

## **Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción y recepción**

**A. Pacios Álvarez**

Departamento de Mecánica Estructural y Construcciones Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España

### **RESUMEN**

Al abordar aspectos de calidad superficial en hormigones vistos nos encontramos con la carencia de clasificación de calidades de superficies, lo que obliga a establecer patrones propios. Una vez identificados los defectos que van a discriminar entre categorías se plantea el problema de la cuantificación de defectos. La actualidad de esta temática ha generado grupos de trabajo, fib (Aesthetics in concrete) y ACHE (hormigón visto). En estos grupos se ha puesto de manifiesto la importancia de la gestión del diseño y construcción de estos elementos, así como el de establecer un procedimiento de control y recepción.

**PALABRAS CLAVE:** calidad superficial, clasificación, defectos, hormigón visto

### **1.- INTRODUCCIÓN**

Tanto la edificación singular como la obra civil demandan cada vez más el empleo de materiales de altas prestaciones, que en el caso del hormigón, además de una resistencia y durabilidad elevada, se exige una apariencia uniforme y alta calidad superficial. Concretamente en obras de hormigón visto es importante que exista entre los agentes involucrados en el proceso una definición clara y un lenguaje común acerca de los resultados esperados; es por esto que ha sido necesario que la calidad requerida se haya pactado previamente tras la elaboración de elementos prototipo y para ello se utilicen superficies de referencia. Independientemente del hormigón que se emplee, esta situación pone de manifiesto la importancia de alcanzar una metodología que, teniendo en cuenta las características de la aplicación, permita definir rangos de aceptabilidad de las calidades superficiales como ya recogen recomendaciones internacionales.

El interés del tema se pone de manifiesto dada la actividad de los grupos de trabajo de la fib (fib TG 8.9 - Exposed concrete) y ACHE (GT 3/12 - Hormigón visto).

Los estudios realizados en control en obra de hormigones vistos, con hormigón vibrado y hormigón autocompactante, permiten asegurar que los valores establecidos son alcanzables. Los defectos encontrados son comunes a las distintas colocaciones y están originados en un importante número de casos con una puesta en obra defectuosa.

### **2.- SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE CALIDAD SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN VISTO**

Desde el punto de vista científico, numerosos autores han estudiado el efecto de los pigmentos en la reología del material, por ejemplo, o los parámetros que afectan la

**Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción ...**

homogeneidad del color y textura del hormigón arquitectónico [1, 2, 3, 4, 5]. Sin embargo, desde el punto de vista tecnológico se han encontrado pocos estudios de investigación que presenten una identificación de defectos superficiales y metodologías para la cuantificación de defectos de superficies de estructuras hormigonadas in situ [6, 7, 8]. Estos estudios detallan aplicaciones a obras concretas y no siempre está contemplada la extensión a un método general de clasificación.

En la Tabla 1 se presentan aquellos sistemas de clasificación más relevantes [9, 10, 11, 12, 13, 14]. Se han ordenado por año de realización, lo que permite observar cómo las más recientes incorporan un sistema de clasificación integrado, incluyendo por ejemplo exigencias de la etapa de planificación. Es importante destacar que las tres últimas hacen referencia también los documentos que se deben incorporar en el proyecto.

**Tabla 1. Revisión de sistemas de clasificación de superficies de hormigón visto**

SISTEMA	NIVELES	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE EXIGENCIAS	EXIGENCIAS	
<b>CIB W49 (1979)</b>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posición relativa del elemento</li> <li>• Tipo de defectos</li> </ul>	4	Variación de forma Manchas y defectos superficiales Burbujas Variación de color
<b>Nueva Zelanda (2004)</b>	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de defectos</li> </ul>	4*	Planeidad Color Irregularidades físicas Acabados
<b>Alemana (2004)</b>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de defectos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exigencias esenciales</li> <li>– Otros exigencias</li> </ul> </li> </ul>	5+2	Textura Porosidad Uniformidad de color Planeidad Juntas de encofrado Tipos de encofrado Prototipo
<b>Austriaca (2009)</b>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de defectos</li> <li>• Actividades</li> </ul>	4**	Planificación y oferta Superficies de hormigón Ejecución de la construcción Encofrado y desencofrante
<b>Australia (2010)</b>	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defectos o características visuales</li> </ul>	6	Porosidad Deformación Cejas Ondulaciones Planeidad Alineación

\*Se presentan hasta 16 sub-exigencias, tales como decoloración, polvo, eflorescencias, descantillados, ... la mayoría de ellos no son cuantitativos.

\*\*Se establece un hasta 13 exigencias a utilizar tanto en clasificaciones cerradas como libres.

**3.- ESPECIFICACIÓN: NIVELES DE CLASIFICACIÓN PROPUESTOS**

Se ha elaborado una estructura de clasificación de cuatro niveles, función de la calidad superficial del hormigón, y por lo tanto relacionada con exigencias vinculadas a la

calidad superficial, como por ejemplo porosidad, homogeneidad de color, planeidad y juntas. Se busca seleccionar principalmente parámetros objetivos.

Adicionalmente se presentan otras exigencias vinculadas, aunque no utilizadas para la clasificación, que consideradas como actividades previas, facilitarán la obtención de las calidades superficiales deseadas. Estos criterios están relacionados con la planificación y oferta de la obra (detalles técnicos, definición del Pliego de Condiciones, equipo de expertos,...) y con la adecuada selección de sistema de encofrado y tipo, así como de la compatibilidad entre encofrado y desencofrante.

La Tabla 2 presenta la estructura de cuatro niveles que permite discriminar entre calidades bajas y elevadas. Siempre será posible utilizar una clase de definición libre, utilizando independientemente los criterios presentados en este documento, así como otros tales como color, aristas, textura, replanteo de anclajes, tratamiento de los puntos de anclaje, etc.

**Tabla 2. Clasificación del hormigón visto, atendiendo a la calidad superficial**

CLASIFICACIÓN PROPUESTA		EXIGENCIAS UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACIÓN						SUPERFICIE DE REFERENCIA
Clasificación	Ejemplos	Porosidad superficial	Homogeneidad de color	Planeidad	Juntas			
					Juntas de construcción	Juntas de paneles de encofrado	Juntas de tablero de encofrado	
<b>HV1</b>	1	P1	HC1	P11	JC1	JP1	JT1	Opcional
<b>HV2</b>	2	P2	HC2	P12	JC1	JP2	JT1	Recomendada
<b>HV3</b>	3	P3	HC3	P13	JC2	JP3	JT1	Obligatoria
<b>HV4</b>	4	P4	HC4	P14	JC2	JP3	JT2	Obligatoria

Las dimensiones de la superficie de referencia se deberán acordar previamente; puede estar contenida en un elemento prototipo de dimensiones mayores.

Se pueden incorporar otras exigencias vinculadas a la clasificación aunque no se plantean como críticas para la clasificación del hormigón visto, dado que no están relacionadas con el acabado superficial sino con actividades complementarias, como por ejemplo el sistema de encofrado o la relación encofrado-desencofrante.

### 3.- GESTIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Para la racionalización y concreción del proceso de diseño y construcción con hormigón visto resulta sin duda determinante no perder de vista la importancia que tienen los agentes involucrados e identificar las obligaciones y responsabilidades en cada etapa del proceso constructivo.

## Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción ...

Cuando se trabaja con un acabado superficial de categoría elevada, la experiencia indica que el “*Equipo de Hormigón Visto*” debe discutir las especificaciones en el inicio de la obra, de manera que tanto el arquitecto como el constructor puedan discutir los detalles del proceso junto con el fabricante de hormigón, suministrador de encofrados y/o productos especiales. La singularidad de algunas obras puede requerir la participación de un consultor externo especialista en hormigón visto como miembro del “Equipo de Hormigón Visto”.

Se han identificado como las etapas más relevantes del proceso constructivo las que se indican a continuación. Todas ellas están contempladas en el Borrador de documento ACHE, Hormigón visto.

### 3.1.- Planificación y oferta de la obra

Deberá evaluar la importancia de las diversas condiciones para definir, tanto en el proyecto inicial como en su desarrollo material en obra, todos los recursos y herramientas existentes: planos, documentación, plazos y, ante todo, costes específicos en los que repercute. Cuando más elevada sea la clasificación de la calidad del acabado del hormigón, mayor será el número de detalles técnicos a incorporar en el proyecto. Por ejemplo, para un nivel de clasificación bajo, la empresa constructora se encargará de seleccionar el tipo de encofrado, puntos de fijación, puntos de hormigonado, etc, pues no aparecerán especificados en el proyecto. Sin embargo, para una superficie con un nivel de clasificación elevada, será necesario incorporar al proyecto los detalles constructivos que ayuden a resolver los puntos singulares complejos, con las instrucciones correspondientes de disposición del armado, juntas, encofrado, método de hormigonado y compactado, curado, etc. En este caso se recomienda asistencia técnica especializada.

### 3.2.- Forma: geometría y acabado.

La industria del encofrado ofrece un amplio abanico de soluciones para las opciones más frecuentes, bien sea tradicional o industrializado. La selección del tipo de encofrado y el estado del mismo se realizará en función del nivel de clasificación de la superficie.

En una superficie de hormigón visto con nivel de exigencia reducido, se considerará la *admisión o no admisión* de perforaciones de clavos y tornillos, daños al panel provocados por vibradores, arañazos, restos de hormigón en depresiones del panel (agujeros de clavos, cráteres,...), “manchas” de cemento, abombados del panel de encofrado alrededor de tornillos y clavos, reparaciones por profesional cualificado. Sin embargo para superficie de hormigón visto con nivel de exigencia elevado únicamente se admitirá perforaciones de clavos y tornillos, arañazos y manchas de cemento siempre que estén reparados y con aceptación del cliente.

Otro aspecto relevante son el replanteo de las juntas de construcción. Por ejemplo para las juntas horizontales de construcción, para prevenir la pérdida de lechada sobre superficies de hormigón visto, en ocasiones no es suficiente con la presión del

encofrado en partes previamente construidas, por lo que es recomendable utilizar medidas adicionales de sellado. Que estas juntas, así como las juntas de paneles de encofrado o juntas de tablero de encofrado queden “marcadas” en la superficie o no, dependerá de las especificaciones de proyecto.

La textura superficial, también viene condicionada por la elección del encofrado y el material utilizado, pues afectará a la uniformidad de color, porosidad superficial, planeidad, y determinará las condiciones de uniformidad por medio de su capacidad de absorción, textura, despiece y fijaciones.

### **3.3.- Material**

Un buen diseño de la dosificación resultará en un acabado visualmente uniforme solo si se garantiza que tanto los componentes como los medios productivos sean en todo momento invariables durante el proceso constructivo completo.

Será necesaria la asesoría de un experto para seleccionar los materiales componentes, con atención especial a los aditivos y adiciones, dado que la naturaleza de los mismos, la dosificación, no solamente afectan las características mecánicas del hormigón, sino también la uniformidad de color, brillo, porosidad, etc. Es además de especial importancia mantener la estabilidad de la mezcla, que se va a ver modificada por las variaciones que se puedan producir en los materiales componentes e incluso en el equipamiento de fabricación del hormigón: Por ejemplo la dispersión de pigmentos estará influenciada por el tiempo de mezclado, volumen amasado y capacidad de la amasadora.

Con relación a las propiedades del hormigón fresco cabe destacar que la eliminación de aire será más difícil en mezclas de viscosidad alta, y un hormigón próximo a la segregación será más proclive a perder lechada si la estanquidad de las juntas de encofrados, atados,... se ha perdido.

Finalmente se debe cuidar características del diseño que afecten a la estabilidad de la mezcla como son la relación agua/material cementiceo, temperatura, etc...

### **3.4.- Puesta en obra**

Las actividades de vertido y consolidación, desencofrado, curado y reparación se deberán reflejar y ser casi invariantes durante la obra. Estas decisiones básicas y otros múltiples pormenores deberán quedar, claramente estudiados y fijados en la planificación previa del proceso de ejecución, y a posteriori, en el proceso de control que verificará los criterios de referencia especificados.

Se deberá prestar especial atención al equipo de vibrado y a las recomendaciones de buena práctica generales. Aquellos elementos especiales que presenten una mayor dificultad, como por ejemplo elementos de sección reducida y fuertemente armados, zonas elevadas de pilares y muros,...

El curado no solamente influenciará las características mecánicas y la durabilidad del hormigón sino que un secado no homogéneo afectará la uniformidad de color y brillo del acabado. Existen diferencias acerca del tratamiento que se deberá proporcionar en

## Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción ...

ambientes húmedos o secos, por lo que es esta actividad de nuevo, será muy recomendable la asistencia de un experto.

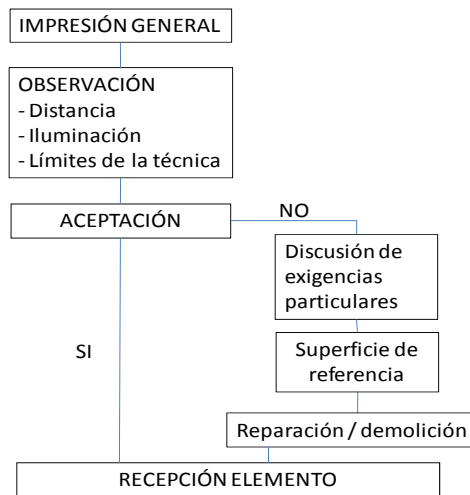
Finalmente no se debe descuidar el desencofrado y protección de las superficies ya ejecutadas, especialmente las zonas muy expuestas, esquinas y bordes. La reparación in situ de defectos puntuales debe estar contemplada en las actividades de acabado, independientemente de otras actividades de aplicación de pinturas o veladuras, que se salen del alcance de este documento.

### 3.5.- Control y aceptación

En el control y aceptación deberá dominar la impresión general y se deberá asumir las limitaciones del material. Si esto no es así, el parámetro determinante para el buen funcionamiento del plan de control será la concreción de una superficie de referencia que permita cotejar visual y racionalmente las unidades de obra ejecutadas. Las especificaciones que permiten diferenciar entre las categorías de hormigón visto (porosidad, homogeneidad de color, planeidad, juntas de construcción y encofrado,...) deberán ser sometidas a control de producto terminado. Independientemente se aplicará un control de recepción de materiales y de ejecución, identificando las características a controlar y la frecuencia en las actividades anteriores.

En la fabricación de las superficies de referencia se deberán utilizar los mismos medios que se van a utilizar en la realidad, de manera que no solamente se recepcione la superficie de hormigón, sino los procedimientos que han permitido obtener determinada superficie.

La Figura 1 muestra un diagrama con el procedimiento de actuación para la recepción de un elemento de hormigón visto.



**Figura 1. Recepción de un elemento de hormigón**

La Tabla 3 muestra un resumen de actividades y características que influyen en la calidad de los acabados de la superficie de hormigón.

**Tabla 3. Resumen de actividades y agentes involucrados**

ETAPA Y ACTIVIDADES	CARACTERÍSTICAS	AGENTE
<b>Planificación y oferta</b>		Arquitecto/Constructor
Complejidad de la obra	- Clasificación de características de las superficies - Elementos singulares de refuerzo - Elementos embebidos - Estanquidad	
<b>Forma: geometría y acabado</b>		Arquitecto/constructor (especialista en encofrados)
Sistema de encofrado	- Tipo - Material de la piel del encofrado	
Despiece y diseño de juntas	- Posición de los puntos de apriete - Posición de los puntos de anclaje - Tratamiento de los puntos de anclaje	
Compatibilidad con el desencofrado	- Adherencia - Estabilidad	
<b>Material</b>		Fabricante de hormigón/constructor (especialista en hormigones)
Estabilidad de la mezcla	- Relación pasta/esqueleto granular - Temperatura - Puesta en obra	
Materiales componentes	- Uniformidad de suministro - Naturaleza - Características físico-mecánicas	
Propiedades físicas y mecánicas	- Consistencia - Viscosidad - Segregación	
<b>Puesta en obra</b>		Constructor/Arquitecto (especialista en puesta en obra)
Procedimiento de hormigonado	- Equipamiento - Puntos de vertido - Velocidad de hormigonado y altura de tongadas	
Vibrado	- Equipamiento y duración - Áreas especiales	
Curado y desencofrado	- Método de curado - Tiempo para desencofrado	
Reparación	- Protección - Material y procedimiento de reparación	
<b>Control y aceptación</b>		Constructor/Arquitecto (especialista en control)
Control de recepción del material	- Consistencia - Viscosidad - Segregación - Resistencia	
Control de ejecución	- Control de curado - Control de vibrado - Control de reparación	
Control de producto terminado: exigencias utilizadas para la clasificación	- Porosidad superficial - Homogeneidad de color - Planeidad - Juntas	

Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción ...

La Figura 2, muestra un diagrama de bloques con los aspectos a considerar por el proyectista y el constructor, en el inicio de la obra, dándole relevancia a las actividades en las que la colaboración de un experto de hormigón visto es necesaria.

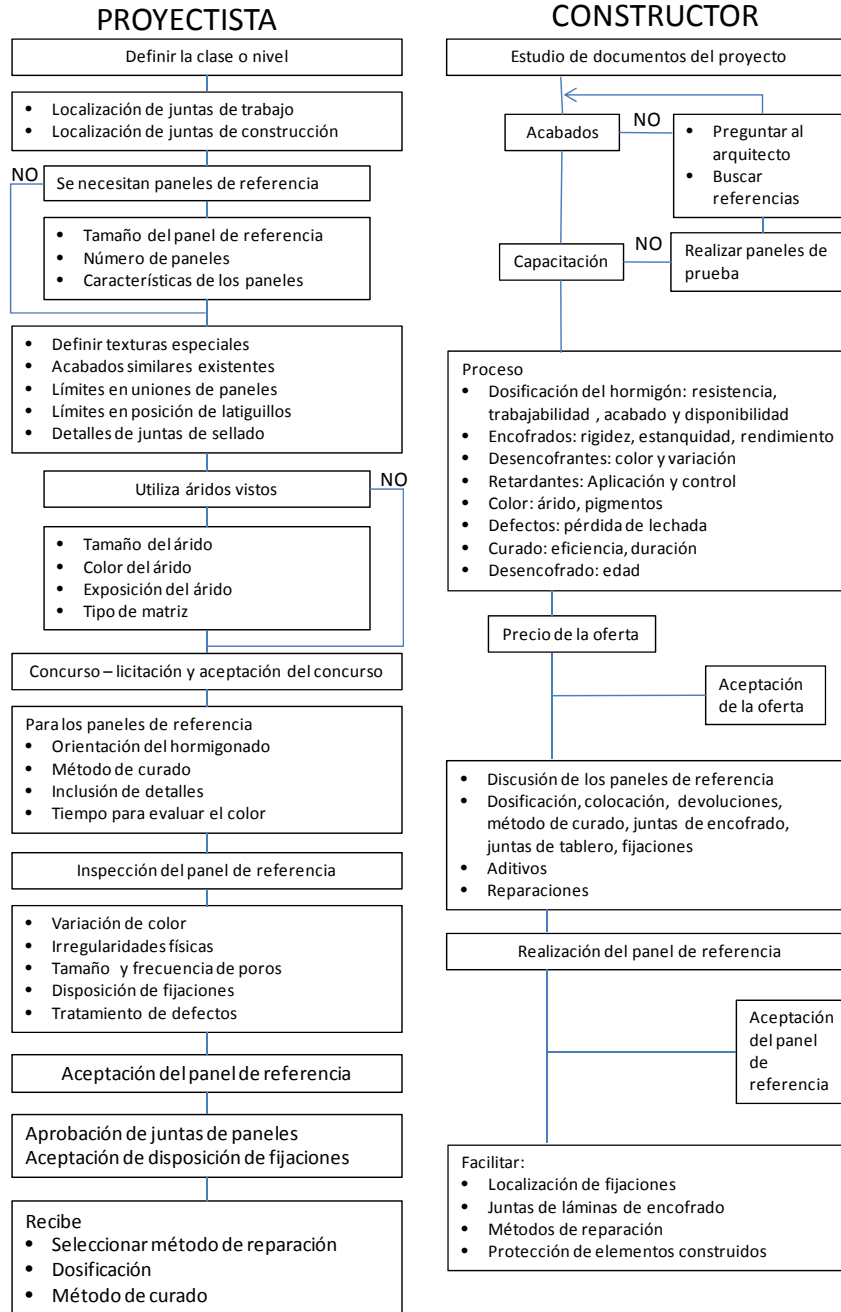


Figura 2. Especificación y producción de hormigón visto (IB33, CCANZ)



#### **4.- COMENTARIOS FINALES**

La clasificación presentada es resultado de un estudio detallado de las recomendaciones existentes, considerando la viabilidad de implementación y adaptándolas a las características propias de nuestras construcciones.

El empleo de la misma se deberá realizar con criterios técnicos que se correspondan con las características de los edificios y la distancia desde las que se van a observar. Esto quiere decir que un hormigón visto, independientemente de la categoría, deberá seguir unos criterios de diseño y planificación que le garantice cumplir las exigencias y se deberá documentar que ha sido diseñado como hormigón visto.

Las exigencias definidas presentan alcanzables, resultado del estudio de obras con hormigón vibrado y hormigón convencional.

Se debe destacar finalmente que, independientemente del esfuerzo que se ha realizado por definir las exigencias objetivamente, la superficie de referencia tiene un papel muy importante para fijar los criterios de aceptación de las exigencias involucradas y se deberá recurrir a ellas como primera alternativa: su empleo es obligatorio para las categorías HV3 y HV4.

#### **REFERENCIAS**

- [1] CARVALHO DE ARRUDA, F. Variación del color y textura de hormigones vistos, con adicción de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposición ambiental, Tesis doctoral ETSI de Caminos, UPM. (2000).
- [2] CHICHÓN S., GARCÍA J., LÓPEZ-ATALAYA M., LINARES A., Y VERA R. "Cement paste colouring in concretes", en *Cement and Concrete Research* 34 (2004) 1987–1991.
- [6] EFNARC.,. The European guidelines for SCC. Specification, production and use, (2005) 68 pp.
- [7] LEMAIRE G., ESCADEILLAS G., RINGOT E. "Evaluating concrete surfaces using an image analysis process", en *Construction and Building Materials* 19 (2005) 604–611
- [8] PACIOS A., GONZÁLEZ D., ESCRIVÁ J.M. and CLIMENT V. "Relationship between SCC Specification and Casting Conditions for Architectural SCC and the Effect on Superficial defects", The Third North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, November 10-12, (2008) Chicago, USA.
- [9] CIB WORKING COMMISSION W 29. Tolerances on blemishes of concrete, CIB report nº 24, Tolerances on blemishes of concrete; Report prepared by CIB Working Commission W29 "Concrete Surface Finishings", Rotterdam (1971) 8 p.
- [10] DEUTSCHER BETON – UND BAUTECHNIK – VEREIN E.V.,. Sichbeton,

**Clasificación superficial del hormigón visto. Gestión del diseño, construcción ...**

(2008) 50 pp.

[11] ÖSTEREICHISCHEN VEREINIGUNG FÜR BETON-UND BAUTECHNIK (ÖVBB). Richtlinie Sichtbeton – Gesalte Betonflächen, (2009) 73 pp.

[12] CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION OF NEW ZEALAND. IB33 - Specification and Production of Concrete Surface Finishes, ISSN 0114-8826, (1989) 28 pp.

[13] AUSTRALIAN STANDARDS. AS3610 – Formwork for concrete. Section 3: Surface finish, (1995) 71 pp.

[14] PACIOS ÁLVAREZ A., Especificación, control de calidad y calidad superficial del hormigón visto autocompactante, Congreso Internacional de Estructuras. V Congreso de ACHE, ISBN 997-84-89670-73-0, (2011) pp. 173-174.