

# Modificaciones de las propiedades superficiales en el hormigón visto, por la utilización de diferentes tipos de desencofrantes y aditivos plásticos

## *Modifications in concrete superficial properties due to the use of different formwork release agents and plastic additives*

A. BELTRAMONE\*, F. A. GARCÍA CRUZ\*\*, A. GARCÍA SANTOS

\* Univ. Nacional de Rosario, Argentina, \*\*Univ. Autónoma de Baja California, México, \*\*\* U. P. M., Madrid

Fecha de recepción: 10-IX-02

Fecha de aceptación: 17-I-03

ARGENTINA/MÉXICO/ESPAÑA

### RESUMEN

*El presente estudio experimental, realizado en las instalaciones del Laboratorio de Materiales de Construcción de la ETSAM, analiza las modificaciones de las propiedades superficiales observadas (en cuanto a color y textura) en morteros de cemento portland gris, por la utilización de desencofrantes diversos (aceite de automóvil, aceite mineral y desencofrante parafínico), y la incorporación de aditivos superfluidificantes plásticos en la mezcla (de las marcas Bettor y Sika).*

*Una vez obtenidas las diferentes probetas, se realizó un registro digital, otorgando valores a las muestras mediante programas de ordenador; en cuanto a modificaciones de color y textura observadas, tomando como base la probeta de cemento sin aditivo.*

*Se observó una migración de las partículas poliméricas de los aditivos hacia la superficie, presentando las modificaciones siguientes:*

*Color: se registraron variantes de tono más oscuros que la probeta base. Textura: registrando menor rugosidad las probetas con aditivos formados por: éteres policarboxílicos modificados, éteres policarboxílicos, polímeros orgánicos modificados, y melaminas sintéticas modificadas; y una rugosidad más acentuada las probetas con aditivos formados por: melamina, naftalensulfonato condensado y derivados policarboxílicos; registrando las probetas base el mayor grado de rugosidad.*

*El desencofrante parafínico respetó en mayor grado las propiedades de color de las probetas analizadas, en contraste con la probeta base; seguido por el de aceite mineral, con ligero incremento de tono; y finalmente el aceite de automóvil, con un incremento notable. Variando en igual medida la rugosidad presentada, desde un acabado casi liso el desencofrante parafínico, hasta uno muy rugoso con el de aceite de automóvil.*

**PALABRAS CLAVE:** derivados del cemento, aditivos superfluidificantes para morteros, desencofrantes, propiedades superficiales de morteros, textura y color.

### SUMMARY

*The actual research study, carried out in the Laboratory of Construction Materials of the ETSAM., analyses the modifications in superficial properties (regarding colour and texture) of grey Portland cement mortars due to the use of different formworks release agents (car oil, mineral oil and paraffin) and to the addition of plastic superplasticiser to the mixture (Bettor and Sika trademarks).*

*Once the test samples were obtained, a digital registration was made by giving them values in terms of colour and texture observed changes using computer programmes, referring those values to the test specimen (only cement, no additives).*

*A migration of the polymeric particles of the additives towards the surface was observed, presenting the following modifications:*

*Colour: darker hues than those of the test specimen sample were registered in the specimens with additives. Texture: the texture of the test specimen containing additives such as modified polycarboxilic ethers, polycarboxilic ethers; modified organic polymers and modified synthetic melamine were much smoother than the one in test specimen. Test specimens containing melamine, condensed naftalensulphate and polycarboxilic derivatives were a bit rougher but still smoother than the test specimen.*

*The same variation of results as for the colour properties was obtained for the texture as regards to the use of formworks release agents, varying from smoothest to roughest with the car oil.*

**KEYWORDS:** cement derivatives, mortar superplasticiser additives, formworks release agents, mortars surface properties, texture and colour.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio, se centra en las modificaciones superficiales provocadas por la acción de los aditivos superfluidificantes plásticos y desencofrantes diversos, en las mezclas que contienen cemento portland de color gris.

En las mezclas de líquidos, existe una segregación en relación con la diferencia de fuerzas de cohesión interna, dando como resultado una minimización de su superficie exterior.

En la actualidad, la mayoría de los superfluidificantes para hormigón, son compuestos sintéticos de estructura polimérica solubles en agua, con una tensión superficial más baja que ésta, por lo que al incorporarse a la mezcla presentan una tendencia a ocupar zonas próximas a la superficie, de acuerdo al fenómeno conocido como efecto Gibbs.

Así, por ejemplo, el envejecimiento y la resistencia superficial de la fachada de un edificio con hormigón visto, tenderá a presentar propiedades similares a las de un material plástico, siempre que la mezcla contenga cierta cantidad de aditivos poliméricos en porcentajes como los recomendados por las casas fabricantes de superfluidificantes, entre el 0,5 y 5% del peso del cemento, esto independientemente de que el paramento trabaje acorde a las propiedades mecánicas propias del hormigón. Por lo que, si a un mortero de cemento u hormigón se le incorpora un aditivo plástico, como son la mayoría de los superfluidificantes que hay actualmente en el mercado, se estará modificando la reología de la pasta y, por lo tanto, sus propiedades superficiales, que, como ya se expuso, incidirán en la percepción del acabado visto de la obra.

Al tiempo de las posibles modificaciones generadas por la incorporación de aditivos plásticos en la fabricación de hormigones o morteros, al momento del vertido de la pasta en el encofrado, el contacto con un determinado tipo de desencofrante, tenderá a provocar, a mayor o menor medida, modificaciones en el acabado final de la capa superficial de la pieza fabricada, ya sea en cuanto a variación del color o de la rugosidad superficial. En la actualidad, estas modificaciones son más notables, debido al aumento del uso en obra de encofrados metálicos o de tableros de madera barnizados, que disminuyen la capacidad de penetración del desencofrante empleado en el molde (contrario a lo que sucedía anteriormente, cuando eran la mayoría de madera sin tratar) y, por tanto, aumentan el grado de absorción del desencofrante a través del propio mortero.

Con la noción de estos efectos físicos producidos por las adiciones y el uso de desencofrantes, se analizaron en el

presente estudio dos características intrínsecas a la expresividad del material, como es el grado de modificación superficial, en cuanto a: color y textura (1).

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El material compuesto a analizar consta de diversos agregados que, incorporados a una matriz, logran producir un aumento de las características de comportamiento. Para lograr este objetivo, es fundamental un buen comportamiento de las interfases en la superficie de dicha matriz, donde deberá producirse una buena interacción de las propiedades individuales de los agregados, estando relacionados entre sí todos los factores que esto implica de una forma compleja.

El comportamiento de las interfases se basa en el contacto entre superficies, encontrándose éstas entre dos fases de diferente naturaleza química o de diferente estructura física (2).

La relación entre superficies se fundamenta en tres principios generales:

- . La transición de una fase a otra es un fenómeno superficial.
- . La superficie está relacionada con la existencia de energía libre.
- . La superficie está relacionada con la existencia de un potencial eléctrico.

La existencia de la energía superficial de enlace es importante para entender el funcionamiento de las dispersiones, en donde las fases están muy finamente divididas y existe, por tanto, una gran superficie de contacto. Si estas partículas están cargadas, se pueden producir fenómenos electrofíticos, donde las características de la carga pueden ser modificadas por la adición al sistema de componentes solubles iónicos (3).

De todas las posibilidades de encuentros entre fases, interesan para el presente estudio los encuentros de líquidos con otros líquidos y con sólidos, ya que el material compuesto se producirá en disolución acuosa.

A causa de los fenómenos entre los distintos estados de la materia presentados anteriormente, aparecen efectos superficiales, que influyen en el comportamiento conjunto de los materiales que intervienen en el mortero, de los cuales, para este estudio en particular, nos centraremos en el de las «migraciones superficiales», basado en el fenómeno conocido con el nombre de efecto Gibbs.

En las relaciones entre líquidos, existen fuerzas de unión en relación con la diferencia de tensiones superficiales, teniendo como consecuencia una minimización de su su-

perficie exterior. Si los tipos de moléculas que entran en la solución son distintos, presentan diferentes campos de fuerzas de cohesión entre sí, siendo expulsadas hacia la superficie (zona de mínima energía) aquellas moléculas cuyas fuerzas de cohesión sean de menor intensidad, con lo que se produce una disgregación de la solución; con este proceso, disminuye el grado de solución en el interior por acumulación estática en la superficie de aquellas moléculas que presentan menor energía cohesiva.

La gran mayoría de los compuestos sintéticos solubles en agua, tienen una tensión superficial más baja que ésta, por lo que presentan una tendencia a ocupar zonas próximas a la superficie. Esta tendencia, da como resultado una tensión superficial de la mezcla menor que la del agua pura, facilitando su adhesión a otros productos (1).

Los superfluidificantes se añaden a la mezcla en el momento que esta se encuentra en estado líquido, por lo que el efecto Gibbs es de aplicación, y según se producen los fenómenos de fraguado de la mezcla, emigran las partículas poliméricas a la superficie. Una vez incorporados estos productos plásticos en las mezclas de cemento, vendrán a modificar la reología del hormigón o mortero (características de deformación y escurrimiento de las pastas) (4).

Los aditivos para hormigón, que en este caso son los superfluidificantes, se definen de acuerdo con la Norma UNE 80.200-83, como: aquellas sustancias o productos que incorporados a las pastas, morteros u hormigones, antes o durante el amasado, en una proporción normalmente no superior al 5% en peso, producen la modificación deseada en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

Los aditivos superfluidificantes, constituyen una categoría de uso cada vez más extendido en la construcción, permitiendo obtener a igualdad de relación agua-cemento, productos mucho más trabajables que los ordinarios, así como una notable reducción de dicha relación a igualdad de trabajabilidad. Consiguiendo hormigones bombeables, autonivelantes, con mayores resistencias y que requieran un mínimo trabajo para la compactación, donde los fenómenos de segregación de los áridos están prácticamente ausentes.

### 3. ESTUDIO EXPERIMENTAL

#### 3.1. Plan de ensayos

Los ensayos pertinentes a este estudio experimental, se han realizado en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la E.T.S.A.M., el cual se encuentra adscrito al Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica.

La división de tareas del plan de ensayos se establece a continuación.

##### 3.1.1. Normativa

- . Confección de probetas: Las probetas se realizaron de acuerdo con lo especificado en la Norma UNE-EN 196-1, "Métodos de ensayo de cemento", Parte 7 (Método de toma y preparación de muestras de cemento).
- . Ensayos: No existe normativa determinada para la realización de ensayos de color y textura en hormigón, por lo que se procedió a la elaboración de una metodología propia.

##### 3.1.2. Elaboración de probetas

###### 3.1.2.1. Materiales empleados

- . Cemento gris, portland VALDERRIVAS, 2000.
- . Arena silíceo normalizada del Instituto Eduardo Torroja.
- . Agua.
- . Desencofrantes.
  - Aceite de automóvil, provisto por el Laboratorio de Materiales de la ETSAM.
  - BETTODESMOLD H, marca BETTOR, a base de aceites parafínicos.
  - SIKA DESENCOFRANTE LN, marca SIKA, a base de aceite mineral.
- . Aditivos superfluidificantes marca BETTOR.
  - GLENIUM C355, a base de éteres policarboxílicos modificados.
  - GLENIUM B255, a base de derivados policarboxílicos.
  - GLENIUM C313, a base de éteres policarboxílicos.
  - GLENIUM 22, a base de derivados policarboxílicos.
  - MELCRET 222, a base de naftalensulfonato condensado.
  - MELMENT L-10, a base de melamina.
  - RHEOBUILD 1000, a base de polímeros orgánicos modificados.
  - RHEOBUILD 716, a base de polímeros orgánicos modificados.
- . Aditivos superfluidificantes marca SIKA.
  - SIKAMENT FF, a base de melamina.
  - SIKAMENT 300, a base de melaminas sintéticas modificadas.
  - SIKAMENT 14 M, a base de melaminas sintéticas modificadas.

###### 3.1.2.2. Instrumentos

- Cámara digital MAVICA, marca SONY.
- Lupa modelo MARÉS marca CARTON, con cámara digital MOTICAM 480.

El proceso para la toma, selección y análisis de los diversos datos obtenidos por medio de estos instrumentos electrónicos se especifica en el punto 1.3.1., y en el 1.3.2., en donde se explica el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de los ensayos de color y de textura.

### 3.1.2.3. Procedimiento

- . En los ensayos se mantuvieron como constantes:
  - La dosificación de cemento, arena y agua utilizado en las probetas.
  
- . En los ensayos se mantuvieron como variables:
  - El tipo de desencofrante.
  - El tipo de aditivo.
  
- . Las condiciones generales de los ensayos se ajustaron a los siguientes requerimientos:
  - Todos los recipientes, así como los moldes utilizados para el amasado y la fabricación de probetas, son estancos (realizados con material impermeable).
  - Todo el material utilizado para la realización de los ensayos fue limpiado previamente a la realización de estos.

### 3.1.2.4. Preparación de las probetas

La composición del mortero en masa, incluyó: una parte de cemento, tres partes de arena, y media parte de agua para todas las probetas.

Cada amasada para dos probetas se compuso de: 450g +/- 2g de cemento, 1.350 g +/- 5 g de arena y 225 g +/- 1 gr. de agua. Las cantidades de los aditivos se fijaron en relación al peso del cemento, según el porcentaje máximo especificado en las fichas técnicas de cada producto, como a continuación se detalla:

GLENIUM C355 = 1,4%; GLENIUM B255 = 1,8%;  
GLENIUM C313 = 2,5%; GLENIUM 22 = 1,4%;  
MELCRET 222 = 2,0%; MELMENT L-10 = 2,0%;  
RHEOBUILD 1000 = 1,8%; RHEOBUILD 716 = 1,5%;  
SIKAMENT FF = 0,7%; SIKAMENT 300 = 1,0%;  
SIKAMENT 14 M = 1,0%.

El amasado del mortero se efectuó de acuerdo a normativa con amasadora programable.

Una vez lista la pasta con el aditivo indicado, se realizó la preparación de las probetas, vertiendo en el molde -previamente barnizado- y con el desencofrante correspondiente para cada caso; al finalizar, se colocó el molde con sus 9 probetas en la mesa vibradora para su compactación. Una vez expulsado el aire de la mezcla, se introdujo el molde en la cámara húmeda durante 7 días con una temperatura de 20-°C +/- 3-°C, y una humedad relativa del 90% +/- 5%.

El desmoldado se realizó el séptimo día.

### 3.1.3. Análisis de los resultados obtenidos

Una vez desmoldadas las probetas, se procedió a la elaboración de dos ensayos en los que se analizaron las modificaciones superficiales observadas, en cuanto al color y textura superficial.

La simbología utilizada para identificar los materiales empleados en los ensayos es la siguiente:

CEMENTO:

CG Cemento portland color gris.

DESENCOFRANTES:

AA Desencofrante a base de aceite de automóvil.

P Desencofrante parafínico BETTODESMOLD H, marca BETTOR.

AS Desencofrante a base de aceite mineral SIKA DESENCOFRANTE LN, marca SIKA.

ADITIVOS:

1. Probeta base de cemento sin aditivos.
2. GLENIUM C355, a base de éteres policarboxílicos modificados.
3. GLENIUM B255, a base de derivados policarboxílicos.
4. GLENIUM C313, a base de éteres policarboxílicos.
5. GLENIUM 22, a base de derivados policarboxílicos.
6. MELCRET 222, a base de naftalensulfonato condensado.
7. MELMENT L-10, a base de melamina.
8. RHEOBUILD 1000, a base de polímeros orgánicos modificados.
9. RHEOBUILD 716, a base de polímeros orgánicos modificados.
10. SIKAMENT FF, a base de melamina.
11. SIKAMENT 300, a base de melaminas sintéticas modificadas.
12. SIKAMENT 14 M, a base de melaminas sintéticas modificadas.

#### 3.1.3.1. Ensayo de color

El registro de las probetas se realizó mediante imágenes tomadas con cámara digital, en formato JPG. La metodología consistió en la toma de una fotografía de la parte denominada "frente", que corresponde a la cara de la probeta que quedó en contacto con el molde, y una segunda fotografía, de la parte denominada "reverso", que corresponde a la cara de la probeta que quedó expuesta.

La toma de muestras se realizó mediante incorporación de dichas imágenes en el programa de ordenador Adobe

Photo Shop 6.0, en donde se hizo una extracción selectiva de un recuadro representativo de 1"x1" (2,54x2,54cm) de dimensión, el mismo que se convirtió a la gama de color CMYK para poder obtener posteriormente el desglose de cada uno de los colores que lo componen. En base a este recuadro, se tomó una muestra digital en el punto central del mismo, con un "gotero" con dimensión de 5x5 píxeles. Siendo finalmente ésta, la muestra que se procedió a analizar en dicho programa, y de la que se obtendrían las siguientes escalas, Separación de color: %C, %M, %Y, %K, y Valores de color: °Huc (Grado de Tonalidad), %Saturación y %Brillo.

A continuación se presenta la descripción de los valores de color antes mencionados, que fueron la base para el ensayo de color, extractados del programa de ordenador Adobe Photo Shop 6.0 en la sección de *herramientas de ayuda*:

El modelo CMYK es un sistema basado en la cualidad absorbente de la luz de la tinta impresa sobre papel, donde, una vez que la luz blanca choca con las tintas translúcidas, parte del espectro es absorbido y parte es reflejado de vuelta a los ojos del observante. En teoría, los pigmentos puros de cyan (C), magenta (M), y amarillo (Y), deben combinarse para absorber todo el color y producir el negro (K). Es por esta razón por la que dichos colores son llamados "colores subtractivos". Porque todas las tintas de impresión contienen ciertas impurezas: estas tres tintas, antes mencionadas, realmente producen un tono café lodoso, y deben ser combinadas con tinta negra para producir un negro fiel. Al proceso de combinar estas tintas para reproducir color se le conoce como: selección de color.

El modelo HSB, por otra parte, basado en la percepción humana del color, describe tres características fundamentales del color:

- (H) Hue (Tonalidad), es el color reflejado de, o transmitido a través de un objeto. Su medición corresponde a un punto específico en el círculo de colores estandarizado, expresado éste como un grado entre 0° y 360°. En uso común, el Hue se identifica por el nombre del color al que corresponde.

- (S) Saturación, también llamado *croma*, corresponde a la fuerza de pureza del color. Representa la cantidad de gris en proporción con el Hue, medido como un porcentaje entre 0% (gris) hasta un 100% que corresponde a un color completamente saturado. En el círculo cromático estándar, la saturación incrementa desde el centro hacia los extremos.

- (B) Brillo, corresponde al grado de luminosidad u oscuridad del color, medido usualmente como un porcentaje entre 0% (negro) hasta un 100% (blanco).

Una vez obtenidos todos los datos respectivos a cada muestra, se vaciaron en una tabla formulada en hoja de cálculo del programa Microsoft Excel 2000, en donde se hizo una tabulación comparativa entre cada una de las distintas muestras, tomando como valor base de comparación el grado de Tonalidad (Hue) de cada muestra, y acomodándolas en orden descendiente en relación a dicho valor, para elaborar posteriormente la gráfica correspondiente a cada tabla..

En base a los datos obtenidos del análisis numérico, las muestras digitales se colocaron en una ficha de análisis en una página del programa Corel Draw 9.0, ubicando tanto la imagen "frente", como la imagen "reverso" de cada probeta, en donde se pudo apreciar el contraste y relación existente entre todas las variables analizadas, ordenadas de la siguiente manera: tres columnas principales según el tipo de desencofrante empleado, y doce filas según el tipo de aditivo empleado en ordendescendente, según los datos obtenidos en las tablas comparativas, las que finalmente se analizaron para obtener los debidos resultados y conclusion

Tras la ordenación de las muestras en torno al grado de Tonalidad (Hue), se observó que en la totalidad, las muestras se ubicaron en relación al rango de los 160° (azulverde muy claro) que corresponde al color base del cemento, y a partir de dicho valor se modifican los rangos hacia 120° (tonos de verde) y 240° (tonos de azul oscuro).

En las Figuras 1-3 se muestran los análisis de color obtenidos.

### 3.1.3.2. Ensayo de textura superficial

El registro de las probetas siguió los mismos criterios que en el ensayo de color, realizando fotografías de "frente" y del "reverso", en este caso mediante el empleo la lupa digital en formato JPG.

La toma de muestras, se realizó mediante incorporación de dichas imágenes en el programa de ordenador Adobe Photo Shop 6.0, en donde se hizo una extracción selectiva de un recuadro representativo de 1"x1" (2,54x2,54 cm) de dimensión. Estos recuadros, posteriormente se vaciaron a manera de ficha de análisis en una página del programa Corel Draw 9.0, ubicando tanto la imagen "frente", como la imagen "reverso" de cada probeta. Con esta ficha de análisis se procedió a comparar visualmente las características propias de cada una de las muestras y determinar los grados de rugosidad o tersura que cada una representa, realizando una ordenación primeramente en tres columnas principales, de acuerdo a la porosidad global que presentó cada tipo de desencofrante utilizado, y,

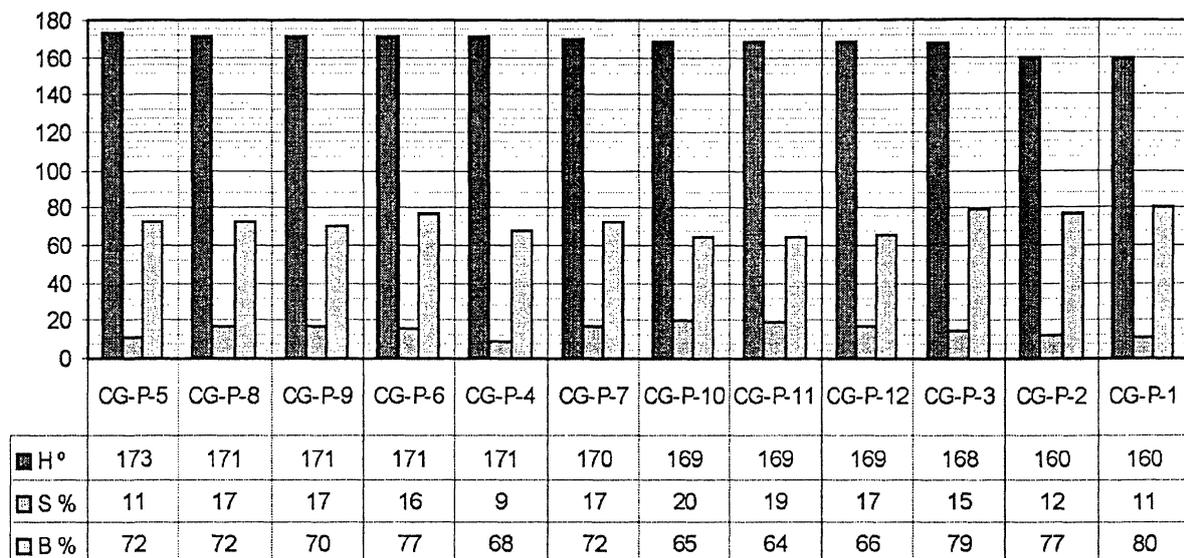


Figura 1.- Análisis de color. Cemento gris-parafina-aditivos.

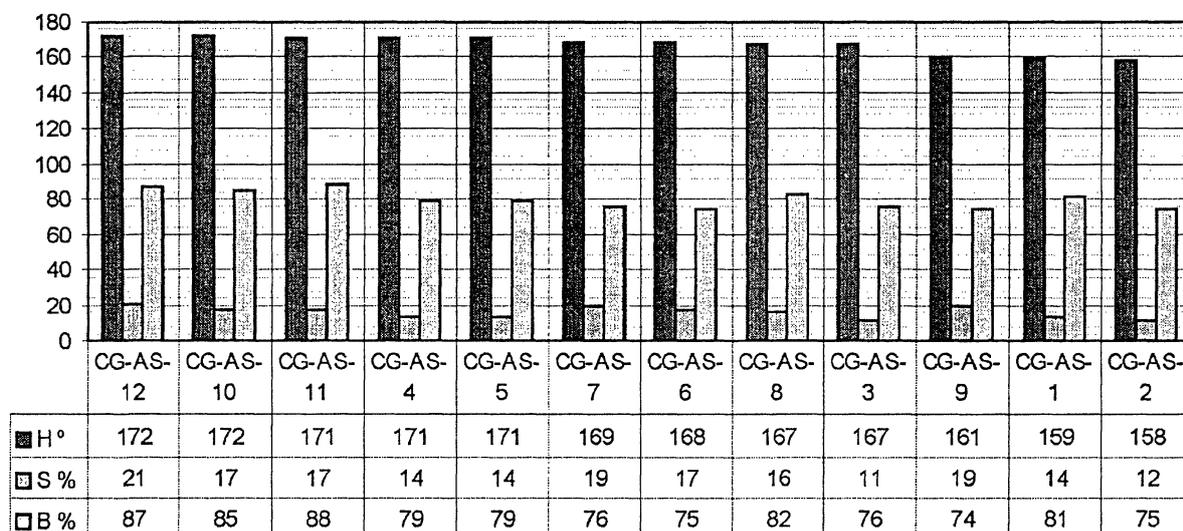


Figura 2.- Análisis de color. Cemento gris-aceite mineral-aditivos.

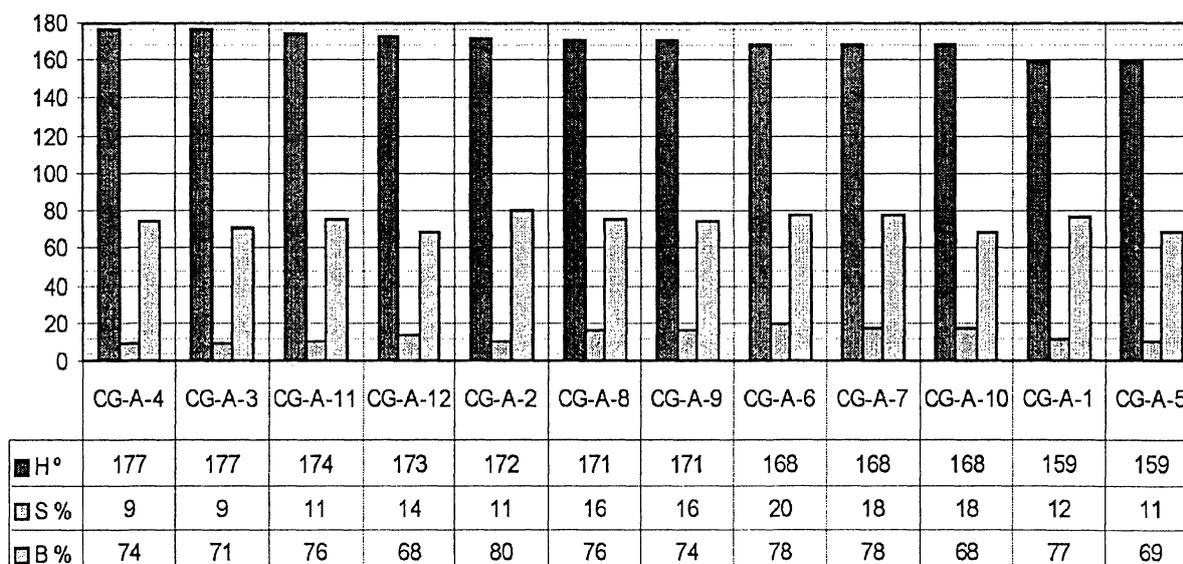


Figura 3.- Análisis de color. Cemento gris-aceite de automóvil-aditivos.

posteriormente, se procedió a ordenar cada una de las tres subdivisiones anteriores en tres grandes apartados: textura lisa, textura de poro cerrado y textura de poro abierto, con lo que se hizo una clara distribución correspondiente al efecto que cada uno de los distintos aditivos produjo en cada probeta analizada.

Tras comparar los resultados de las fichas de análisis entre sí, se obtuvieron las conclusiones correspondientes, en lo que respecta a este apartado.

## 4. CONCLUSIONES

### 4.1. Ensayo de color

Las modificaciones superficiales de color producidas por los diversos tipos de aditivos plásticos en las probetas de cemento con el uso de diversos tipos de desencofrantes, se presentan a continuación:

- *Desencofrantes*: partiendo de las probetas que sufrieron menor modificación de color, que corresponde a la lectura con un menor grado de Tonalidad (Hue), se graficaron los resultados en orden descendente, partiendo de los tonos más claros hacia aquéllos que presentaron mayor grado de modificación, correspondiente a tonalidades más oscuras. Se pudo observar que el desencofrante parafínico en la totalidad de los casos, es el que respeta a mayor grado el tono del cemento, seguido por el desencofrante de aceite mineral, donde se aprecia una ligera variación de tono casi imperceptible, y, al final, el de aceite de automóvil, donde el tono obtenido varía notablemente hacia colores más oscuros.

Con lo que se concluye que el desencofrante que respeta de mejor manera la tonalidad del hormigón o mortero es el desencofrante parafínico.

- *Aditivos plásticos*: partiendo de las probetas base de cemento sin aditivos como punto de comparación, las mismas que registraron valores de Tonalidad (Hue) = 160 °, todas las muestras con aditivos plásticos presentaron incrementos de tono, abarcando los rangos de 160 ° - 177 °, según se puede apreciar en las gráficas anexas, de donde se obtiene el siguiente orden de modificación, de menor a mayor grado de tono, a partir de la probeta base:

1. Cemento sin aditivo, 2. Éteres policarboxílicos modificados, 3. Éteres policarboxílicos, 4. Derivados policarboxílicos, 5. Melaminas sintéticas modificadas, 6. Melamina, 7. Naftalensulfonato condensado, 8. Polímeros orgánicos modificados.

Con lo que se concluye que, siempre que se incorporan aditivos plásticos al hormigón o mortero, la pieza resultante presentará modificaciones superficiales de color

con tonos más oscuros, en mayor o menor grado de acuerdo al tipo de aditivo empleado.

### 4.2. Ensayo de textura superficial

Las modificaciones superficiales de textura, producidas por los diversos tipos de aditivos plásticos en las probetas de cemento con el uso de diversos tipos de desencofrantes se presentan a continuación:

- *Desencofrantes*: partiendo de las probetas que sufrieron menor modificación de textura, que corresponden a la lectura con una menor rugosidad superficial, se colocaron las muestras en orden descendente, hacia las que registraron mayor modificación de textura, que corresponden a la lectura con un mayor grado de rugosidad superficial. Se pudo observar, que el desencofrante parafínico en la totalidad de los casos, es el que confiere a las probetas obtenidas un mayor grado de tersura, seguido por el desencofrante de aceite mineral, donde se aprecia un ligero incremento de rugosidad, y, al final, el de aceite de automóvil, donde el grado de rugosidad incrementa notablemente.

Con lo que se concluye que el desencofrante que confiere mayor grado de tersura a las piezas fabricadas de hormigón o mortero es el desencofrante parafínico, por lo que resulta el más idóneo para trabajos de hormigón aparente donde sea importante la calidad del producto resultante, seguido por el de aceite mineral, y quedando excluido de su uso el aceite de automóvil para estos casos.

- *Aditivos plásticos*: se realizó una catalogación de las probetas en tres grupos, según el grado de rugosidad superficial presentado por las diversas muestras, en donde se puede apreciar la variación de rugosidad, desde un grado muy ligero denominado textura lisa, seguido por una denominada textura de poro cerrado, y, finalmente, un alto grado de rugosidad denominado textura de poro abierto. Se pudo observar, que la probeta base de cemento sin aditivo quedó, en todos los casos, ubicada con el mayor grado de rugosidad, dentro de la categoría denominada de poro abierto, y, en orden descendente, a partir de ésta, se encuentran colocadas las probetas con los diversos tipos de aditivo, registrando como probetas con un grado de rugosidad considerable las de aditivos a base de: melamina, naftalensulfonato condensado y derivados policarboxílicos, y un grado mínimo de rugosidad, las de aditivos a base de: éteres policarboxílicos modificados, éteres policarboxílicos, polímeros orgánicos modificados, melaminas sintéticas modificadas.

Con lo que se concluye que, siempre que se incorporan aditivos plásticos al hormigón o mortero, la pieza resultante presentará modificaciones superficiales de textura con grados de rugosidad menores que los obtenidos con hormigones o morteros sin el uso de ningún tipo de aditivo.

### 4.3. Conclusiones finales

El *desencofrante parafínico* es el que respeta, a mayor grado, las cualidades propias de las piezas fabricadas de hormigón visto, y que le confiere menor número de modificaciones superficiales tanto en color como en textura, por lo que resulta el más recomendable para este uso.

El *desencofrante de aceite mineral* presenta una ligera modificación tanto por lo que respecta al color como a la textura superficial de dichas piezas, por lo que puede resultar también como una opción viable.

El *desencofrante de aceite de automóvil* es el que modifica, en mayor grado, el acabado superficial de las piezas de hormigón visto, tanto en color como en textura, por lo que se recomienda que no se utilice en estos casos, salvo que se busque obtener un acabado superficial específico, con alguna de las características observadas en el presente estudio.

El empleo de *aditivos plásticos* en todos los casos, a mayor o menor grado, produce modificaciones superficiales en las piezas fabricadas de hormigón visto, tanto en color, como en textura.

La modificación del color, que se produce mediante el uso de los diversos aditivos plásticos analizados en el

presente estudio es la siguiente: partiendo del tono más claro que representa el hormigón sin incorporación de aditivos y, a continuación, un incremento hacia tonalidades más oscuras del hormigón, mediante el uso de los diversos aditivos:

1. Cemento sin aditivo, 2. Éteres policarboxílicos modificados, 3. Éteres policarboxílicos, 4. Derivados policarboxílicos, 5. Melaminas sintéticas modificadas, 6. Melamina, 7. Naftalensulfonato condensado, 8. Polímeros orgánicos modificados.

La modificación de textura que se produce mediante el uso de los diversos aditivos plásticos analizados en el presente estudio es la siguiente, partiendo de la textura más rugosa que representa el hormigón sin incorporación de aditivos: se obtienen mejoras substanciales en cuanto a texturas más tersas en todos los casos de utilización de aditivos plásticos, con un grado ligero de rugosidad en los aditivos a base de: melamina, naftalensulfonato condensado y derivados policarboxílicos, y un grado mínimo de rugosidad las de aditivos a base de: éteres policarboxílicos modificados, éteres policarboxílicos, polímeros orgánicos modificados, melaminas sintéticas modificadas.

## BIBLIOGRAFÍA

Las referencias documentales se basan en las reseñas bibliográficas que se citan a continuación y en las aplicaciones de productos de firmas comerciales especializadas en aditivos para derivados del cemento.

De entre estas últimas cabe mencionar a la firma Sika, S. A. y a Bettor MBT, S. A.

- (1) A. García Santos. Los plásticos en la construcción I, II. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid, 2001.
- (2) R. Lunar, y R. Oyarzun. Yacimientos minerales. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S. A., 1991.
- (3) F. Massazza. Superfluidificantes y aditivos inorgánicos. 1<sup>er</sup> Simposio sobre aditivos para el hormigón. 1983.
- (4) H. F. W. Taylor. La química de los cementos. Ed. Urmo. 1978.

\* \* \*