

LAB. **FORMICONTROL**, S.L.

CONTROL DE QUALITAT  
DEL FORMIGO FRESC  
LABORATORI ACREDITAT

CIF: B-61.649.943  
Plaça Riera, 9  
08459 St. Antoni de Vilamajor  
Tel./Fax 93 845 22 85

**CEMENTOS COLLET S.L.**  
**CEMENTOS Naturales.**  
Colònia Collet d'Eyne, s/n  
**08694 GUARDIOLA DEL BERGUEDÀ**

**Referencia: Collet13incontrolFC.0201 castellano**

**CONTROL DE LA CALIDAD DEL CEMENTO NATURAL MARFIL DE LA  
FÁBRICA DE CEMENTOS COLLET, S.L. SEGÚN NORMAS VIGENTES**

**ÍNDEX**

1. INTRODUCCIÓN
2. DEFINICIÓN DEL CEMENTO NATURAL
3. DETERMINACIONES EXPERIMENTALES ESPECIFICADAS EN LA NORMA UNE 80309:2006
  - 3.1 Características físicas y mecánicas
    - 3.1.1 Determinación de la finura
    - 3.1.2 Determinación del tiempo de fraguado
      - 3.1.3.1 Sin retardador
      - 3.1.3.2 Con retardador
    - 3.1.3 Relación agua/cemento
    - 3.1.4 Determinación de resistencias a compresión
      - 3.1.4.1 Con pasta pura Relación agua/cemento 0,34
      - 3.1.4.2 Con pasta pura Relación agua/cemento 0,40
      - 3.1.4.3 Con mortero 1:1 Relación agua/cemento 0,40
    - 3.1.5 Expansión por Le Chatelier
  - 3.2 Características químicas
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
5. CONCLUSIONES

## 1.- INTRODUCCIÓN

En fecha Enero 2013 hemos recibido un saco de cemento natural con la referencia MARFIL para realizar el control de calidad, hacer los ensayos pertinentes, y para poder evaluar la conformidad con las normas vigentes para este tipo de cemento.

El cemento natural rápido “MARFIL” fabricado por Cementos Collet sigue siendo el único cemento natural de todo el país que se fabrica con piedra caliza-arcillosa obtenida en explotación subterránea.

Desde hace 125 años este cemento se obtiene del mismo estrato geológico, de composición muy específica, que se encuentra en el subsuelo de la cuenca minera del Berguedà (Barcelona).

La constancia de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos iniciados en el laboratorio de investigación por el profesor Ferran Gomà des de los años 90 hasta el día de hoy y la regularidad de sus características, nos confirman que nos encontramos frente a un cemento con unas prestaciones únicas y difíciles de encontrar en otros cementos naturales.

## 2. DEFINICIÓN DEL CEMENTO NATURAL.

La norma UNE 80309:2006 define como cementos naturales los conglomerantes hidráulicos obtenidos por la calcinación a una temperatura suficientemente elevada, 1000°C a 1200°C, pero inferior a la de clinkerización, 1600°C, de margas con composición homogénea y regular, sometidas a una molturación muy fina y con la adición máxima de un 5% de sustancias no nocivas.

Los cementos naturales se pueden utilizar en cualquier tipo de obras de albañilería y en bloques de hormigón.

La reglamentación vigente del hormigón estructural no contempla este tipo de cementos, por tanto, en ningún caso se puede utilizar con fines estructurales.

## 3. DETERMINACIONES EXPERIMENTALES ESPECIFICADAS EN LA NORMA UNE 80309:2006

### 3.1 Características físicas y mecánicas

#### 3.1.1 Determinación de la finura

Se ha determinado la finura del cemento según la norma UNE 80122. Los resultados obtenidos se exponen en la siguiente tabla.

TABLA I

Residuo máximo (%) sobre:	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Valor medio	VALORES MÁXIMOS UNE 80309:2006
Tamiz 160 µm (ISO 565)	17,8	16,5	16,0	<b>16,8</b>	17
Tamiz 80 µm (ISO 565)	35,8	34,2	34,7	<b>34,9</b>	35

La muestra recibida cumple justo el valor normativo.

### 3.1.2 Determinación del tiempo de fraguado

Hemos determinado el tiempo de fraguado del cemento natural recibido según la norma UNE-EN 196-3. Hemos hecho las determinaciones sin utilizar retardador y con retardador. En las siguientes tablas exponemos los resultados obtenidos, así como los valores especificados para cementos naturales rápidos por la norma UNE 80309:2006.

#### 3.1.3.1 Sin utilizar retardador

TABLA II

Referencia de la muestra	Tiempo Inicial minutos	Tiempo Final Minutos
Muestra 1	<b>2' 10''</b>	<b>4' 00''</b>
Muestra 2	<b>2' 30''</b>	<b>4' 30''</b>
Prescripciones de la Norma UNE 80309:2006		
CNR 4	> 1	< 8
CNR 8	> 1	< 8

Los tiempos de fraguado obtenidos corresponden a un cemento natural rápido.

#### 3.1.3.2 Utilizando retardador

Se ha determinado el tiempo de fraguado utilizando ácido cítrico como retardador de fraguado y para dos concentraciones de ácido cítrico.

TABLA III

Referencia de la muestra	Tiempo Inicial minutos	Tiempo Final Minutos
2,0 g cítrico /kg de cemento	<b>10' 45''</b>	<b>12' 00''</b>
2,7 g cítrico /kg de cemento	<b>12' 15''</b>	<b>14' 00''</b>

La utilización de un retardador de fraguado nos permite aumentar el tiempo de aplicación de este cemento a pie de obra, no obstante, se recomienda no aumentar la dosificación. La concentración de retardador recomendada es entre 2 a 3 g de ácido cítrico/kg de cemento.

### 3.1.3 Relación agua/cemento

La relación mínima agua/cemento que nos permite este tipo de cemento es de **0,34**. Con esta relación a/c se obtienen las máximas resistencias. No obstante, para poder tener más facilidad de aplicación en la obra, la relación agua/cemento que se recomienda es de **0,40**.

### 3.1.4 Determinación de resistencias a compresión

En diferentes estudios con análisis completos de este cemento, hemos encontrado que tiene una media de entre 6-13 % de feldespatos e inertes, esta condición implica que este cemento pueda utilizarse por el albañil sin adición de arena.

Las condiciones de puesta en obra recomendadas por el fabricante son las que corresponden a las utilizadas prácticamente por el albañil.

Por otro lado, la evaluación del aglomerante, por lo que respecta a las resistencias, debe hacerse con la consistencia que la norma específica, es decir, introduciendo arena hasta encontrar un desparramamiento de 100 mm.

Por tanto la evaluación de las curvas de resistencias, las hemos determinado de las dos maneras, con y sin adición de arena y una relación a/c de 0,40.

En el caso de no añadir arena, y con tal de evaluar la máxima resistencia de este cemento, se ha determinado su resistencia con la mínima relación a/c que este cemento acepta, de 0,34.

En todos los casos se ha utilizado ácido cítrico como retardador de fraguado, para poder realizar la serie de probetas con la suficiente garantía.

Siguiendo la metodología especificada por la norma, los resultados son los expuestos a continuación.

#### 3.1.4.1 Con pasta pura i relación agua/cemento 0,34

Hemos determinado la resistencia a compresión sencilla según la normativa vigente UNE 80.116 para una muestra de cemento natural sin adición de arena suplementaria, para una relación **a/c= 0,34**.

**TABLA IV**

#### **Muestra sin adición de arena: Relación a/c= 0,34**

	Tensión máxima, KN	Superficie, en mm <sup>2</sup>	Resistencia, en N/mm <sup>2</sup>	VALORES MÍNIMOS UNE 80309:2006	
				CNR 4	CNR 8
1 Hora	13.760	1600	8.6	0.5	1.0
3 “	19.200	1600	12.0	0.8	1.5
6 “	24.000	1600	15.0	1.0	2.0
24 “	25.920	1600	16.2	1.2	2.5
7 Días	32.000	1600	20.0	2.0	5.2
28 “	40.000	1600	25.0	4.0	8.0

Se han determinado las constantes estadísticas estándar de los resultados obtenidos a 28 días.

	Tensión máxima, kN	R <sub>28</sub> , N/mm <sup>2</sup>
1	35.200	22.0
2	37.440	23.4
3	39.200	24.5
4	41.440	25.9
5	42.880	26.8
6	44.000	27.5

R 28	$\bar{X}_{R28}$	25.0
	$\sigma$	1.92
	C.V. %	7.7

### 3.1.4.2 Con pasta pura y relación agua/cemento 0,40

Hemos determinado la resistencia a compresión sencilla según la normativa vigente UNE 80.116 para una muestra de cemento natural sin adición de arena suplementaria, para una relación **a/c= 0,40**, según recomendaciones del fabricante.

**TABLA V**

#### Muestra sin adición de arena: Relación a/c= 0,40

	Tensión máxima, KN	Superficie, en mm <sup>2</sup>	Resistencia, en N/mm <sup>2</sup>	VALORES MÍNIMOS UNE 80309:2006	
				CNR 4	CNR 8
1 Hora	10.880	1600	6.8	0.5	1.0
3 “	17.600	1600	11.0	0.8	1.5
6 “	21.440	1600	13.4	1.0	2.0
24 “	23.200	1600	14.5	1.2	2.5
7 Días	30.880	1600	19.3	2.0	5.2
28 “	36.000	1600	22.5	4.0	8.0

Se han determinado las constantes estadísticas estándar de los resultados obtenidos a 28 días.

	Tensión máxima, kN	R <sub>28</sub> , N/mm <sup>2</sup>
1	32.960	20.3
2	33.920	21.2
3	36.000	22.5
4	36.800	23.0
5	38.080	23.8
6	38.720	24.2

R 28	$\bar{X}_{R28}$	22.5
	$\sigma$	1.38
	C.V. %	6.1

### 3.1.4.3 Con mortero 1:1 Relación agua/cemento 0,40

Hemos determinado la resistencia a compresión sencilla según la normativa vigente UNE 80.116 para una muestra de cemento natural, con adición de arena hasta tener desparramamiento de 100mm y para una relación  $a/c=0,4$ , según recomendación del fabricante. Los resultados obtenidos son los expuestos en la siguiente tabla.

**TABLA VI**

#### Muestra con arena. Relación s/c=1:1, relación a/c= 0,4

	Tensión máxima, KN	Superficie, en mm <sup>2</sup>	Resistencia, en N/mm <sup>2</sup>	VALORES MÍNIMOS UNE 80309:2006	
				CNR 4	CNR 8
1 Hora	9.600	1600	6.0	0.5	1.0
3 “	16.160	1600	10.1	0.8	1.5
6 “	19.520	1600	12.2	1.0	2.0
24 “	22.080	1600	13.8	1.2	2.5
7 Días	29.120	1600	18.2	2.0	5.2
28 “	33.600	1600	21.0	4.0	8.0

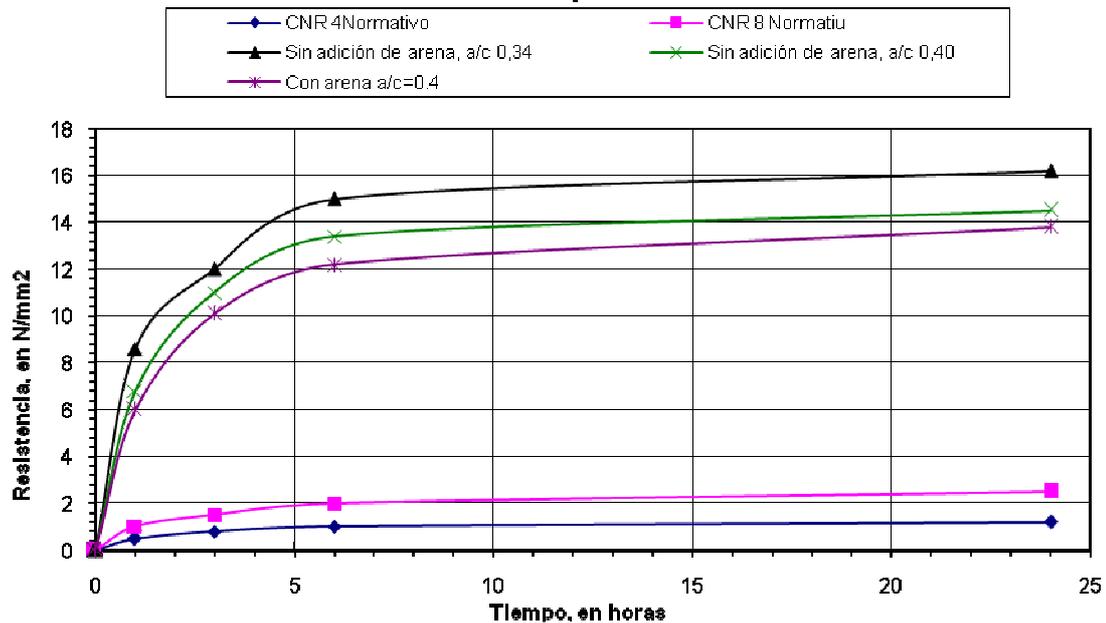
Se han determinado las constantes estadísticas estándar de los resultados obtenidos a 28 días.

	Tensión máxima, kN	R <sub>28</sub> , N/mm <sup>2</sup>
1	30.400	19.0
2	31.840	19.9
3	32.480	20.3
4	34.240	21.4
5	35.200	22.0
6	37.120	23.2

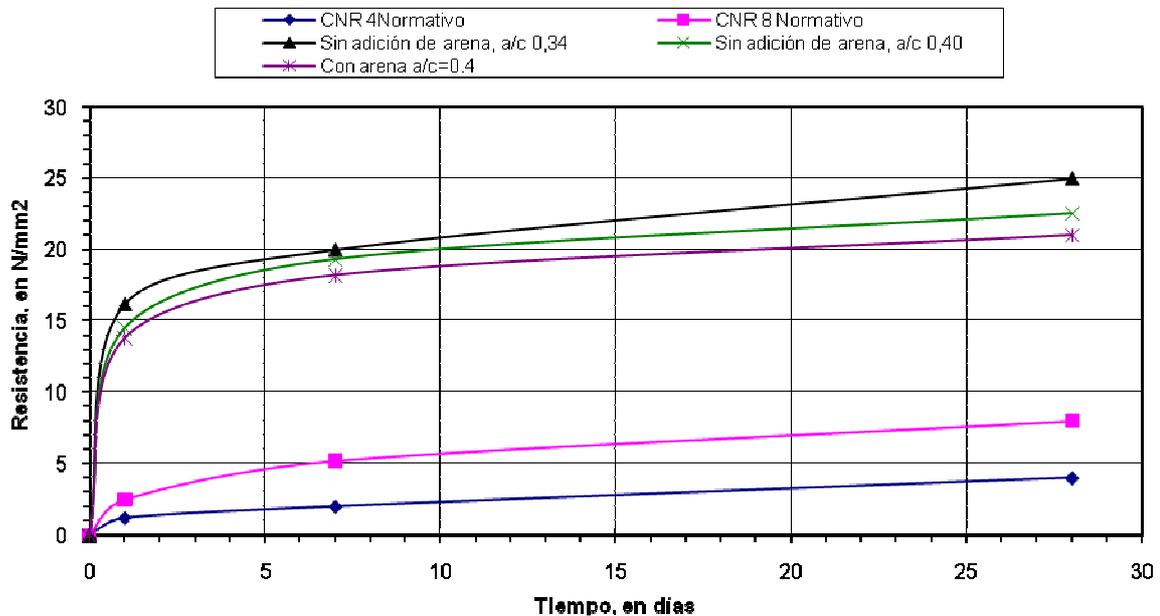
R 28	$\bar{X}_{R28}$	21.0
	$\sigma$	1.39
	C.V. %	6.7

En las siguientes gráficas exponemos los resultados de las resistencias obtenidas a compresión, con y sin adición de arena.

### Resistencias a compresión para Cemento Natural Rápido Marfil Las primeras 24 horas



### Resistencias a compresión para cemento Natural Rápido Marfil A 28 días



### 3.1.5 Expansión por Le Chatelier

Hemos determinado la expansión de acuerdo con el ensayo de Le Chatelier, según la norma CEN 196-3. Los resultados se exponen en la siguiente tabla.

**TABLA VII**

	<b>Relación Agua/cemento</b>	<b>Medida inicial, en mm</b>	<b>Medida después de hervir</b>	<b>Expansión, en mm.</b>
Muestra 1	0,34	29	31	2
Muestra 2	0,34	30	33	3

Los resultados muestran que el cemento natural recibido no es expansivo según el ensayo de Le Chatelier.

### 3.2 Características químicas

Las características químicas de la muestra de cemento estudiado, se han determinado según la norma UNE-EN 196-2. En la siguiente tabla exponemos los resultados obtenidos, así como los valores límites especificados para cementos naturales por la norma UNE 80309:2006.

**TABLA VIII**

	Muestra Cemento natural rápido Marfil	Valores límites especificados por la norma UNE 80309:2006.
% Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	22.9	≥ 18 %
% Óxido de calcio (CaO)	48.0	≥ 45 %
% Óxido de magnesio (MgO)	2.7	--
% Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8.4	≥ 5 %
% Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.0	≥ 2 %
% Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	3.2	≤ 4 %
% Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	1.4	--
% Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.2	--
% pérdidas por calcinación		Total ≤ 16 %
Δ 100-550 ° C	0.8	
Δ 550-950 ° C	8.9	
% Residuo Insoluble	9.3	≤ 10 %
% CaO libre	1.3	--
Relación Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.8	≥ 2

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El proceso de fabricación de este tipo de cemento natural rápido “MARFIL”, en el cual solo se utiliza piedra caliza-arcillosa procedente de un yacimiento subterráneo de origen sedimentario de la época del Cretácico, conlleva que los resultados obtenidos en este ensayo nos vuelvan a demostrar la excepcional regularidad de este crudo y de sus características físicas y químicas.

Las resistencias extraordinariamente altas de este cemento se deben a que se trata de un cemento natural sulfoaluminato cálcico belítico (SCA-belítico) y porque su composición química es constante, lo cual nos garantiza que estas resistencias serán constantes en toda la producción.

El uso generalizado de este cemento por gran parte de los usuarios es el que se corresponde a la curva de resistencia CNR8 sin adición de arena y con una relación agua/cemento de 0,40 tal y como lo recomienda el fabricante.

Sin embargo si reducimos la relación de agua/cemento a 0,34 obtendremos mejores resistencias, pero perderemos la facilidad de aplicación en obra.

En caso de elaborar mortero con una relación arena/cemento de 1:1 y una relación agua/cemento de 0,40, el cemento estudiado también cumple con la curva de resistencia del CNR8.

Desde siempre una de las aplicaciones específicas de este cemento ha sido la construcción de bóvedas debido a su alta adherencia, rapidez de fraguado y en sustitución del yeso para evitar los problemas de estabilidad y expansión que ocasiona el yeso en presencia de humedad.

#### 5. CONCLUSIONES

**El cemento natural rápido “MARFIL” fabricado por Cementos Collet presenta unas características adecuadas para su utilización y cumple con las condiciones especificadas en la Norma Española UNE 80309:2006, tanto para los parámetros físicos como químicos.**

Las características específicas de este cemento son: Su durabilidad debida a la progresión de las resistencias a largo plazo y la elevada resistencia al ataque por sulfatos, analizada en diferentes trabajos de investigación elaborados por este laboratorio.

**Sant Antoni de Vilamajor, a 27 de Febrero de 2013**

**Firmado Mònica Vicente i Diez**  
**Director Técnico**  
**Licenciada en Química**  
**N ° Col.: 4737**

