agregado fino y, ocasionalmente, el agregado grueso, con un relieve máximo de 1.5 mm; además se emplea para dar uniformidad al color.
- c) Mediano: suficiente como para exponer en forma general el agregado grueso con un ligero relieve; relieve máximo de 1.6 mm.

d) Intenso: suficiente como para exponer y realzar en forma general el agregado grueso hasta una proyección máxima de un tercio de su diámetro; relieve de 6 a 12 mm.

La superficie queda rugosa e irregular.

La uniformidad en el grado de exposición es indispensable, no solo en el elemento sino en todo el conjunto; y está en función de la experiencia y habilidad del operario. El color variará con el grado de exposición.

Mientras más ligera sea la exposición, la habilidad del operario deberá ser mayor, en especial si se trata de unidades muy elaboradas o esculpidas.

La técnica del cepillado permite remover y corregir pequeñas imperfecciones o variaciones de la superficie.

Sin embargo no presenta un acabado uniforme a menos que se observe desde cierta distancia.

Generalmente se realiza con más frecuencia la exposición ligera; ya que el costo de operación se incrementa con el grado de exposición. La

exposición ligera permite un acabado arenoso muy similar al de la piedra caliza.

Los materiales empleados para el sopleteado con arena son: arena silícica, carburo de aluminio, y partículas de escoria negra. Para obtener un resultado uniforme, aunque a un costo mayor, suele emplearse materiales más suaves, como la corteza de nogal, que solo remueven la superficie de cemento y arena afectando ligeramente al agregado grueso.

Las exposiciones medianas o pesadas suelen grabar de mayor manera a los agregados gruesos, en especial si son de colores oscuros y tienen una apariencia brillante. Esto producirá una apariencia mate y, los colores aparecerán más claros. La profundidad del sopleteado deberá ajustarse a la resistencia de los agregados y de los abrasivos.

El tipo y la gradación de los abrasivos determinarán la textura de la superficie. Es por esto que el grado de exposición, el tipo y la granulometría del abrasivo deben permanecer iguales durante el proceso constructivo. Ya que el sopleteado cambia el color final del agregado, deben realizarse pruebas de este tipo en los paneles de muestra.

Aunque el sopleteado abrasivo o con arena es un acabado que se emplea para tratar una superficie, puede permitir el desarrollo de diferentes texturas y diseños ornamentales a través de plantillas especiales.

El tiempo adecuado para realizar este tipo de acabado depende del cronograma de trabajo, del factor económico, de la apariencia deseada, y de la resistencia del agregado. A medida que el hormigón se endurece y gana resistencia, se dificulta el sopleteado a grados mayores, elevando así el costo de operación. En todo caso, todas las superficies deben exponerse a la misma edad o grado de resistencia para mayor uniformidad. Generalmente, cuando se desea un relieve más pronunciado, el sopleteado se efectúa durante las primeras 24 – 72 horas de edad y después de que el hormigón haya alcanzado una resistencia mínima de 14 MPa.

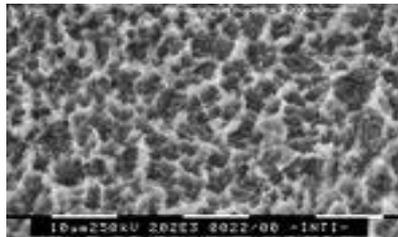
Para exposiciones medianas o intensas se recomienda la aplicación de un retardante de superficie. De esta manera se reduce el tiempo de sopleteado y la abrasión de los agregados finos. En este caso, los hormigones de cemento blanco requieren abrasivos a prueba de manchas.

La ventaja de este acabado es la facilidad de reparación o corrección de cualquier variación en la exposición, obteniendo así mayor uniformidad. Si

se presentan oquedades de tamaño aceptable, de 3 a 6 mm, es recomendable aceptarlas como parte de la superficie, ya que su reparación acentuará las variaciones de color y textura.

Finalmente, los agregados gruesos pueden limpiarse con una solución de 5 a 10 % de ácido hidroclicóricu, removiendu así cualquier residuo. Esta solución se aplica en la superficie, previamente humedecida, durante 1 o 2 semanas, mediante un cepillo o rociador. La superficie se humedece para evitar penetración del ácido; debiendo enjuagarse inmediatamente después de la aplicación del mismo.

4.2.5 Grabado ácido



El grabado ácido disuelve la pasta superficial de cemento, exponiendo la arena y un mínimo porcentaje del agregado grueso.

Generalmente se emplea para exposiciones ligeras o medianas, logrando un aspecto arenoso parecido al de la piedra caliza.

Se deben emplear agregados gruesos resistentes al ácido, tales como el cuarzo y el granito. Los agregados con alto contenido de calcio, como el mármol, la piedra caliza y las dolomitas, se decoloran o disuelven con este tipo de tratamiento.

La superficie de hormigón debe humedecerse completamente con agua limpia antes de aplicar el ácido para evitar un grabado muy profundo. Además, se debe enjuagar inmediatamente después de la aplicación del ácido. Si no se toman estas precauciones el hormigón puede presentar eflorescencia u otros defectos en la superficie.

Del mismo modo, todas las superficies expuestas de metal, en especial si este es galvanizado, deben protegerse con recubrimientos resistentes al ácido tales como los cloruros vinílicos, el caucho clorinado, estireno butadieno, pinturas y esmaltes bituminosas y cubiertas de poliéster. Además, debe aplicarse en dosis adecuadas para una protección total, de otra forma el ácido puede penetrar y atacar a los refuerzos.

La compatibilidad entre el color del cemento y los agregados es más significativa si se trata de una exposición ligera.

Es por esto que se prefieren colores que permitan mayor uniformidad, tales como el marrón, beige, amarillo o rosado.

El color gris no permite una textura uniforme, a menos que se empleen agregados y cementos de ese mismo color.

Inicialmente las superficies tratadas con grabado ácido lucen brillantes y limpias, pero a medida que se exponen a la intemperie pierden estas cualidades.

Su reparación es más complicada y, no luce tan uniforme como la exposición de agregados por retardantes químicos; aún si presenta un mínimo de oquedades de fácil reparación.

Este tratamiento no debe efectuarse hasta que el hormigón alcance una resistencia de 31 MPa, o una edad de 14 días.

4.2.6 Martelinado



Usualmente se denomina “martelinado” a todo trabajo con herramientas sobre la superficie de hormigón.

El hormigón puede ser fragmentado o cincelado manual o mecánicamente para producir una exposición de agregados u otra modificación en la superficie. Cada tipo de herramienta produce un acabado específico, removiendo la capa superficial de hormigón endurecido y fracturando a los agregados gruesos de la superficie. Estos tratamientos exponen el color del agregado, pero no necesariamente su forma.

Las superficies martelinadas se producen mediante herramientas neumáticas o eléctricas equipadas con una martelina, un cincel, un peine o aditamentos de múltiples puntas. El tipo de herramienta se determina de acuerdo con el efecto deseado para la superficie. para disminuir el costo del martelinado se prefieren herramientas de múltiples cabezas de impacto.

Este tipo de acabado afecta la apariencia, color y brillo del agregado. El color tiende a ser más claro con las fragmentaciones, en especial en tonos de gris plateado y blanco; mientras que en los materiales oscuros tiende a opacarse.

El acabado puede variar de un ligero escamado a una profunda perforación con cincel. No se puede martelinar con facilidad sobre agregados tan duros como el cuarzo y el granito, por lo que se prefiere trabajar sobre dolomitas, piedras calizas y mármol. Los agregados suaves permiten la aplicación del peine pero no permiten el empleo de herramientas punteadas.

La exposición de agregados a través de herramientas requiere operarios de gran habilidad y experiencia, para producir una textura uniforme. La orientación del equipo y la dirección en que se maneja debe ser constante durante todo el proceso constructivo.

Puesto que la mayoría de los martelinados retiran aproximadamente 5 mm de material, debe suministrarse recubrimiento adicional al hormigón. Para evitar el desprendimiento de los agregados se requiere una resistencia de 28 MPa a la compresión y una edad mínima de 14 días. Aunque se obtiene mayor uniformidad a los 21 días y, si se deja secar la superficie.

El martelinado en las esquinas tiende a causar bordes irregulares. Cuando se desean esquinas agudas, el martelinado se detiene a 25 o 50 mm de distancia de la esquina. Con este tipo de tratamiento se prefieren esquinas achaflanadas.

4.2.7 Nervaduras o Canales Martelinados o Fracturados



Este tipo de acabado se logra moldeando nervaduras en la superficie del panel que luego son martelinadas de manera irregular para exponer los agregados logrando un efecto delineado e intensamente texturado.

El tamaño de las nervaduras no debe pasar de 25 mm, ya que es difícil fracturar superficies de mayor tamaño. De mismo modo, las nervaduras no deben ser inferiores a 15 mm ya que se facturarían o desprenderían de la superficie totalmente.

El acabado es muy costoso, pero se justifica si las superficies se aprecian a corta distancia, en paneles a nivel de planta baja, o si se emplean en interiores.

La orientación y dirección de las nervaduras dependerán del diseño, que puede ser tanto uniforme como irregular.

En cualquier caso, debe planearse con cuidado para evitar un sombreado o intemperización desigual.

El efecto de este tipo de acabado, puede simularse a un costo menor mediante el empleo de forros. A través de los mismos se crean las nervaduras que luego son tratadas con retardantes o sopleteado abrasivo para exponer los agregados, logrando así, ese efecto de exposición a la intemperie que caracteriza al acabado.

4.2.8 Empotramiento en arena

Cuando se desea una apariencia masiva y definida se emplean piedras con un diámetro de 25 mm a 20 cm expuestas mediante un empotramiento en arena.

Todo el agregado expuesto debe tener un solo tamaño para lograr una mayor uniformidad.

Las piedras se colocan en una “cama” de arena manualmente, o en otro tipo de material que actúe como tal; en la parte inferior del molde a una profundidad que permita su incrustación o empotramiento en un 25 a 35% de la superficie del hormigón del elemento. de esta forma se expone el material con un efecto de juntas de mortero.

Se debe tener un cuidado especial para asegurar la obtención de la densidad adecuada en las esquinas y orificios al igual que en las superficies planas.

Si se emplean piedras de diferentes colores, deben colocarse con extremo cuidado, para evitar concentraciones de un solo color o la creación inintencionada de patrones.

Cuando se desea que las juntas presenten el efecto de un mortero blanco o coloreado, se debe dosificar: una parte de cemento blanco (con o sin pigmento) más 2 ½ partes de arena blanca o clara bien gradada, con la suficiente agua para crear una mezcla cremosa que se colocará sobre el agregado. Si se emplea este mortero superficial, la mezcla posterior

deberá cumplir con las condiciones adecuadas para absorber el exceso de humedad de dicho mortero.

El proceso de vibrado debe realizarse con extremo cuidado para evitar una distribución desigual de la arena y, para evitar agitar el agregado expuesto.

Después del curado del panel se debe desmoldar y colgar la pieza para remover la arena mediante cepillado, sopleteado de aire, o lavado con chorro de agua. Ya que cierta parte de la arena se adhiere al hormigón, el color de la misma debe armonizar con el color del agregado y del mortero expuesto.

4.2.9 Esmerilado o Pulido



Mediante el proceso de esmerilado o pulido se obtiene una superficie suave y lisa en superficies con exposición de agregados.

Este tipo de acabado ofrece excelentes condiciones de resistencia a la intemperización y requiere un mínimo de mantenimiento, por lo cual es ideal para áreas de gran tráfico o zonas de polución.

La resistencia a la compresión del hormigón debe llegar a los 34.5 MPa antes de comenzar cualquier trabajo de esmerilado o pulido.

El área de la matriz debe ser mínima, ya que los agregados se pulen de mejor manera. La mezcla debe estar diseñada para permitir la densidad máxima del agregado en la superficie.

Al escoger los agregados se debe considerar su dureza y tamaño. En todo caso, agregados suaves como el ónix y el mármol son más fáciles de pulir que el cuarzo y el granito.

El equipo puede variar desde una simple pulidora manual hasta una máquina de múltiples cabezas. Esta última permite pulir elementos de mayor tamaño a un costo menor.

Este proceso se puede realizar en seco o en húmedo, removiendo aproximadamente 3 mm de la superficie del hormigón. Es preferible esmerilar o pulir en húmedo ya que facilita el proceso.

La uniformidad y apariencia final, al igual que en casi todos los acabados, dependerá de la combinación y compatibilidad de los colores de la matriz y los agregados. Los paneles de tonalidades pasteles tienden a verse blancos a cierta distancia, debido a la reflexión de la superficie pulida.

La intensidad del esmerilado o pulido determina el grado de exposición del agregado; ya sea esta ligera o intensa, el color del cemento es siempre significativo.

Este tipo de acabado puede combinarse con muchos tratamientos, para mejorar la condición de la superficie.

Por ejemplo, si se combinan un ligero grabado ácido de la matriz con el esmerilado o pulido de los agregados se puede obtener una textura con alta resistencia a la intemperización.

4.2.10 Pintado



Los elementos de hormigón de alta resistencia no requieren de pintura, la cual se emplea por razones decorativas.

Las pinturas tienen ciertas características de trabajabilidad que varían según su tipo, marca, especificaciones, y precio. Cada una está formulada para trabajar sobre ciertas condiciones específicas, que dependen de su calidad.

Las superficies de hormigón son a veces tan suaves o lisas que impiden una total adherencia de cualquier tipo de recubrimiento.

Para permitir una adherencia total de la pintura, la superficie debe tratarse para lograr una ligera rugosidad y, los aditivos o agentes desmoldantes empleados en el encofrado deben ser totalmente compatibles con la misma.

Si se aplican en superficies exteriores, el tipo de pintura debe “respirar”, es decir debe ser impermeable al agua en estado líquido, pero permeable al vapor de agua; considerando que la superficie de hormigón no permita que este vapor penetre en el interior de la edificación. Para esto se emplean recubrimientos epóxicos, de poliéster o poliuretano.

Casi todas las pinturas de látex sirven para exteriores. Para un acabado uniforme deben seguirse estrictamente todas las instrucciones del fabricante.

4.2.11 Piedra Artificial Precolada



La piedra artificial precolada es una variante del hormigón visto premoldeado manufacturado para imitar la piedra tallada natural.

Generalmente se emplea en trabajos ornamentales de mampostería y en detalles arquitectónicos para cornisas, antepechos, dinteles,

balaustradas, etc., que no puedan ser tallados en piedra natural, o cuando se necesitan muchas piezas del mismo tamaño.

La piedra precolada artificial ahorra dinero y tiempo, ya que es mucho más económico colar que tallar. Las especificaciones para este acabado se encuentran en la sección de mampostería de los tratados de construcción.

4.3 Textura

La textura define la escala de la edificación, expresa la plasticidad del hormigón, proporciona características de intemperización a la misma y, permite expresar la naturaleza de los ingredientes del hormigón.

El acabado de la superficie resalta el diseño de la edificación y proporciona sensibilidad al hormigón. Como regla general se puede decir, que las superficies texturadas poseen estéticamente mayor uniformidad que las superficies llanas o lisas. Además, la textura permite disfrazar pequeñas diferencias o irregularidades que puedan presentarse en la superficie del hormigón.

Las texturas pueden obtenerse a través de moldes y forros texturados, exponiendo los agregados gruesos mediante cualquier técnica, ya sea antes o después del fraguado del hormigón y a través de herramientas que modifiquen la superficie del hormigón ya endurecido.

Al escoger un patrón o textura se deben considerar ciertos factores:

- a) **Área de la superficie:** esto afecta a la escala de la textura. Texturas gruesas no siempre sirven para áreas pequeñas. El dividir grandes superficies planas en otras de menor tamaño mediante una textura rústica puede disimular pequeños defectos o imperfecciones.
- b) **Distancia de visibilidad:** el diseñador debe buscar texturas pronunciadas para obtener la apariencia arquitectónica deseada. Es por esto que debe considerar el patrón y el tamaño de los agregados al escoger el diseño de los elementos, considerando las normales distancias de visibilidad.
- c) **Orientación de la elevación del edificio:** este factor determina la cantidad y la dirección de la luz que se reflejará en la superficie del elemento, además de indicar como se expondrá a la intemperie.

d) **Características de la superficie y forma de las partículas del agregado:** para texturas con exposición de agregados, debe considerarse que estos últimos pueden ser redondos, irregulares, planos o angulares. Su superficie puede ser brillante, suave, granular, cristalina, porosa o picada. Tanto la forma como la superficie del agregado determinarán la reflexión de la luz y la intemperización a la que será expuesta la textura del hormigón.

Además del efecto visual de la textura a una distancia razonable, estas se pueden emplear para obtener colores basados en la matriz y en los agregados expuestos. El tamaño del agregado dependerá de la configuración del panel.

4.4 Color

El color en el hormigón se puede obtener a través de la variación en el color de la matriz o los agregados, por el tamaño y grado de exposición de los mismos, por la aplicación de aditivos colorantes y pigmentos, y de manera general, por los procesos de acabado y la textura final de la superficie.

Existen varios colores de **agregados**: blanco, tonalidades pasteles, rojo, verde y negro. Además las gravas naturales ofrecen una gran variedad de tonalidades cálidas, tierra y grises. A menos que el acabado consista en una exposición de los mismos, el color del agregado grueso no es un factor significativo.

La arena sí es un factor que puede afectar a la coloración del hormigón. Esto se debe, a que la mayor parte de las arenas conservan un alto contenido de residuos y polvo, aún después de su lavado. Estos residuos pueden añadir un color adicional, o aparecer en la superficie del hormigón a medida que esta se expone a la acción de la intemperie.

Los **pigmentos** para una coloración integral del hormigón pueden ser de dos tipos: aditivos colorantes y pigmentos de óxidos minerales. Además, existen ciertos aditivos o pigmentos que actúan sobre la superficie del hormigón, sin llegar a una coloración integral; tal es el caso de los endurecedores colorantes en polvo.

a) **Aditivos colorantes**: son los mejores ya que permiten una mayor uniformidad en la superficie del hormigón y colores de gran permanencia. Cumplen con las normas del ASTM C494 [6]. Los aditivos colorantes aseguran una dispersión uniforme del color de la mezcla, aumentan su

resistencia, eliminando los agrietamientos, mejoran las condiciones y características de trabajabilidad, colocación y acabado y disminuyen la decoloración y eflorescencia.

Se comercializan en sacos con la dosis exacta para una yarda cúbica de hormigón. Gracias al estricto control de calidad en su elaboración, no existen variaciones en los diferentes lotes, aún después de largos períodos de tiempo, lo cual favorece a construcciones de gran escala que se desarrollan por fases.

b) **Pigmentos de óxidos minerales:** los pigmentos de óxidos minerales deben cumplir con las exigencias del ASTM C979 [7]. Puede añadirse a la matriz para obtener colores que no se pueden crear a través de la combinación de cementos y agregados. Los que se emplean con mayor frecuencia son los óxidos minerales finamente molidos, ya sean naturales o sintéticos.

Por lo general los óxidos sintéticos ofrecen resultados muy satisfactorios, pues tienen tonos más atractivos, mayor permanencia y menor comportamiento. Sin embargo, pueden reaccionar químicamente con otros productos empleados en la superficie, tales como los retardantes y

el ácido muriático, por lo que deben ser sometidos a prueba antes de utilizarlos.

Los pigmentos no son formulados exclusivamente para coloración del hormigón, por lo que se emplean usualmente cuando la uniformidad en el color no es un factor crítico.

Altos porcentajes de pigmentos pueden reducir la resistencia del hormigón debido al gran porcentaje de finos que introducen en la mezcla, y a la gran demanda de relación agua – cemento que generan.

La cantidad de pigmentos en la mezcla debe proporcionarse dentro de los márgenes de resistencia y absorción requeridos.

En ciertos casos esto se dificulta por el sistema de comercialización, que los distribuye en sacos de peso uniforme. Ya que el material se pesa en la mezcladora antes de colocar el hormigón, el margen de error en las dosificaciones restará uniformidad en el color de los diferentes lotes.

El tono del color depende de la cantidad de pigmentos que se emplee. La cantidad de pigmento se expresa como un porcentaje del contenido de cemento por peso. Si dicha cantidad excede el 5% no aumentará la

intensidad del color, pero si pasa del 10% puede perjudicar la calidad del hormigón.

c) **Endurecedores de color en polvo:** tanto el cemento como los agregados y los pigmentos permiten una coloración integral del hormigón, pero existen otros métodos que simplemente colorean la superficie del mismo. Mediante endurecedores de color en polvo se obtienen colores más brillantes y atractivos, o se resalta el color integral del hormigón.

Estos endurecedores de color en polvo son una mezcla de cemento, pigmentos colorantes, agentes acondicionadores, y agregados graduados finamente triturados y pulverizados.

La mezcla se empareja con llana sobre la superficie humedecida del hormigón formando una capa resistente, durable e impermeable.

Ya que el color se concentra en la superficie se obtienen una gran variedad de colores y tonos más intensos que los obtenidos a través de la colocación integral.

Cuando se emplea cemento blanco en su fabricación se obtiene casi cualquier color o tonalidad de manera económica y con excelentes resultados. El precio de esta mezcla varía según el color.

Generalmente se emplean en pavimentos estampados ya que la variedad de colores que ofrecen permiten simular el color natural de cualquier material, ofreciendo al mismo tiempo superficies más resistentes y de gran durabilidad.

CAPITULO V

MANTENIMIENTO

5.1 Reparación inmediata pos desencofrado

Debe tomarse en cuenta que solo los defectos que rebasen los límites de variación establecidos por la calidad del modelo de pre construcción deben ser reparados, debido a que muchas veces el tratar de reparar defectos pequeños que si cumplen con los límites de variación ocasionan que la obra se retrase en primera instancia y que además ese daño que parecía insignificante se vuelva un completo problema si es que la persona realiza un reparación pobre en hormigón. La reparación de los daños que si rebasan los límites de variación establecidos por la calidad

del modelo de pre construcción deben ser inmediatamente después del desencofrado del mismo siguiendo por su puesto las especificaciones de dicho modelo.

Se debe de considerar que al momento de reparar un defecto en el hormigón visto contemos con un experto en el tema, que la selección del diseño al momento de la mezcla se la correcta, así como también la elección un cuanto a los materiales, y la técnica de reparación que utilicemos, para de esta manera obtener un hormigón visto solido, duradero y sobre todo agradable a la vista.

Sin mucho pensar nos damos cuenta que las reparaciones de acabados lisos o con chorro de arena son fáciles de ejecutar, pero eso no quiere decir que todas las demás reparaciones de acabados tengan ese mismo grado de dificultad como por ejemplo el caso de las mezclas en la que se incluyen retardantes químicos que no son de fácil reparación. No debemos olvidar que primero se debe realizar mezclas de prueba para saber con exactitud las cantidades de los materiales que se van a utilizar en la reparación definitiva del hormigón visto. Después de que se hayan realizado las pruebas, se procede al curado que va de (7 - 14) días aproximadamente y siguiendo el secado normal de 28 días. Lo anterior es importante porque el curado y el blanqueamiento de la superficie de cemento tienen un efecto sobre el acabado del color.

La elección de técnicas y materiales para la reparación dependen de:

- La extensión del daño.
- La función del elemento en la edificación.
- Disponibilidad del equipo y el personal adecuado.
- Consideraciones económicas.
- La velocidad necesaria para la reparación.
- La importancia de la apariencia.

Puesto que las técnicas y materiales del hormigón visto se ven constantemente afectadas por el mezclado, por las condiciones de temperatura, textura de superficie, etc., se pueden establecer reparaciones que se encuentran detalladas en el “ Manual for Quality Control for Plants and Production of Architectural Precast Concrete” del PCI.

5.2 Mantenimiento Preventivo

La conservación del color y la textura en el hormigón visto dependen mucho de recubrimientos líquidos transparentes que nosotros le agreguemos, los cuales nos sirven para reducir tanto la humedad en la

superficie como las manchas por el intemperismo. Hoy en día se emplean dicho recubrimientos para:

- 1.- Reducir el ataque de materias químicas industriales acarradas por el viento hasta la superficie del hormigón.
- 2.- Impedir que se manche la superficie, sin embargo algunos recubrimientos atareen a los contaminantes acarreados por el viento.
- 3.- Facilitar la limpieza de la superficie
- 4.- Impiden el obscurecimiento de la superficie al mojarse.

Esta permitido utilizar recubrimientos pigmentados pero que no sean pinturas ni tintes en superficies en las que se desea cambiar el color natural del hormigón sin alterar la textura.

5.3 Limpieza

La limpieza final, al igual que la reparación, es un procedimiento que debe efectuarse bajo las condiciones establecidas en los paneles de muestra aprobados. Los trabajos de limpieza se deben realizar cuando todos los procedimientos, incluyendo el de reparación hayan sido completados.

Se recomienda que antes de ejecutar el procedimiento de limpieza establecido por los paneles de muestra, se realice una prueba adicional en una pequeña sección de la superficie para asegurar que no se produzca un daño permanente en la superficie de hormigón o materiales adyacentes por la acción del agente limpiador.

Se debe esperar una semana, como mínimo, para juzgar la efectividad del método de limpieza en el área de prueba.

Cuando se realiza una limpieza química, que emplee ácido muriático, fosfórico u otro producto comercial, la superficie del hormigón debe estar previamente humedecida para evitar que el ácido penetre en la misma. Del mismo modo, se debe retirar el producto químico con abundante agua limpia para evitar su efecto sobre materiales adyacentes. Ya que un 5 o 10% de ácido muriático puede producir una ligera decoloración, la aplicación del mismo deberá ser uniforme sobre toda la superficie para evitar variaciones en el color entre el área limpiada y el resto de la superficie.

Si es posible, la limpieza del hormigón se debe realizar con una temperatura y grado de humedad adecuados, que permitan un rápido secado, para evitar el riesgo de eflorescencia y decoloración.

5.4 Intemperización

La intemperización es el o los cambios en apariencia de una superficie con el paso del tiempo. Esta se mide en el grado en que afecta a la apariencia original de la superficie.

La combinación de polvo, impurezas, y contaminantes que existen en el aire con la acción del viento y la lluvia producen cambios visuales al interactuar con los materiales de la superficie de la edificación.

En el diseño de elementos de hormigón visto se debe considerar su combinación con otros elementos, para lograr una correcta evacuación del agua. Las manchas o imperfecciones que se producen por concentraciones o absorción de suciedad debido a una ineficiente evacuación del agua son los problemas más comunes causados por la intemperización.

La lluvia es uno de los agentes atmosféricos que, si bien permite la limpieza de las superficies de hormigón de manera natural, puede convertirse en un agente transportador de impurezas y suciedad. Es por esto, que se debe determinar, mediante el estudio de la zona: la localización y concentración de depósitos de agua lluvia, las propiedades

del agua en contacto con las superficies, las fuerzas del viento y la gravedad y, la geometría, textura y grado de absorción de las superficies. Por otro lado, la intemperización también puede afectar a las unidades de hormigón pre moldeado en el proceso de almacenamiento si no se toman las precauciones y medidas necesarias y, si no se almacenan de acuerdo a la ubicación y orientación final que tendrán en el edificio.

La importancia de un adecuado diseño de elementos que resistan la acción de la intemperie, además de sistemas de evacuación como los drenes, goteros y estrías verticales, se incrementa cuando la atmósfera está contaminada o cuando una o más de las siguientes características se presentan: grandes superficies, superficies llanas o ligeramente texturadas, unidades de colores tenues o pálidos, y unidades esculpidas en forma elaborada o con superficies inclinadas.

Los problemas de intemperización son menos serios en ambientes relativamente limpios o cuando los elementos de hormigón visto reúnen una o más de las siguientes características: pendientes de adecuado diseño, texturas ásperas y colores oscuros o grises, superficies casi verticales o ligeramente esculpidas, superficies esmeriladas o pulidas, y paneles de fachada subdivididos por un determinado número de juntas (reales o falsas).

El efecto de la intemperización se puede predecir realizando un amplio estudio de edificaciones cercanas para determinar las condiciones locales de contaminación, velocidad y dirección del viento, frecuencia de lluvias, temperatura y humedad relativa del ambiente, etc. Todos estos factores que de alguna forma afectan la forma en que se mojan o secan las superficies de hormigón deben analizarse para lograr un diseño adecuado que permita la mínima acción de la intemperie.

CAPITULO VI

CONTROL DE CALIDAD

6.1 Descaramiento

El descaramiento de las estructuras es causado por cargas concéntricas muy elevadas, por lo general en juntas que han sido diseñadas o construidas inadecuadamente. La erosión se inicia con desconchamientos en varias áreas, a 1,6 o 3,2 mm de la superficie del hormigón. Si esta erosión no es reparada se puede extender a toda una sección. Entre las posibles causas del descascamiento del hormigón tenemos:

- El empleo del hormigón con bajo contenido de aire, en áreas expuestas a un clima invernal severo.
- La utilización de hormigón de alto revenimiento
- El empleo de métodos de curado inapropiados, o ausencia del mismo

Entre los consejos que se utilizan para prevenir el descaramiento tenemos:

- Evitar el revenimiento mucho mayor a 10 cm
- Utilizar hormigón con aire incluido, del 4% al 6%
- Evitar el uso excesivo de la llana
- Dar declive al hormigón para que tenga buen drenaje
- Asegurara un curado adecuado

6.2 Agrietamientos

Entre los factores que influyen en el agrietamiento del hormigón tenemos:

- Las cargas de gravedad o laterales que producen tensión, cortante y torsión en los elementos.
- La restricción de la contracción por secado
- La fluencia
- Los esfuerzos térmicos (axiales o de flexión)
- El asentamiento de la sección

Por el contrario los agrietamientos se pueden reducir mediante:

- El pos tensado

- Empleo de materiales especiales, tales como cemento compensadores de contracción y agregados con características de baja concentración, o bien dosificaciones seleccionadas de estos materiales

6.3 Resistencia al fuego

Con el propósito de salvaguardar la vida y la protección de la propiedad los códigos de la construcción requieren que sea considerado en el diseño de cualquier edificio la resistencia al fuego.

La resistencia al fuego se define como el tiempo durante el cual el muro de hormigón es capaz de construir una pantalla contra las llamas y el humo, sin sobrepasar la temperatura superficial de la cara no expuesta de 150 grados centígrados.

El grado de resistencia al fuego depende directamente del tipo de material a emplear para la elaboración del elemento del hormigón, tipo de ocupación, tamaño del edificio, espesor equivalente de la pared o muro, su localización, la cantidad y tipo de equipo de detención al fuego y represión que tenga las arquitecturas.

Los índices de resistencia al fuego de los componentes de edificios son medidos y especificados de acuerdo con un estándar en común de la norma ASTM E119.

Los códigos de la construcción especifican los índices requeridos de resistencia al fuego para varios tipos de construcción y ocupación.

6.4 Criterios de aceptación y rechazo

Además de todos los requisitos que se aplican a todo trabajo de hormigón y que se cumplan las normas respectivas, un criterio necesario para la aceptación o rechazo de un hormigón visto es la apariencia visual de las superficies expuestas. Aunque desafortunadamente, esta apariencia es difícil de escribir o medir en términos exactos, se puede calificar con las observaciones hechas en un panel de muestra previa a la obra definitiva.

6.4.1 Observaciones

La aceptación final de un hormigón visto considera básicamente eliminar problemas de mayor predominancia que se encaran en el momento de la

inspección final como son: grietas, los defectos superficiales, los agujeros de sopladura u hormigoneras y variaciones de color.

GRIETAS.- En hormigones vaciados en sitio, las grietas se asocian, generalmente con la contracción del fraguado. Es preferible prevenirlas incorporando suficientes juntas de control de agrietamiento en el diseño arquitectónico.

LOS DEFECTOS DE LA SUPERFICIE.- Comprende áreas de colmena, agrupaciones de hormigueros, reventones de agregados, daño local ocasionado por el manejo, etc. La aceptabilidad de dichos defectos resulta difícil de definir, depende grandemente de la distancia del ojo del observador o inspector de la superficie de hormigón.

HORMIGUEROS.- Estos forman parte del hormigón lo mismo que el cemento y la arena, se puede minimizar mas no eliminarse, mediante el uso de técnicas apropiadas para la vibración del hormigón. Como con otros defectos superficiales, el tamaño y distribución de tales huecos debe juzgarse sobre la base de la vista.

VARIACION DE COLOR.- Aun tomando todas las precauciones, se teme que haya cierto grado de grado de variación de color, sin embargo la

variación de color proviene a menudo de variaciones de curado. Por lo tanto el tiempo, la luz solar, y la exposición a los elementos pueden emparejar la variación en una gran área. En ocasiones, la variación de color se reduce al someter a la superficie a una serie de ciclos de mojaduras y secamiento, por medio de manguera.

6.4.2 Paneles de muestra

Debido a que es imposible que las especificaciones comuniquen por completo los deseos del diseñador o arquitecto, se procura generalmente que una muestra o referencia de diseño forme parte de la especificación. La muestra de referencia del diseño debe tener por lo menos una área de 50 x 50 cm y 5 cm de espesor, para indicar en forma adecuada el color, la textura deseada, así como el grado de exposición en lo se refiere a agregados, la misma que puede ser preparada bajo la dirección del arquitecto o diseñador.

El propósito principal de los paneles de muestra es completar la especificación escrita; con lo que se logra un entendimiento más estrecho entre el diseñador, fiscalizador y constructor. También puede ser utilizado con fines de cotización.

Para nuestro caso de hormigones vistos es frecuente que las especificaciones exijan al constructor la fabricación de un modelo a

escala real, antes de iniciar la construcción, realizada con los materiales, equipos y procedimientos de construcción propuestos.

6.4.3 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas de un proyecto transcriben en un documento los requerimientos del diseñador, así como el tipo de materiales, dosificación, acabados, procedimiento de curado, juntas, limpieza, etc. A continuación se presenta una lista de varios ítems que suele cubrir el control de calidad, la misma es solo a manera de referencia, puesto que para cada proyecto debe realizarse una de forma muy particular en base a los requerimientos del diseñador.

Preliminar:

- Estudios de planos, especificaciones y códigos de construcción.
- Organización de tareas entre los representantes del ingeniero.
- Tolerancias permisibles.

- Calibraciones, equipos, organización y métodos.

Dosificación:

- Ensayos de los agregados
- Dosificación de la mezcla
- Cálculos de la mezcla
- Gradación de los agregados de la mezcla; dosificación; rendimiento contenido de aire

Materiales (se aplica a todos los materiales)

Identificación; cantidades; aceptabilidad; uniformidad; condiciones de almacenamiento; métodos de los manejos; programación de los ensayos.

Cemento

Muestreo para el ensayo de laboratorio

Protección contra la humedad

Agregados

Ensayos de aceptabilidad: materia orgánica, resistencia a la abrasión, otros ensayos.

Ensayos de control: Humedad, Absorción, peso específico, pesos unitarios, vacíos.

Almacenamientos

Agua

Aditivos

Acero de refuerzo: tamaño, flexión, condición superficial, proximidad con la superficie de hormigón.

Accesorios

Aditamentos

Pigmentos: case de los colores; mezcla total e íntima del color con el cemento, aplicación uniforme y pulimento, curado.

Otros materiales

Antes del hormigonado

Alineamiento y niveles

Excavación: cimentaciones

Localización, dimensiones, forma; drenaje, preparación de superficies.

Encofrados

Tipo especificado de encofrado

Localización

Alineación: provisión para el asentamiento

Estabilidad (soporte, apuntalamiento, amarres y espaciadores)

Aberturas de inspección

Preparación de superficies

Limpieza final

Refuerzo en su sitio

Tamaño (diámetro, longitud, dobleces, anclajes de los extremos)

Localización (número de barras, espaciamiento libre mínimo, recubrimiento mínimo de la superficie para evitar efectos de adherencia o de manchadura)

Traslapos

Estabilidad (alambrado, sillas, espaciadores)

Limpieza (sin óxido suelto, ni pintura, aceite, mortero seco, etc.)

Aditamentos (localización, estabilidad, limpieza)

Hormigonado

Dosificación

Cemento, agregados, agua, aditivos, otros.

Verificación del revenimiento del hormigón.

Amasado

Control de consistencia

Vigilancia del contenido de aire

Verificación de la temperatura del hormigón

Transporte

Vaciado

Vibración para minimizar los hormigoneros

Compactación

Juntas

De contracción

De construcción y de articulaciones

De expansión y aislamientos

Color y textura de la superficie de acuerdo al modelo

Acabados de superficies hechas sin encofrados

Alineamiento de superficies, primer aislamiento, grietas de contracción plástica.

Acabados de superficies hechas con encofrados.

Condición de la superficie después de desencofrar (hormigueros, peladuras, agujeros de amarres, líneas melladas de los encofrados, reparación de defectos, tratamiento de superficie, sin secamiento de la superficie).

Ensayos a realizar

Después del hormigonado

Protección contra daños

Impacto; sobrecargas, melladuras de superficie, manchón de goteo.

Tiempo de remoción del encofrado

Curado

Duración, métodos

Juntas

Limpieza y sellamiento.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- La presentación o la estética de una estructura de hormigón simple o armado depende, en gran mayoría, de un adecuado proyecto en el que, se resalte la belleza natural de los ingredientes del mismo, se seleccione el apropiado método de acabado y además de manera importante el esmero en su ejecución.
- 2.- En los hormigones decorativos con agregados expuestos, el contraste entre la matriz de hormigón y el agregado propiamente, puede ser mucho más acentuado mediante el uso de agregados opuestos al del cemento, ya

que este es el compuesto que hace prevalecer en mayor grado su color dentro de la masa de hormigón.

- 3.-** No cabe duda que el uso de cemento blanco en hormigones visto es muy común. Sin embargo puede resultar ser un material muy caro. En estos casos la elaboración y aplicación de morteros de cemento blanco para enlucidos, puede ser una solución práctica, durable, económica y agradable a la vista para fachadas exteriores e interiores.
- 4.-** Para garantizar la durabilidad de hormigones visto, es recomendable que el proyectista realice siempre un estudio adecuado de los distintos factores que inciden en la misma, como por ejemplo, la calidad de agregados, tipo de cemento, relación agua cemento, el uso de aditivos entre otros.
- 5.-** La aceptabilidad en el mercado de los elementos prefabricados de hormigón visto, acentuara el interés de los diseñadores para la creación de más y mejores métodos de acabados de acuerdo con las necesidades de los consumidores.

REFERENCIAS

[1] ACI Committee 303, Guide to Cast – In – Place Architectural Concrete Practice (ACI 303R-91) Detroit, American Concrete Institute, 1991, 27 p.

[2] Prefabricación de Elementos Sencillos de Hormigón Aportes Técnicos N° 15, Santiago, 1985, Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, 88 p.

[3] ASTM C150 Specification for Portland Cement

[4] ASTM C595 Specification for Blended Hydraulic Cements

[5] ASTM C845 Tentative Specification Expansive Hydraulic Cement

[6] ASTM C494 Specification for Chemical Admixtures for Concrete

[7] ASTM C979 Standard Specification form Pigments for Integrally Colored Concrete

BIBLIOGRAFIA

1. **HURD, M. K.** Formwork for Concrete. 5th Edition. Detroit, American Concrete Institute, 1989, 472 p. SP-4.
2. **HODSON, Richard C., KUSHNER Denise D.** “Ingredients, Texture, and Integrally-colored Concrete”. Concrete International, September 1992, pp. 21-25.
3. **ARNOLD, Phillip J.** “Getting ahead with colored concrete: Ideas for improving landscape projects”. Concrete Construction, September 1988.
4. **ACI Committee E-703**, Cast-In-Place Walls. Detroit, American Concrete Institute, 1984, 74 p. Concrete Craftsman Series – 2.
5. **ESQUEDA Huidobro, Heraclio.** “El Concreto Precolado en la Arquitectura”. IMCYC Construcción y Tecnología, Mayo 1992, Vol IV, No. 48, pp. 33-40.

6. **KEEHN, Rod.** "Mortero de Color" IMCYC Construcción y Tecnología, Julio 1992, Vol V, No. 50, pp. 18-22.
7. **BUCHNER, Gerald.** "Concreto Coloreado" IMCYC Construcción y Tecnología, Diciembre 1991, Vol IV, No. 43, pp. 20-24.
8. www.ficem.org/site/media/ICPA%20Hormigones%20Arquitectonicos.doc
9. http://www.acaceres.addr.com/student_access/Agregados.pdf
10. icc.ucv.cl/hormigon/aditivos.doc
11. <http://www.csa.com.ec/csa/curado.htm>