

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO DE ARQUITECTURA TÉCNICA

**INFLUENCIA DE ADITIVO EN LA DURABILIDAD
DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL**

AUTOR: ÓSCAR GIJÓN PEÑARROJA

TUTOR: JUAN JOSÉ PALENCIA GUILLÉN

Castellón de la Plana, Noviembre 2015

AGRADECIMIENTOS

En las siguientes líneas, quisiera hacer llegar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me acompañaron durante la realización de proyecto de Fin de Grado.

A mi tutor Juan José Palencia, quien plantea la idea y colabora en todo lo que le es posible para la elaboración del trabajo. Ayudándome con todo lo relacionado al trabajo.

A Lucía Reig Cerdá, por asesorarme en un principio y recomendarme a Juan José Palencia para la realización de este trabajo experimental, ayudando en todo lo posible en el periodo inicial del trabajo.

A Ana Ester Tomás, por ayudar en trabajos de laboratorio y tener éste siempre preparado y listo para su uso.

A Ángel Pitarch, por su interés y asesoramiento en momentos clave del trabajo experimental.

A Fran López, compañero con el que he compartido trabajos de laboratorio y con el que he contado para todo lo que he necesitado.

A Antonio Vargas Sanchez Responsable Delegado de la zona de levante de SIKA SAU, quien nos facilita los aditivos empleados en la elaboración del proyecto así como en edades tempranas del estudio nos instruye con una pequeña charla en el mundo profesional de los aditivos.

A cementos Elite, por administrar su producto para poder llevar a cabo la elaboración del trabajo.

De igual modo, a la cantera La Torreta SAU, por ayudar con la elaboración del proyecto gracias a su árido.

Por último, quisiera dar las gracias a todos aquellos, tanto de mi entorno personal como laboral por su comprensión y apoyo a lo largo de estos meses que ha durado la elaboración del proyecto final de grado.

RESUMEN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental consiste en estudiar si la presencia de aditivo en diferentes porcentajes en un hormigón estructural es sensible en características del hormigón relacionadas con la durabilidad.

Para realizar el trabajo, se han fabricado 24 amasadas de un hormigón HA-35/B/20/IIIa, con dosificación nominal aportada por un fabricante de hormigón de la zona, repartidas en 8 amasadas de hormigón sin aditivo, 8 con aditivo al 1% en peso del cemento y 8 con aditivo al 2%.

Se puede decir que el trabajo experimental ha sido realizado con unas condiciones muy cuidadas en la fabricación de las amasadas, incluso con presencia de aditivo, en este caso superplastificante, en cantidades sensibles y utilizando un hormigón con dosificación rica en cemento (350 kg/m^3) y relación a/c, de 0.45.

Tras los resultados obtenidos se evidencia que la cantidad de aditivo no tiene influencia en la durabilidad del hormigón, ello se ha manifestado midiendo tres características relacionadas con la durabilidad: impermeabilidad al agua, resistividad eléctrica y velocidad de carbonatación en hormigones con la misma dosificación pero distintas cantidades de aditivo.

En conclusión, este comportamiento neutro del aditivo permite asumir en el control de producción del hormigón, que un ensayo de penetración de agua bajo presión, puede ser válido para varias designaciones de hormigón si la única variación es la cantidad de aditivo; por ejemplo, si un HA-30/B/20/IIIa y un HA-30/F/20/IIIa solo se diferencian en la cantidad de aditivo, un único ensayo sería válido para las dos designaciones.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	OBJETIVO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	5
3.	DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL. INSTRUCCIÓN EHE 08.....	7
3.1.	CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN, OBJETO DE ESTUDIO EN ESTE TRABAJO EXPERIMENTAL	10
4.	HORMIGÓN A ENSAYAR.....	13
4.1.	TIPOS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL	13
4.2.	MATERIALES.....	15
4.3.	DOSIFICACIÓN	16
5.	CARACTERÍSTICAS A DETERMINAR.....	19
6.	METODOLOGÍA DE ENSAYO.....	21
6.1.	ENSAYOS A REALIZAR	21
6.1.1.	Ensayo docilidad o asentamiento.....	21
6.1.2.	Ensayo de densidad del hormigón fresco.....	23
6.1.3.	Ensayo de densidad del hormigón endurecido.....	23
6.1.4.	Ensayo de resistencia a compresión	24
6.1.5.	Ensayo de resistencia a tracción indirecta	26
6.1.6.	Ensayo de profundidad de penetración de agua	27
6.1.7.	Ensayo de Resistividad eléctrica	29
6.1.8.	Ensayo de velocidad de frente de carbonatación.....	30
7.	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	32
7.1.	FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN.....	35
8.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	38
8.1.	RESULTADOS GENERALES	38
8.2.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RELACIONADOS CON LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN	40
8.2.1.	Profundidad de penetración de agua.....	40
8.2.2.	Resistividad eléctrica.....	43
8.2.3.	Velocidad y profundidad de carbonatación.....	44
8.3.	RESULTADOS DE LOS OTROS ENSAYOS	48
8.3.1.	Densidad del hormigón.....	48
8.3.2.	Docilidad del hormigón	50
8.3.3.	Resistencia a compresión de probetas cúbicas	51
8.3.4.	Tracción indirecta (Brasileño).....	53
8.4.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	54
9.	CONCLUSIONES	55
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
11.	ANEJOS	59
11.1.	ACTAS DE ENSAYO.....	59
11.2.	CERTIFICADOS DE LOS MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN	139

1. INTRODUCCIÓN

No se tiene la certeza de si la presencia de aditivo del tipo plastificante o superplastificante, utilizados habitualmente en la fabricación de hormigones estructurales, tiene influencia en la durabilidad del hormigón estructural. Precisamente en este proyecto se va a realizar un trabajo experimental consistente en evaluar si la presencia o no de aditivo, y su cantidad, es sensible en la medición de características del hormigón relacionadas con la durabilidad.

En primer lugar, se van a citar unos antecedentes históricos sobre el hormigón. Éste ya era utilizado por los romanos para construir grandes obras públicas. El hormigón se fabricaba originariamente con cal grasa, en el caso de obras corrientes y con puzolanas, para las obras hidráulicas. Antes del descubrimiento de los cementos artificiales se utilizaban como conglomerantes la cal grasa, la cal hidráulica y los cementos naturales.

En el primer tercio del siglo XIX, aparece el cemento Pórtland, patentado por Aspdin en 1824 y en los siguientes años, empiezan a aparecer fábricas en Francia, Alemania e Inglaterra. En 1845 se empieza a combinar hormigón con acero, por Lambot, en el sur de Francia. Podemos considerar que éste es el nacimiento del hormigón estructural que se conoce hoy en día, buscando, desde la fecha, estructuras de hormigón armado con luces y dimensiones cada vez más grandes.



Figura 1. Bote de hormigón armado, construido por Joseph-Louis Lambot en 1848

Esto nos ha permitido hacer infinidad de estructuras y construcciones, con una gran resistencia y de forma más rápida que con los métodos antiguos, el hormigón junto al acero forman un material que nos permite hacer casi cualquier estructura que se nos pueda ocurrir, llegando hoy en día a alturas superiores a 800 metros de altitud, como ocurre con el edificio Burj Khalifa, en Dubái. Hecho impensable hace unos años.



Figura 2. Edificio Burj Khalifa, Dubai

Pero no todo son ventajas, desde hace unos años se presta especial atención a la vida útil de este material, como consecuencia de que se ha producido un creciente número de síntomas de deterioro en estructuras de hormigón e incluso se han producido graves accidentes en edificios, que en ocasiones se han llevado vidas humanas por delante. Esto se debe a que el hormigón no alcanzaba una vida útil muy longeva, por lo que se dedujo que la durabilidad del hormigón era insuficiente, colapsando la estructura a una edad temprana.



Figuras 3 y 4. Colapso de hormigón estructural en pilar

Hoy en día, se presta especial atención a la impermeabilidad al agua del hormigón, ya que una permeabilidad al agua alta del hormigón permite la penetración de agentes agresivos que desarrollarán procesos de deterioro en el hormigón: carbonatación, corrosión por cloruros, corrosión de origen diferente de cloruros, ataque químico, etc.

Se ha marcado una vida útil como objetivo a alcanzar por las estructuras de hormigón estructural en edificación, que se encuentra entre los 50 y 100 años, según la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08, en adelante, EHE 08, que regula y da indicaciones o parámetros a seguir, para que esto se cumpla. Entre estas indicaciones o parámetros, se puede encontrar, por ejemplo, algunas que hacen referencia al contenido mínimo de cemento, otras que hacen referencia a la relación máxima de agua y cemento (a/c) o la profundidad de penetración de agua bajo presión como medida de su impermeabilidad.

Además, la EHE 08 también regula otras características, que también afectan a la durabilidad del hormigón, a las cuales, se debe prestar especial atención. Y esto se explica, porque existen otros mecanismos de deterioro del hormigón, que pueden afectar a la durabilidad de éste, de una forma u otra o en mayor o menor medida. Estos mecanismos de deterioro del hormigón pueden ser de dos tipos, químicos o físicos, sin tener en cuenta daños accidentales.

Algunos tipos más frecuentes o conocidos de deterioro químicos, son los siguientes:

- Por sulfatos: Ataque del ión sulfato compuesto en sales, a componentes del cemento.
- Por cloruros: Ataque por presencia del cloruro a las armaduras del hormigón produciendo su corrosión.
- Por carbonatación: Proceso por el cual el hormigón de recubrimiento pierde la alcalinidad que mantiene protegida la armadura.
- Además de ataque por ácidos, aguas puras u oxidación, entre otros.

Las acciones de deterioro físico son las siguientes:

- Por acción del hielo – deshielo: Situación del hormigón en climas donde la temperatura desciende por debajo de cero y saturación de éste, por continua alternancia entre heladas y desheladas.
- Agua a alta velocidad: Deterioro provocado por los sedimentos en suspensión que lleva el agua con su movimiento, o por la propia colisión del agua sobre la superficie irregular del hormigón.
- Abrasión de sólidos: Producida por rozamiento o percusión de elementos que chocan contra la superficie del hormigón.

Para poder determinar las características del hormigón, se utilizan las normas UNE españolas o europeas CEN, en las cuales se describen los métodos de ensayos a realizar en cada caso. Concretamente, relacionado con la durabilidad, existe la norma UNE-EN 12390-8=2009 Ensayos de hormigón endurecido. Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Por otra parte, en cuanto a este trabajo experimental respecta, existe la posibilidad de añadir aditivos al hormigón, ayudando éstos, a obtener los resultados deseados a la hora de la fabricación del hormigón, y hoy en día, se ha extendido mucho el uso de estos aditivos como uno de los materiales componentes del hormigón, utilizado en mayor o menor dosificación según las características, en especial la docilidad, que se deseen obtener. El campo de los aditivos está evolucionando en gran medida, ya que con la tecnología de hoy en día cada vez se pueden conseguir más aptitudes y se pueden buscar objetivos, que hace unos años, serían impensables. Y esto es lo que provoca la ausencia de referencias fiables y comprobadas al 100% del uso de aditivos para el estudio del comportamiento de éstos en el hormigón.

2. OBJETIVO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

El objetivo principal de este trabajo experimental consiste en un estudio de la variabilidad de características relacionadas con la durabilidad del hormigón, como son, la profundidad de penetración de agua, resistividad eléctrica y profundidad de carbonatación, en función de la cantidad de aditivo contenida en un hormigón con dosificación fija.

En un trabajo previo¹, consecuencia del Proyecto de Fin de Grado, del entonces alumno de la misma titulación, Juan Flors Catalán, se concluía que existía una ligera tendencia de valores más altos de penetración de agua en aquellos hormigones con concentración elevada de aditivo, en comparación con los hormigones que no contenían aditivo.

En este trabajo se pretende contrastar si, efectivamente, la variación de aditivo en la fabricación de hormigones convencionales modifica la durabilidad del hormigón, en términos de impermeabilidad al agua, medida a través de la profundidad de penetración de agua bajo presión, tal y como se concluía en el trabajo previo a este.



Figura 5. Probeta cilíndrica ensayada a tracción indirecta, tras penetración de agua

Para poder obtener más fiabilidad de los resultados, en este trabajo se añaden dos características nuevas a determinar, relacionadas directamente con la durabilidad del hormigón. Estas nuevas características son la resistividad eléctrica y la profundidad de carbonatación.

Se trata, en definitiva, de comprobar en qué medida la cantidad de aditivo puede modificar o no, la durabilidad de los hormigones estructurales convencionales.

Para poder conseguir una mayor sensibilidad en los resultados obtenidos, se ha fabricado un hormigón con una dosificación en cemento alta, 350 Kg/m^3 , una relación de agua y cemento baja, a/c de 0,45, la utilización de áridos de machaqueo calizo de la zona y un aditivo superplastificante.

Para conseguir una constancia en el valor de la relación a/c, todas las amasadas se han fabricado desecando previamente en estufa el árido fino.

El trabajo experimental se planifica elaborando 24 amasadas de un hormigón estructural HA 35/B/20/IIIa, que se reparten del siguiente modo, 8 amasadas sin aditivo, 8 amasadas con un 1% de aditivo y 8 amasadas con un 2% de aditivo.

(1) Proyecto Final de Grado del alumno Juan Flors Catalán. Véase referencia bibliográfica.

De cada una de estas amasadas se determinan las siguientes características para comparar sus resultados:

- Profundidad de penetración de agua
- Resistividad eléctrica
- Profundidad de carbonatación
- Resistencia a compresión de probetas cúbicas 15 x 15cm
- Resistencia a tracción indirecta (Brasileño) de probetas cilíndricas 15 x 30 cm
- Consistencia o docilidad
- Densidad de hormigón fresco y endurecido

3. DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL. INSTRUCCIÓN EHE 08

En este apartado, se hace hincapié en el término de “durabilidad”, haciendo referencia, tanto al significado que se conoce a pie de calle, como a la referencia que hace la EHE 08, respecto a éste. En cuya normativa se encuentran los requisitos y pasos a seguir para cumplir con las especificaciones que debe cumplir el hormigón estructural, en cuanto a durabilidad se refiere.

En primer lugar, se obtiene el concepto de DURABILIDAD, según la R.A.E., que sería el concepto que conoce el mundo de a pie.

- **Real Academia Española:** *Cualidad de durable. Que a su vez, significa duradero, que dura o puede durar mucho.*

En segundo lugar, se describe el concepto según la definición de la EHE 08, que hace referencia al hormigón estructural, y a la vez, es el concepto que interesa para este trabajo, ya que éste, marca los cimientos sobre los que se lleva a cabo el trabajo experimental

- **Artículo 37, EHE 08 Durabilidad del hormigón y de las armaduras:** *La durabilidad de una estructura de hormigón es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.*

A su vez, el **Artículo 37 de la EHE 08**, añade que, una estructura durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura. Para ello, el autor del proyecto deberá diseñar una estrategia de durabilidad que tenga en cuenta las especificaciones acorde a los criterios establecidos en el apartado 37.2 de la EHE 08. En el caso de que, por las características de la estructura, el autor del proyecto considerara conveniente la estimación de la vida útil de la estructura mediante la comprobación del Estado Límite de durabilidad, podrá emplear los métodos contemplados en el Anejo nº 9 de esta Instrucción.

La agresividad a la que está sometida la estructura se identificará por el tipo de ambiente. Y una estrategia correcta para la durabilidad debe tener en cuenta que en una estructura puede haber diferentes elementos estructurales sometidos a distintos tipos de ambiente.

En la memoria, se justificará la selección de las clases de exposición consideradas para la estructura. El proyecto deberá definir formas y detalles estructurales que faciliten la evacuación del agua y sean eficaces frente a los posibles mecanismos de degradación del hormigón.

Los elementos de equipamiento, tales como apoyos, juntas, drenajes, etc., pueden tener una vida más corta que la de la propia estructura por lo que, en su caso, se estudiará la adopción de medidas de proyecto que faciliten el mantenimiento y sustitución de dichos elementos durante la fase de uso.

Desde el punto de vista de la ejecución de la obra, es importante que sea de buena calidad y, especialmente, del proceso de curado, teniendo una influencia decisiva para conseguir una estructura durable.



Figura 6. Curado de una losa de hormigón armado

Las especificaciones relativas a la durabilidad deberán cumplirse en su totalidad durante la fase de ejecución. No se permitirá compensar los efectos derivados por el incumplimiento de alguna de ellas, salvo que se justifique mediante la aplicación, en su caso, del cumplimiento del Estado Límite de durabilidad establecido en el Anejo 9.

En la estrategia para la durabilidad, se incluirá, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Formas estructurales adecuadas.
- Consecución de una buena calidad del hormigón, en especial, de la capa exterior.
- Recubrimiento con un espesor adecuado a la ocasión.
- Control del valor máximo de fisuración.
- Protección superficial en ambientes muy agresivos.
- Protección de las armaduras frente a corrosión de éstas.

En el **Anejo 9 de la EHE-08**. *Consideraciones adicionales sobre durabilidad*, se especifican condiciones que también pueden afectar, como puede ser la superación del Estado Límite de Durabilidad, fallando la estructura antes de la vida útil calculada por proyecto, como consecuencia de que los procesos de degradación del hormigón o de las armaduras alcancen el grado suficiente como para que impidan que la estructura se comporte de acuerdo a las hipótesis con las que ha sido proyectada.

Para la comprobación del Estado Límite de Durabilidad, esta Instrucción contempla un procedimiento de carácter semiprobabilista de forma análoga al adoptado para el resto de los Estados Límite.

Para el cálculo del Estado Límite de Durabilidad, existe un método general a seguir, que contiene los siguientes puntos:

- Elección vida útil del proyecto.
- Elección del coeficiente de seguridad de vida útil.
- Identificación de las clases de exposición ambiental a las que puede estar sometida la estructura. Para cada clase, identificación del proceso de degradación predominante.
- Selección del modelo de durabilidad correspondiente a cada proceso de degradación.
- Aplicación del modelo y estimación de la vida de servicio de la estructura t_L . En el caso de la corrosión, tanto por carbonatación como por cloruros, el tiempo total t_L necesario para que el ataque o degradación sean significativos se puede expresar como:

$$t_L = t_i + t_p$$

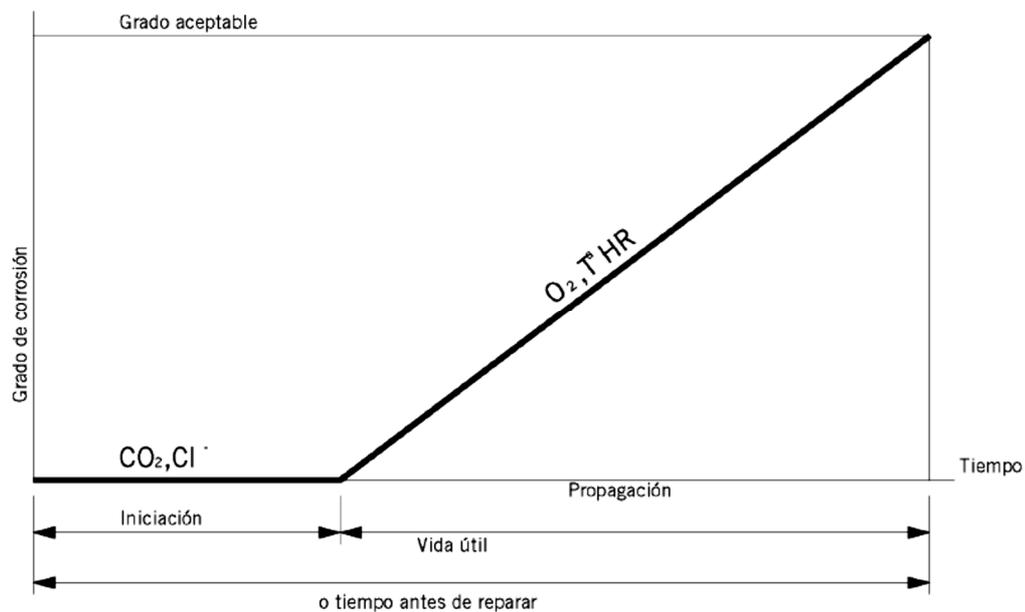


Figura 7. Corrosión en el hormigón según tiempo transcurrido

donde:

- t_i Período de iniciación de la corrosión, entendido como el tiempo que tarda el frente de penetración del agresivo en alcanzar la armadura provocando el inicio de la corrosión.
- t_p Período de propagación (tiempo de propagación de la corrosión hasta que se produzca una degradación significativa del elemento estructural).

- Comprobación del Estado Límite para cada uno de los procesos de degradación identificados relevantes para la durabilidad de la estructura.

En definitiva se profundiza para poder diseñar una estructura en función de la vida útil que se prevea.

3.1. CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN, OBJETO DE ESTUDIO EN ESTE TRABAJO EXPERIMENTAL

La comprobación experimental de la consecución de una estructura porosa del hormigón suficientemente impermeable para el ambiente en el que va a estar ubicado el hormigón puede realizarse comprobando la impermeabilidad al agua del hormigón, mediante el método de ensayo de determinación de la penetración de agua bajo presión.

De acuerdo con la EHE-08 la comprobación, en su caso, de la **profundidad de penetración de agua bajo presión** en el hormigón, se ensayará según UNE-EN 12390-8. Antes de iniciar el ensayo, se someterá a las probetas a un período de secado previo de 72 horas en una estufa de tiro forzado a una temperatura de 50 ± 5 °C.



Figura 8. Probetas sometidas bajo presión de agua

Los valores medios de los resultados de los ensayos de profundidad de penetración de agua obtenidos para cada serie, se ordenarán de acuerdo con el siguiente criterio:

- las profundidades máximas de penetración: $Z_1 \leq Z_2 \leq Z_3$
- las profundidades medias de penetración: $T_1 \leq T_2 \leq T_3$

Para su aceptación, el hormigón ensayado deberá cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

CLASE DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL	ESPECIFICACIONES PARA LAS PROFUNDIDADES MÁXIMA	ESPECIFICACIONES PARA LAS PROFUNDIDADES MEDIAS
IIIc, Qc, Qb (solo en el caso de elementos pretensados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 30mm$ $Z_3 \leq 40 mm$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 20mm$ $T_3 \leq 27 mm$
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos en masa o armados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50mm$ $Z_3 \leq 65 mm$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30mm$ $T_3 \leq 40 mm$
I, IIa, IIb (sin clase específica)	No requiere esta comprobación	No requiere esta comprobación

Tabla 1. Delimitación de profundidades de penetración según exposición ambiental del hormigón.

Por otra parte, existe otra característica relacionada con la durabilidad del hormigón que es su **resistividad eléctrica**. Esta característica no está recogida en la EHE-08 pero se ha utilizado en diferentes estudios relacionados con la durabilidad del hormigón. Su determinación se realiza mediante el método de ensayo descrito en norma **UNE 83988. Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistividad eléctrica. Método de las cuatro puntas o de Wenner**.

La resistividad puede ser utilizada para la predicción tanto del periodo de iniciación de la corrosión de la armadura, como para calcular el periodo de propagación. Esta posibilidad se basa en la relación inversa entre resistividad eléctrica y difusividad de los iones (lo que posibilita el cálculo del periodo de iniciación) y entre la resistividad y la velocidad de corrosión (propagación). Es decir, a mayor resistividad se produce un movimiento menor de las cargas eléctricas (los iones a través de los poros del hormigón) debido principalmente a que mayor resistividad indica menor porosidad. En propagación de la corrosión, una menor resistividad supone un hormigón más seco y por ello con menor velocidad de corrosión.

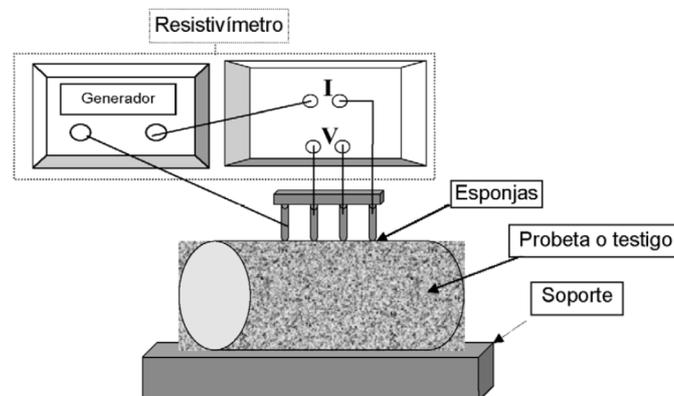


Figura 0. Esquema de medida de resistividad por el método de Wenner

La **carbonatación** como la penetración de cloruros son procesos de difusión en el hormigón que también se pueden modelizar porque la penetración del agresivo es función de la raíz cuadrada del tiempo. La medida de la **profundidad del frente de carbonatación** es ampliamente utilizada en estudios de durabilidad del hormigón, es sabido que al alcanzar el frente de carbonatación las armaduras, éstas pierden la protección alcalina (pasivación) y, en consecuencia, pueden corroerse.

Como menciona, la EHE-08 en el **Anejo 9**, apartado 1.2. *Modelos de durabilidad para los modelos de corrosión*. La carbonatación es un proceso de difusión en el hormigón a través de sus poros, que puede ser modelizado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$d = K \sqrt{t}$$

donde:

- d Profundidad de penetración del agresivo, en mm.
- K Coeficiente que depende del tipo de proceso agresivo, de las características del material y de las condiciones ambientales.
- t Tiempo, en años.

La medida de la profundidad de carbonatación se realiza mediante el método de ensayo descrito en la norma UNE 1123011-94.

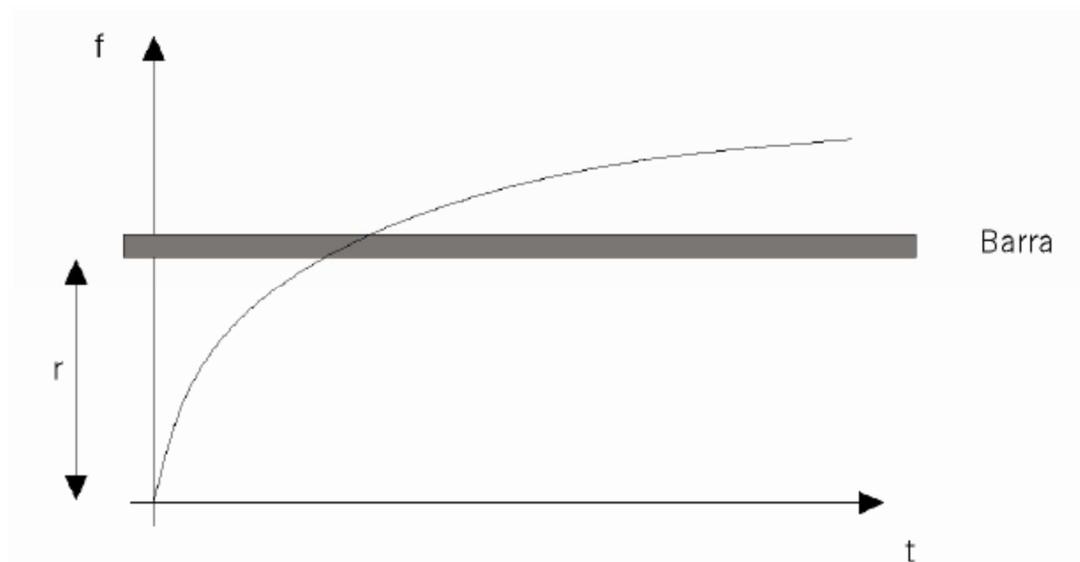


Figura 9. Avance del frente de carbonatación f en función del tiempo t (r espesor del recubrimiento)

4. HORMIGÓN A ENSAYAR

En este apartado se procede a explicar el tipo de hormigón estructural que se ha elegido para la realización de este trabajo experimental.

4.1. TIPOS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Existen diferentes tipos de hormigón estructural empleados hoy en día en la edificación y son los siguientes:

- Hormigón en masa (HM): Es el hormigón que no contiene en su interior armaduras de acero. Este hormigón solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.
- Hormigón armado (HA): Es el hormigón que en su interior tiene armaduras de acero debidamente calculadas y situadas. Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Los esfuerzos de tracción los resisten las armaduras de acero. Es el hormigón más habitual.
- Hormigón pretensado (HP): Es el hormigón que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. Puede ser pretensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el hormigón fresco o post-tensado si la armadura se tensa cuando el hormigón ha adquirido su resistencia.

En el presente estudio se desarrolla un hormigón armado **HA-35/B/20/IIIa**, confeccionado con **0, 1 y 2% de aditivo superplastificante** en relación al peso de cemento. El hormigón se confeccionará con cemento del tipo Cem II/A-L 42.5R y se utilizará la dosificación indicada en la **Tabla 3, apartado 5.3. Dosificación**, la cual ha sido proporcionada por el fabricante de hormigón preparado que ha colaborado en este trabajo experimental. Obviamente el valor de la consistencia es variable en función de la cantidad de aditivo que se va a emplear.

Los parámetros relacionados con la durabilidad son:

- Relación agua cemento: 0,45
- Contenido de cemento: 350 Kg/m³

Para conseguir constancia en la relación agua cemento, es decir que la relación no varíe **se opta por realizar un secado en estufa del árido fino (arena lavada 0/4) utilizada** y considerar únicamente como agua para el cálculo de la relación la que se adiciona para el amasado del hormigón, por lo tanto no se considera el agua de absorción de los áridos ni la aportada, en su caso, por el aditivo.

Para la designación del hormigón se utiliza el formato que se indica en el artículo 39.2 de la Instrucción EHE, que dice así:

T - R / C / TM / A

Con las siguientes correspondencias:

- T** Tipo de hormigón.
- HM Para el hormigón en masa.
 - HA Para el hormigón armado.
 - HP Para el hormigón pretensado.
- R** Es la resistencia característica a compresión a los 28 días expresada en N/mm².
- Se aconseja utilizar la escala de valores 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50.
- C** Identifica la consistencia de acuerdo con los tipos:
- Seca (*S*)
 - Plástica (*P*)
 - Blanda (*B*)
 - Fluida (*F*)
- TM** Es el tamaño máximo del árido (art. 28.2) expresado en mm.
- A** Es la designación del tipo de ambiente (art. 8.2.1).

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN
CLASE	SUBCLASE	DESIGNACIÓN	TIPO DE PROCESO	
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	-Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. -Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).

Tabla 8.2.2 (EHE 08): Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras en este trabajo.

Por lo que el hormigón que se desarrolla en el presente estudio, HA-35/B/20/IIIa, equivale a un hormigón armado de resistencia característica a la compresión a 28 días de 35 N/mm², de consistencia blanda, con tamaño máximo del árido 20 mm y exposición tipo de ambiente IIIa.

4.2. MATERIALES

Para la realización del hormigón que se ha desarrollado durante el trabajo experimental se han utilizado los siguientes materiales:

ÁRIDOS

Los áridos se obtienen de la cantera La Torreta S.A.U. son de origen calizo y de machaqueo, la cantera está ubicada en Castellón de la Plana.

- Arena lavada (0/4)
- Grava (4/11)
- Grava (10/20)

CEMENTO

El cemento lo suministra el fabricante Elite Cementos S.L. situada la molinenda en el Grao de Castellón de la Plana.

- Cem II/A-L 42.5R

La designación del cemento indica las siguientes características sobre éste:

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICAS
CEM II	Cemento Portland con adiciones
L	Adición de Caliza L
42.5R	De 42.5 y 62.5 N/mm ² de resistencia mínima y máxima a los 28 días respectivamente

Tabla 2. Designación de cemento.

AGUA

Se empleará agua de la red potable.

ADITIVO

El aditivo lo suministra la empresa Sika S.A.U. El aditivo suministrado es el siguiente:

- *SIKAPLAST-380*

Se trata de un **aditivo superplastificante** de alto rendimiento para la fabricación de todo tipo de hormigones realizados en plantas de hormigón preparado. No ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras debido a que es un producto exento de cloruros.

Según la definición de la norma **UNE 934-2**, se denominan reductores de agua de alta actividad/superplastificantes, aunque también se les conoce como superfluidificantes.

Cuando se habla de un aditivo superplastificante, se habla de un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir fuertemente el contenido de agua de un hormigón determinado, hasta el 20%, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asiento/escurrecimiento, o que produce ambos efectos a la vez. Se emplean para conferir al hormigón fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y, en su caso, bombeabilidad.



Figura 10. Aditivo utilizado en este trabajo experimental

4.3. DOSIFICACIÓN

La dosificación nominal o receta para la realización del hormigón ha sido facilitada por el fabricante de hormigón que ha colaborado en el trabajo experimental:

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN HA-35/B/20/IIIa POR m ³			
Relación a/c	0.45		
Cemento Cem II/A-L 42.5R	350 Kg/m ³		
Agua	158 Kg/m ³		
Arena lavada (0/4)	822 Kg/m ³		
Grava (4/11)	270 Kg/m ³		
Grava (10/20)	800 Kg/m ³		
Aditivo SIKAPLAST-380	0% 0 Kg/m ³	1% 3.5 Kg/m ³	2% 7 Kg/m ³

Tabla 3. Dosificación del hormigón a desarrollar.

Para obtener la dosificación del material para cada amasada, se obtiene el volumen que se precisa de hormigón, sabiendo las dimensiones de cada probeta y ensayo a realizar, del siguiente modo:

VOLUMEN DE PROBETAS (m ³)	
Cilíndrica 15x30 cm	0,0053
Cúbica 15cm3	0,0034
Cono Abrams	0,0055

Tabla 4. Volumen de probetas según molde donde se fabrican.

A continuación se obtiene el material necesario para la realización de las diferentes amasadas:

AMASADA SIN ADITIVO

Nº MOLDES	TIPO DE MOLDE	TOTAL VOLUMEN POR PROBETAS (m ³)
1	Cono de Abrams	0.0055
2	Probeta cúbica	0.0068
1	Probeta cilíndrica	0.0053
TOTAL m³		0.0175
TOTAL LITROS		17.55

Tabla 5. Volumen de material por amasada sin aditivo.

AMASADA CON ADITIVO

Nº MOLDES	TIPO DE MOLDE	TOTAL VOLUMEN POR PROBETAS (m ³)
1	Cono de Abrams	0.0055
2	Probeta cúbica	0.0068
2	Probeta cilíndrica	0.0106
TOTAL m³		0.0229
TOTAL LITROS		22.85

Tabla 6. Volumen de material por amasada con aditivo.



Figura 11. Material preparado para amasar

Una vez obtenido el volumen necesario para poder sacar la dosificación definitiva por cada tipo de amasada, la dosificación para cada amasada queda del siguiente modo:

MATERIAL NECESARIO AMASADA SIN ADITIVO		
PARA UN VOLUMEN DE HORMIGÓN TOTAL	0,02 m³	10% mermas incluido
Cemento "Cem II/A-L 42.5R"	6,76	7,43
Agua	3,04	3,34
Arena lavada (0/4)	15,87	17,45
Grava (4/11)	5,21	5,73
Grava (10/20)	15,44	16,99
TOTAL (Kg)		50,95

Tabla 7. Dosificación hormigón para amasada sin aditivo

MATERIAL NECESARIO AMASADA 1% ADITIVO		
PARA UN VOLUMEN DE HORMIGÓN TOTAL	0,03 m³	10% perdidas incluido
Cemento "Cem II/A-L 42.5R"	8,80	9,68
Agua	3,96	4,35
Arena lavada (0/4)	20,66	22,73
Grava (4/11)	6,79	7,47
Grava (10/20)	20,11	22,12
1% Aditivo	0,097	0,10
TOTAL (Kg)		66,44

Tabla 8. Dosificación hormigón para amasada 1% aditivo

MATERIAL NECESARIO AMASADA 2% ADITIVO		
PARA UN VOLUMEN DE HORMIGÓN TOTAL	0,03 m³	10% perdidas incluido
Cemento "Cem II/A-L 42.5R"	8,80	9,68
Agua	3,96	4,35
Arena lavada (0/4)	20,66	22,73
Grava (4/11)	6,79	7,47
Grava (10/20)	20,11	22,12
2% Aditivo	0,194	0,19
TOTAL (Kg)		66,54

Tabla 9. Dosificación hormigón para amasada 2% aditivo

5. CARACTERÍSTICAS A DETERMINAR

En este apartado se describen las características que se determinan en el trabajo experimental, tanto las relacionadas con la durabilidad, como las físico-mecánicas.

Las características relacionadas con la durabilidad que se determinan son las siguientes:

- **Profundidad de penetración de agua bajo presión**, según **UNE-EN 12390-8**. *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8. Profundidad de penetración de agua bajo presión*. Esta norma especifica un método para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en hormigones endurecidos.
- **Resistividad eléctrica del hormigón endurecido curado en agua**, según **UNE 83988-2**. *Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistividad eléctrica. Parte 2: Método de las cuatro puntas o de Wenner*. La resistividad eléctrica de un hormigón saturado en agua es una medida indirecta de la conectividad y tamaño de sus poros. Esta norma tiene por objeto describir el método de las cuatro puntas, o de Wenner.



Figura 12. Ensayo de resistividad eléctrica, método Wenner

- **Penetración del frente de carbonatación**, según **UNE 83993-1**. *Durabilidad del hormigón. Determinación de la velocidad de penetración de carbonatación en hormigón endurecido. Parte 1. Método natural*. Esta norma describe un método de ensayo para la determinación de la velocidad de penetración de la carbonatación en el hormigón endurecido a partir de la exposición a ambientes con concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) en niveles naturales.



Figura 13. Ensayo de profundidad de frente de carbonatación

Las características fisicomecánicas que se determinan son las siguientes:

- **Docilidad o asentamiento del hormigón fresco**, según **UNE-EN 12350-2**. *Ensayo de hormigón fresco. Ensayo de asentamiento*. Esta norma especifica un método para determinar la consistencia de un hormigón fresco mediante el ensayo de asentamiento.



Figura 14. Ensayo de asiento del hormigón medido en cono Abrams

- **Densidad del hormigón fresco**, según **UNE-EN 12350-6**. *Ensayo de hormigón fresco. Determinación de la densidad*. Esta norma tiene por objeto especificar un método de ensayo para la determinación de la densidad del hormigón fresco tanto en obra como en laboratorio.
- **Densidad del hormigón endurecido**, según **UNE EN 12390-7**. *Ensayo de hormigón endurecido. Densidad del hormigón endurecido*. Esta norma describe un método para la determinación de la densidad en hormigón endurecido.
- **Resistencia a compresión del hormigón endurecido**, según **UNE EN 12390-3**. *Ensayos de hormigón endurecido. Determinación de resistencia a compresión de probetas*. Esta norma especifica un método para la determinación de la resistencia a compresión de probetas de ensayo de hormigón endurecido.



Figura 15. Ensayo a compresión sobre probeta cúbica

- **Resistencia a tracción indirecta** (ensayo Brasileño), según **UNE EN 12390-6**. *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Resistencia a tracción indirecta de Probetas*. Esta norma especifica un método para determinar la resistencia a tracción indirecta sobre probetas cilíndricas de hormigón endurecido.

6. METODOLOGÍA DE ENSAYO

A continuación se van a explicar y detallar los métodos seguidos para llevar a cabo el trabajo experimental.

6.1. ENSAYOS A REALIZAR

	CARACTERÍSTICA DE ENSAYO	NORMA ENSAYO
HORMIGÓN FRESCO	Docilidad o asentamiento	UNE EN 12350-2
	Densidad del hormigón fresco	UNE EN 12350-6
HORMIGÓN ENDURECIDO	Densidad del hormigón endurecido	UNE EN 12390-7
	Resistencia a compresión	UNE EN 12390-3
	Resistencia tracción indirecta (Brasileño)	UNE EN 12390-6
	Penetración de agua	UNE EN 12390-8
	Resistividad eléctrica	UNE 83988-2
	Velocidad de frente de carbonatación	UNE 83993-1

Tabla 10. Ensayos que se realizan durante el trabajo experimental

6.1.1. ENSAYO DOCILIDAD O ASENTAMIENTO

Para la realización de este ensayo, se sigue la norma **UNE-EN 12350-2**. *Ensayo de hormigón fresco. Ensayo de asentamiento*. También conocido como ensayo de cono de abrams.

El ensayo consiste en compactar el hormigón fresco en un molde con forma de tronco de cono. Cuando el molde se levanta en dirección vertical, el descenso producido por el asiento del hormigón da una medida de su consistencia.



Figura 16. Ensayo de asiento del hormigón en laboratorio

Las dimensiones del interior del molde son las siguientes:

- Diámetro de la base: (200 ± 2) mm
- Diámetro de la parte superior: (100 ± 2) mm
- Altura: (300 ± 2) mm

El procedimiento del ensayo es el siguiente. Se humedece el molde y la bandeja base y se coloca el molde sobre la bandeja base en una superficie horizontal.

Se llena el molde en tres capas, de modo que cada una ocupe aproximadamente un tercio de la altura del molde una vez compactado el hormigón. Se compacta cada capa con 25 golpes con la barra compactadora. Para la capa inferior, se necesitará inclinar ligeramente la barra compactadora y posicionar la mitad de los golpes aproximadamente en forma espiral hacia el centro. Se compacta la segunda y la última capa a lo largo de toda su altura, de forma que la barra penetre ligeramente en la capa inferior. En el llenado y compactado de la última capa, se procurará que el hormigón rebose antes de comenzar el proceso de compactado.

Si como consecuencia del proceso de compactado de la última capa resultase que falta hormigón y que por lo tanto está por debajo del nivel superior del molde, se añade más hormigón para que siempre haya exceso sobre el nivel superior del molde. Después de compactar la última capa, se retira el hormigón sobrante por medio de una acción de corte y rodillo de la barra compactadora.

Es el momento de retirar el molde se levanta con cuidado en dirección vertical.

La operación de levantar el molde debe realizarse en un tiempo de 2 a 5 segundos, de una manera uniforme, sin causar al hormigón ningún movimiento lateral o de torsión.

La operación completa, desde el comienzo del llenado del molde hasta la retirada del mismo, será realizada sin interrupción y debe completarse en un tiempo no superior a 150 segundos.

Inmediatamente después de retirar el molde, se mide y se registra el asentamiento h determinado la diferencia entre la altura del molde y del punto más alto de la probeta de hormigón asentada.



Figura 17. Medida del asentamiento

CONSISTENCIA	ASIENTO EN CONO ABRAMS (cm)
Seca	0 a 2
Plástica	3 a 5
Blanda	6 a 9
Fluida	10 a 15
Líquida	≥ 16

Tabla 11. Tipos de asentamiento del hormigón

6.1.2. ENSAYO DE DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO

Para obtener la densidad del hormigón fresco, se sigue la norma **UNE-EN 12350-6. Ensayo de hormigón fresco. Determinación de la densidad.**

Se compacta el material en un recipiente rígido y estanco al agua, cuyo volumen y peso son conocidos, una vez compactado se pesa. En este caso, se utilizaba el mismo molde de las probetas, ya que se conocía el volumen y el peso de éstas.

La densidad se calcula usando el valor determinado para la masa del conjunto que forman el molde más la probeta fresca y su volumen, usando la fórmula:

$$D = (m_M + m_P) - m_M / V$$

donde:

D es la densidad del hormigón fresco vertido dentro del molde, en Kg/m^3

m_M es la masa del molde de la probeta, en Kg

m_P es la masa del hormigón fresco vertido dentro del molde, en Kg

V es el volumen determinado de la probeta según dimensiones del molde, en m^3

6.1.3. ENSAYO DE DENSIDAD DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

Para obtener la densidad del hormigón endurecido, se sigue la norma **UNE-EN 12350-7. Ensayo de hormigón endurecido. Densidad del hormigón endurecido.**

Se determina la masa y el volumen de las probetas de hormigón endurecido y se calcula la densidad.

La densidad se calcula usando el valor determinado para la masa de la probeta y su volumen, usando la fórmula:

$$D = m / V$$

donde:

- D es la densidad respecto a las condiciones de la probeta y al método utilizado para determinar el volumen, en Kg/m^3
- m es la masa de la probeta determinada en Kg
- V es el volumen determinado de la probeta según sus dimensiones, en m^3

6.1.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Para obtener la resistencia a compresión de las probetas, se sigue la norma **UNE-EN 12390-3. Ensayos de hormigón endurecido. Determinación de resistencia a compresión de probetas.**

En la EHE 08 se encuentra el **Artículo 86.3.2. Ensayos de resistencia del hormigón.** Que dice así:

La resistencia del hormigón se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión efectuados sobre probetas fabricadas y curadas según **UNE-EN 12390-2.**

Todos los métodos de cálculo y las especificaciones de esta Instrucción se refieren a características del hormigón endurecido obtenidas mediante ensayos sobre probetas cilíndricas de 15×30 cm. No obstante, para la determinación de la resistencia a compresión, podrán emplearse también probetas cúbicas de 15 cm de arista, como es el caso de este trabajo experimental. En cuyo caso los resultados deberán afectarse del correspondiente factor de conversión, de acuerdo con:

$$f_c = \lambda_{cil,cub15} \times f_{c,cúbica}$$

donde:

f_c Resistencia a compresión, en N/mm^2 , referida a probeta cilíndrica de 15×30 cm.

$f_{c,cúbica}$ Resistencia a compresión, en N/mm^2 , obtenida a partir de ensayos realizados en probetas cúbicas de 15 cm de arista.

$\lambda_{cil,cub15}$ Coeficiente de conversión, obtenido de la Tabla 86.3.2.a

COEFICIENTE DE CONVERSIÓN	
Resistencia probeta cúbica, $f_{c,cúbica}$ (N/mm^2)	$\lambda_{cil,cub15}$
$f_c < 60$	0.90
$60 \leq f_c < 80$	0.95
$f_c \geq 80$	1.00

Tabla 86.3.2.a. Coeficiente para obtener f_c de probetas cilíndricas 15×30 cm a través de la $f_{c,cúbica}$ de probetas de arista 15cm

En este trabajo experimental, la resistencia a compresión se determina a los 28 días sobre las probetas cúbicas de 15x15x15cm.

Para la realización del ensayo, las probetas se comprimen hasta rotura en una máquina de ensayo de compresión conforme a la Norma EN 12390-4. Se registra la máxima carga alcanzada por la probeta y se calcula la resistencia a compresión del hormigón.



Figura 18. Probeta recién ensayada a compresión



Figura 19. Probeta resultante tras limpieza de lajas

La resistencia a compresión viene dada por la ecuación:

$$f_c = F / A_c$$

donde:

f_c es la resistencia a compresión, en MPa (N/mm²).

F es la carga máxima de rotura, en N.

A_c es el área transversal de la probeta sobre la que actúa la fuerza de compresión, calculada a partir de las dimensiones normalizadas de la probeta, en mm².

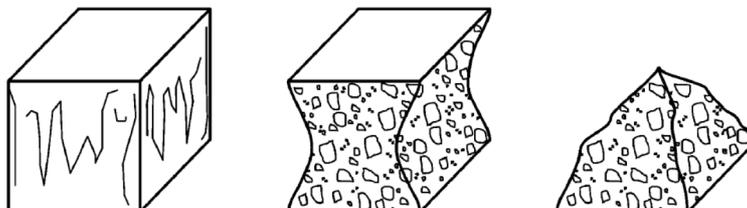


Figura 20. Rotura correcta de probetas cúbicas

6.1.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA

Para la realización de este ensayo, se ha seguido la norma **UNE-EN 12390-6. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Resistencia a tracción indirecta de Probetas.**

El ensayo consiste en someter una probeta cilíndrica de $\varnothing 15 \times 30$ cm, a una fuerza de compresión aplicada en una banda estrecha en toda su longitud. El resultado de la fuerza de tracción ortogonal resultante provoca que la probeta rompa a tracción.

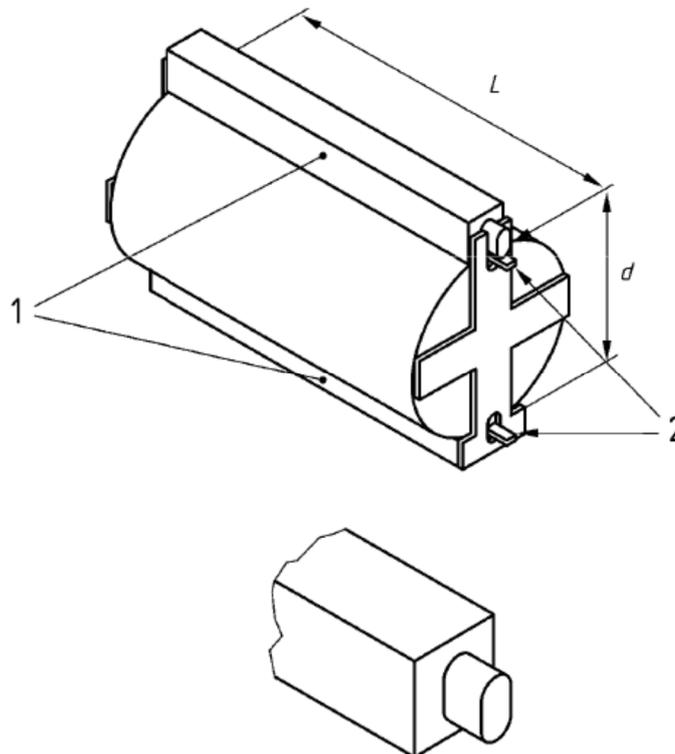


Figura 21. Dispositivo de ensayo Brasileño para probetas cilíndricas

donde:

- 1 Pieza de acero de carga
- 2 Bandas de apoyo de fibras prensadas
- L Longitud de la probeta
- d Diámetro de la probeta

Para obtener el resultado de tracción indirecta se utiliza la siguiente fórmula:

$$f_{ct} = \frac{2 * P}{\pi * L * d}$$

donde:

f_{ct} es la resistencia a tracción indirecta, en megapascales (MPa) o en newtons por milímetro cuadrado (N/mm²).

P es la carga máxima, en newtons (N).

L es la longitud de la línea de contacto de la probeta, en milímetros (mm).

d es la dimensión de la sección transversal, en milímetros (mm).

En este trabajo experimental:

P = carga que da la máquina d ensayo.

L = 300mm.

d = 150mm

6.1.6. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA

Para la realización de este ensayo, se ha seguido la norma **UNE-EN 12390-8. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8. Profundidad de penetración de agua bajo presión.**

El ensayo se fundamenta en la aplicación de agua a presión a la superficie del hormigón endurecido. A continuación se divide la probeta por rotura en dos mitades y se mide la profundidad de penetración del frente de agua.

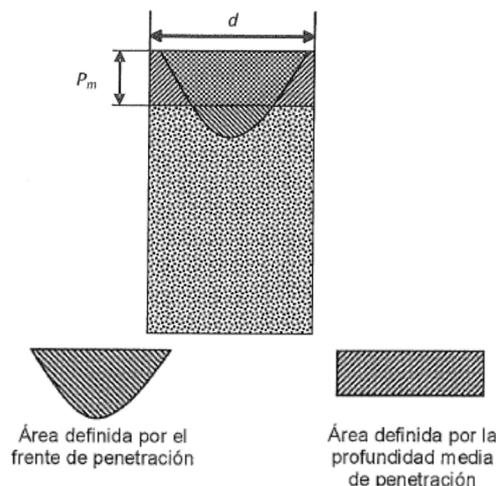


Figura 22. Medición área de penetración y área media.

donde:

d Es el diámetro o arista nominal de la probeta, en mm.

P_m Es la profundidad media de penetración, en mm.

La aplicación del agua a presión a las probetas es el siguiente, se aplica a la edad de al menos de 28 días. No se aplica el agua a presión a la cara fratasada de la probeta. La probeta se coloca en el equipo de ensayo y se aplica al agua una presión de (500 ± 50) kPa durante (72 ± 2) h. Durante el ensayo, se observa periódicamente el estado de las superficies de la probeta de ensayo no expuestas al agua a presión para identificar la posible presencia de agua. Si se observaran filtraciones, se reconsidera la validez del resultado y se registra el hecho en el informe.



Figura 23. Probetas en máquina de penetración de agua bajo presión

Tras transcurrir el tiempo de penetración de agua, se retira la probeta del equipo de ensayo. Se limpia la cara a la que se aplicó la presión de agua para retirar el exceso de agua. Se rompe la probeta en dos mitades, perpendicularmente a la cara en la que se aplica la presión de agua, mediante el ensayo de tracción indirecta. Cuando se rompe la probeta y durante el examen, la cara de la probeta expuesta a la presión de agua se sitúa en el fondo. Tan pronto como la cara partida se ha secado de forma tal que se puede ver claramente la extensión del frente de penetración de agua, se marca en la probeta dicho frente de penetración. Se mide la profundidad máxima de penetración (Z_m) bajo la superficie de ensayo y se redondea al mm más próximo.



Figura 24. Probeta partida por su mitad para medir profundidad del agua

6.1.7. ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Para obtener la resistividad eléctrica de las probetas ensayadas, se sigue la norma **UNE 83988-2. Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistividad eléctrica. Parte 2: Método de las cuatro puntas o de Wenner.**

El ensayo se realiza sobre el hormigón saturado en agua, midiendo de forma indirecta la conectividad y tamaño de sus poros.

La norma define la resistividad eléctrica (ρ_e) como, resistencia eléctrica de la unidad de volumen del material. Es la inversa de la conductividad y se obtiene de la relación entre la diferencia de potencial y la intensidad de corriente circulante referida a una geometría normalizada.

Para la realización del ensayo, se utiliza un medidor de resistencia eléctrica de cuatro puntas tipo Wenner (Resistivímetro), que es un aparato capaz de aplicar una corriente estable. Se recomienda que ésta sea alterna de hasta 40 mA a una frecuencia inferior a los 500 Hz. También se podrá emplear una fuente de corriente alterna o continua y dos multímetros para la determinación de la intensidad I y la tensión aplicada V .

El resistivímetro está constituido por el siguiente material complementario:

- **Electrodos.** Cuatro electrodos, puntas, fabricados de cobre o de otro metal conductor libre de impurezas superficiales (depósitos, óxidos visibles, suciedad, etc.) cuyo diámetro esté comprendido entre 4 mm y 6 mm, que deberán estar acoplados en un soporte rígido de modo que su separación sea de 5 cm.
- **Esponjas de contacto.** Cuatro esponjas individuales en la punta de los electrodos, que se humedecerán para garantizar el contacto hormigón - electrodo.

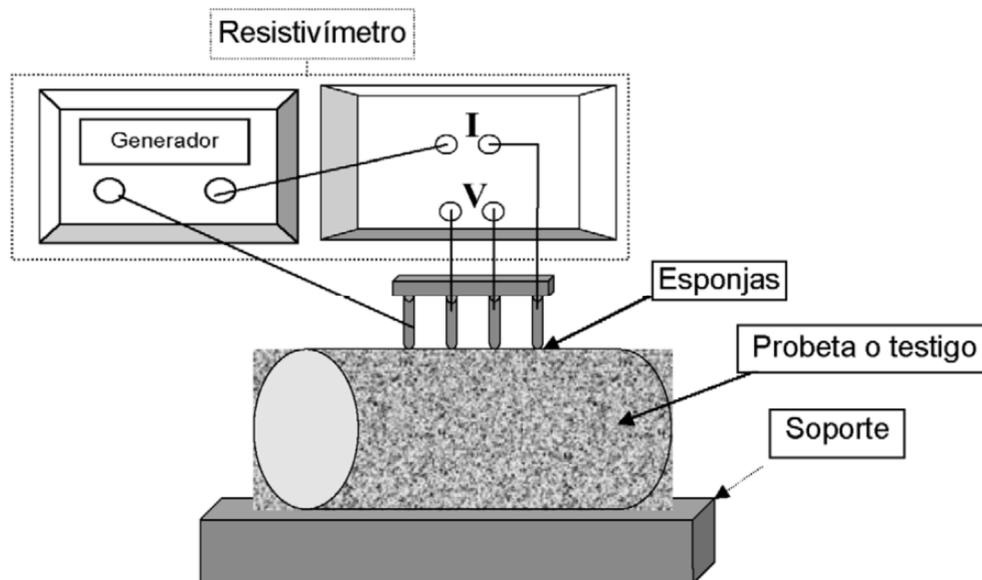
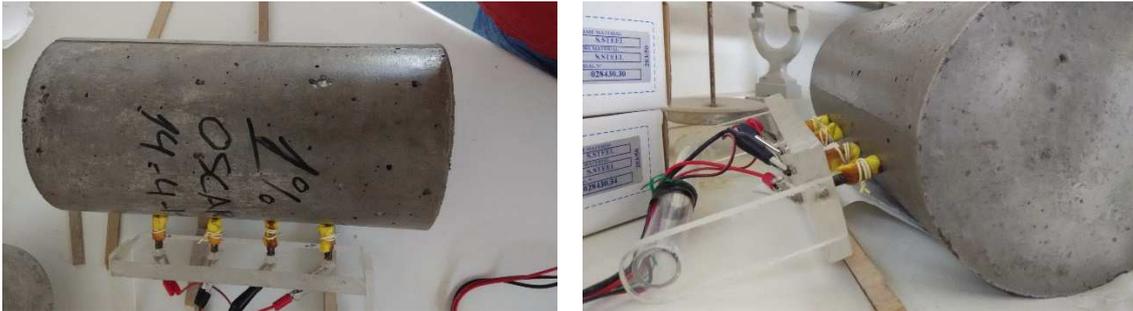


Figura 25. Esquema de medida de resistividad por el método de Wenner

La resistividad eléctrica se determina sobre la probeta cilíndrica de Ø15 x 30cm tras estar los 27 días en cámara, a una temperatura de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ y una humedad del $(98 \pm 2)\%$, y a posteriori, estar 28 días más en cámara, sumergida en agua, para poder hacer el ensayo con la probeta saturada. Esto se hace así, porque en un principio, se piensa, que el resultado de resistividad eléctrica va a dar un resultado coherente, sin estar saturada de agua, sobre no estar sumergida en agua, pero se percibe, tras los primeros ensayos, que el resultado no es satisfactorio y se decide sumergirlas en agua, entonces, para conservar la dispersión en la ejecución del ensayo, se decide hacer de este modo, ya explicado anteriormente.



Figuras 26 y 27. Ensayo de resistividad eléctrica por el método de las cuatro puntas o de Wenner

6.1.8. ENSAYO DE VELOCIDAD DE FRENTE DE CARBONATACIÓN

Para la realización de este ensayo, se ha seguido la norma **UNE 83993-1**. *Durabilidad del hormigón. Determinación de la velocidad de penetración de carbonatación en hormigón endurecido. Parte 1. Método natural.*

Este método de ensayo se basa en la determinación de la profundidad y velocidad de carbonatación de un hormigón endurecido, suponiendo el avance difusivo del CO_2 por fronteras móviles, es decir, con un frente de avance abrupto y bien definido. Para cuantificar este fenómeno se aplica la ecuación básica de la raíz cuadrada del tiempo que es una solución particular para el modelo de difusión, en donde se establece un coeficiente V_{CO_2} que es la velocidad de penetración del frente de carbonatación en $\text{mm/año}^{0,5}$, con una cifra decimal.

La velocidad de avance de la carbonatación en el interior del hormigón se puede calcular mediante la expresión:

$$V_{\text{CO}_2} = X_{\text{CO}_2} / \sqrt{t}$$

donde

V_{CO_2} es la velocidad de carbonatación, en $\text{mm/año}^{0,5}$

X_{CO_2} es la profundidad media de carbonatación, en mm

t es el tiempo de ensayo, en años.

Para medir la profundidad del frente de carbonatación, se sigue la Norma **UNE 112011**. *Corrosión en armaduras. Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio.*

Se recomienda tomar el perfil del avance del CO₂ en el hormigón tal y como se indica en la figura 28. Las medidas de profundidad del agresivo se deben hacer, preferentemente, en las superficies más expuestas al aire, que corresponden a las caras superior (a) y laterales (b y c) de la probeta de la figura 28. Las mediciones de los valores de la profundidad deben hacerse con un espaciamiento entre 3 ó 4 cm, habiendo pulverizado la cara con el corte fresco con fenolftaleína. En el caso de que la carbonatación sea irregular se tomará el valor de la profundidad máxima, tal y como indica la Norma UNE 112011.

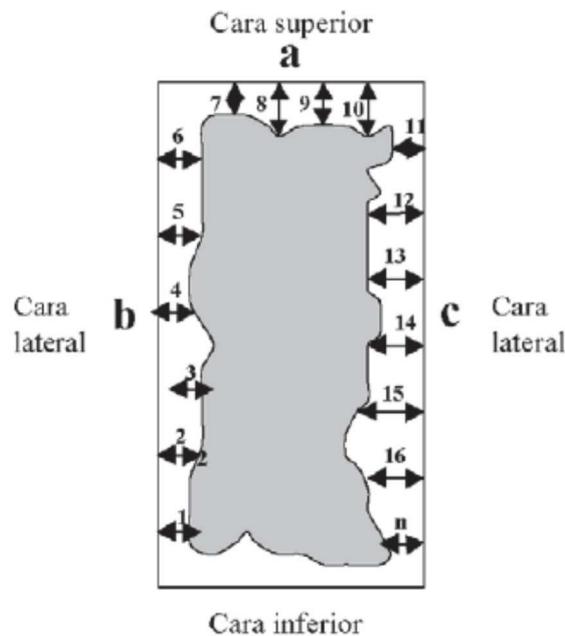


Figura 28. Medida de la profundidad de carbonatación



Figuras 29 y 30. Pulverizado de fenolftaleína sobre los cortes frescos del hormigón

7. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

En la primera etapa del trabajo se analiza la bibliografía y normativa que determina las condiciones que debe cumplir un hormigón para uso estructural. Asimismo, se consultará la normativa de referencia para la realización de los respectivos ensayos.

Dicho esto, de lo primero que se precisó, es de la preparación del material que se iba a utilizar, esto se consigue, antes que nada, con trabajo de gabinete, donde con unos cálculos aproximados, se determina la cantidad que hará falta de material. Esto es importante, porque así se puede saber si va a hacer falta comprar material y cuánto, de ser esto preciso, y al mismo tiempo, no interrumpir el ritmo de trabajo.

Estos trabajos se realizan antes del parón de navidad, alrededor de noviembre de 2014, para así dejar preparado el laboratorio con la cantidad necesaria de material a emplear, y tenerlo todo preparado al inicio del trabajo experimental.

En cuanto al trabajo experimental, en un principio se pretendía empezar el día 17 de febrero de 2015, pero esta semana y la siguiente sirvieron para hacer pruebas de amasado del hormigón, por lo que se acaba tomando como fecha de inicio definitiva, el 3 de marzo de 2015, fecha desde la cual se dan por válidos los datos resultantes que se van tomando de las amasadas.

Durante el transcurso del trabajo se dieron, también, alteraciones del calendario y de la planificación programada en un principio. Estos cambios son causa de contratiempos que van surgiendo e impiden poder llevar a cabo el trabajo acorde al calendario planificado en un principio, ya fuese por falta de material o herramienta o por algún factor externo al trabajo.

Todo esto implica, que durante el transcurso del trabajo, se vayan modificando fechas y tareas, para poder acoplar la nueva duración del trabajo experimental, de forma aproximada, intentando que no haya gran diferencia con lo planificado en un principio.

No resulta tarea complicada, debido a que, en un principio se habían programado dos amasadas por día, pero a la hora de tener que realizarlas, algún día se pueden realizar hasta tres amasadas, recuperando posibles amasadas de retraso que se puedan tener.

Estas modificaciones del calendario y retrasos implican que se tome la decisión de aprovechar las semanas festivas de Magdalena y el parón por festividad de pascua, permitiendo que se pueda adaptar el trabajo al calendario planificado en un principio, siendo la fecha de finalización en laboratorio el día 1 de junio de 2015.

Por lo que los calendarios planificados, tanto inicial como modificado, quedarían del siguiente modo:

PROGRAMACIÓN INICIAL						
	AMASADAS ADITIVO	FECHA AMASADO	DESMOLDADO	FIN CURADO CÁMARA	FIN SECADO ESTUFA	PENETRACIÓN AGUA
0% y 1%	Amasada 1 y 2	17/02/2015	18/02/2015	17/03/2015	20/03/2015	23/03/2015
0% y 1%	Amasada 2 y 4	19/02/2015	20/02/2015	20/03/2015	23/03/2015	26/03/2015
0%, 1% y 0%	Amasada 5, 6 y 7	24/02/2015	25/02/2015	24/03/2015	27/03/2015	30/03/2015
0%	Amasada 8	03/03/2015	04/03/2015	01/04/2015	04/04/2015	07/04/2015
0% y 2%	Amasada 9 y 19	06/03/2015	07/03/2015	04/04/2015	07/04/2015	10/04/2015
0% y 1%	Amasada 11 y 12	10/03/2015	11/03/2015	07/04/2015	10/04/2015	13/04/2015
1%	Amasada 13	24/03/2015	25/03/2015	21/04/2015	24/04/2015	27/04/2015
1% y 1%	Amasada 14 y 15	26/03/2015	27/03/2015	24/04/2015	27/04/2015	30/04/2015
0% y 1%	Amasada 16 y 17	31/03/2015	01/04/2015	29/04/2015	02/05/2015	05/05/2015
2% y 2%	Amasada 18 y 19	07/04/2015	08/04/2015	05/05/2015	08/05/2015	11/05/2015
2% y 2%	Amasada 20 y 21	09/04/2015	10/04/2015	08/05/2015	11/05/2015	14/05/2015
2%, 2% y 2%	Amasada 22, 23 y 20	14/04/2015	15/04/2015	12/05/2015	15/05/2015	18/05/2015

Tabla 12. Calendario inicial

PROGRAMACIÓN FINAL						
	AMASADAS ADITIVO	FECHA AMASADO	DESMOLDADO	FIN CURADO CÁMARA	FIN SECADO ESTUFA	PENETRACIÓN AGUA
0% y 1%	Amasada 1 y 2	03/03/2015	04/03/2015	01/04/2015	04/04/2015	07/04/2015
0% y 1%	Amasada 2 y 4	06/03/2015	07/03/2015	04/04/2015	07/04/2015	10/04/2015
0%, 0% y 1%	Amasada 5, 6 y 7	10/03/2015	11/03/2015	07/04/2015	10/04/2015	13/04/2015
0%	Amasada 8	24/03/2015	25/03/2015	21/04/2015	24/04/2015	27/04/2015
0% y 2%	Amasada 9 y 19	26/03/2015	27/03/2015	24/04/2015	27/04/2015	30/04/2015
0% y 1%	Amasada 11 y 12	31/03/2015	01/04/2015	29/04/2015	02/05/2015	05/05/2015
1%	Amasada 13	07/04/2015	08/04/2015	05/05/2015	08/05/2015	11/05/2015
1% y 1%	Amasada 14 y 15	09/04/2015	10/04/2015	08/05/2015	11/05/2015	14/05/2015
0% y 1%	Amasada 16 y 17	14/04/2015	15/04/2015	12/05/2015	15/05/2015	18/05/2015
2% y 2%	Amasada 18 y 19	21/04/2015	22/04/2015	19/05/2015	22/05/2015	25/05/2015
2% y 2%	Amasada 20 y 21	23/04/2015	24/04/2015	22/05/2015	25/05/2015	28/05/2015
2%, 2% y 2%	Amasada 22, 23 y 20	28/04/2015	29/04/2015	26/05/2015	29/05/2015	01/06/2015

Tabla 13. Calendario final

Para el trabajo experimental, se realizan 8 amasadas con 1% de aditivo, 8 amasadas con 2% de aditivo y 8 amasadas sin aditivo, conformando un total de 24 amasadas, que servirán como referencia, para la comparación de los resultados finales obtenidos.

Para la obtención del material necesario se hacen los cálculos arreglo a estas 24 amasadas citadas anteriormente. Con este dato, podemos obtener la totalidad de material empleado para la realización del trabajo. Quedando repartido del siguiente modo:

TOTAL MATERIAL UTILIZADO				
MATERIAL	Nº DE AMASADAS	SIN ADITIVO	1% ADITIVO	2% ADITIVO
Cemento "Cem II/A-L 42.5R"	8	59,46	77,42	77,42
Agua		26,76	34,84	34,84
Arena lavada (0/4)		139,64	181,82	181,82
Grava (4/11)		45,87	59,72	59,72
Grava (10/20)		135,90	176,96	176,96
% Aditivo		0	0,774	1,548
Total por tipo de amasada (Kg)			407,62	531,53
TOTAL MATERIAL (Kg)	24	1471,45		

Tabla 14. Cantidad de material por tipo de amasada y en total a utilizar

En cada jornada de trabajo se planifica la realización de dos amasadas, con posibilidad de modificación, por posible variación de la disponibilidad de tiempo para elaborarlas.

A continuación se explican las diferentes tipologías de amasadas y qué se va a ensayar de cada una:

Amasada SIN ADITIVO: Determinación de docilidad, determinación de la densidad del hormigón fresco y endurecido, fabricación de una probeta cilíndrica de Ø15 x 30cm para ensayo de penetración de agua, fabricación de dos probetas cúbicas de 15x15x15cm para ensayo de resistencia a compresión.

Amasada CON ADITIVO (1% ó 2%): Determinación de docilidad, determinación de la densidad del hormigón fresco y endurecido, fabricación de dos probetas cilíndricas de Ø15x30cm para ensayo de penetración de agua y resistividad eléctrica; fabricación de dos probetas cúbicas de 15x15x15cm para ensayo de resistencia a compresión.

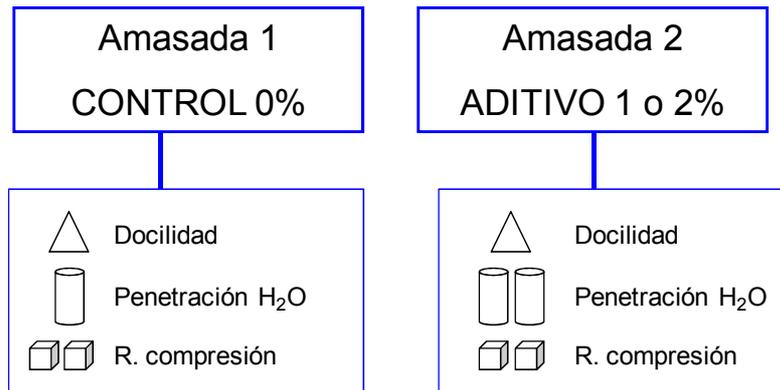


Figura 31. Probetas a realizar en cada jornada de trabajo

Una vez realizadas las amasadas, en primer lugar, se procederá a comprobar el asentamiento y la densidad del hormigón fresco. El desmoldado se ejecuta al siguiente día después del amasado, que será cuando se comprobará la densidad del hormigón endurecido y se procederá al curado en cámara de las probetas a una temperatura de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ y con una humedad del $(98 \pm 2)\%$ durante 27 días. Tras este periodo, las probetas cúbicas se someten a ensayo de resistencia a compresión, mientras que las probetas cilíndricas se meten en estufa, a una temperatura de 50°C , durante 72 ± 2 horas. Una vez pasan las 72 ± 2 horas de secado en estufa, se colocan en la máquina de penetración de agua, en la que estarán otras 72 ± 2 horas. Y al finalizar esto, se comprobará la resistencia a tracción indirecta (Brasileño) sobre las probetas cilíndricas y se medirá la penetración de agua.

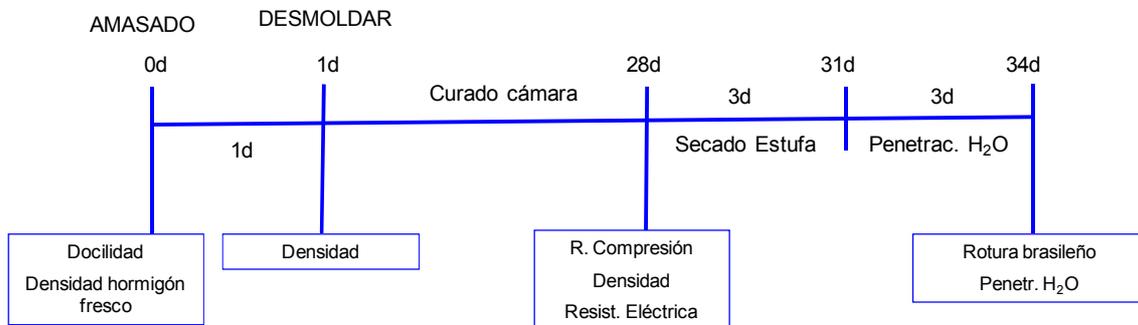


Figura 32. Secuencia del trabajo de laboratorio para cada amasada

7.1. FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

Tras determinar la cantidad de material necesaria para cada una de las amasadas, se procede a, como primer trabajo de taller, acopiar y preparar para su uso el material necesario. Y para esto, se requiere secar el árido fino o arena lavada (0/4) en estufa a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$, previo a su utilización. El árido medio (4/11) y el árido grueso (10/20), no precisarán de secado en estufa, bastará con secado a temperatura ambiente, en el interior del taller. También se acopia el cemento necesario, repartido en sacos de 25 Kg.



Figura 33. Secado arena lavada (0/4) en estufa a $100 \pm 5^\circ\text{C}$

Por otra parte, se reúne todo el material necesario, como jarras, palas, cubos, moldes y demás utensilios necesarios para poder fabricar el hormigón.



Figura 34. Acopio de árido desecado

Una vez se dispone de todo el material y utensilios necesarios, se puede empezar ya con las amasadas de hormigón. Pero no sin antes, marcar los tiempos y pautas a seguir para cada amasada, de forma que todas las amasadas se rijan bajo un mismo patrón de amasado, para intentar que no se produzcan variaciones entre las distintas amasadas a la hora de la fabricación y aumentar la fiabilidad de los resultados finales.

Las pautas para cada amasada son las siguientes:

PASOS A SEGUIR	TIEMPO
1º Vertido de la mitad del árido grueso (10/20)	-
2º Vertido de la mitad del árido medio (4/11)	-
3º Vertido de la totalidad de árido fino o arena lavada (0/4)	-
4º Vertido de la otra mitad de árido medio (4/11)	-
5ª Vertido de la otra mitad de árido grueso (10/20)	-
6º Mezclado en máquina durante 30 segundos	30"
7º Vertido de la mitad de agua durante 15 segundos	45"
8º Mezclado durante 2 minutos y 15 segundos	3'
9º Parada de la máquina y dejado a reposo durante 5 minutos	8'
10º Encendido de la máquina y vertido de todo el cemento durante 30 segundos	8' 30"
11º Vertido de la otra mitad del agua, junto al aditivo, si se trata de amasada con aditivo, durante 30 segundos	9'
12º Mezclado en máquina de todo el material durante 3 minutos	12'

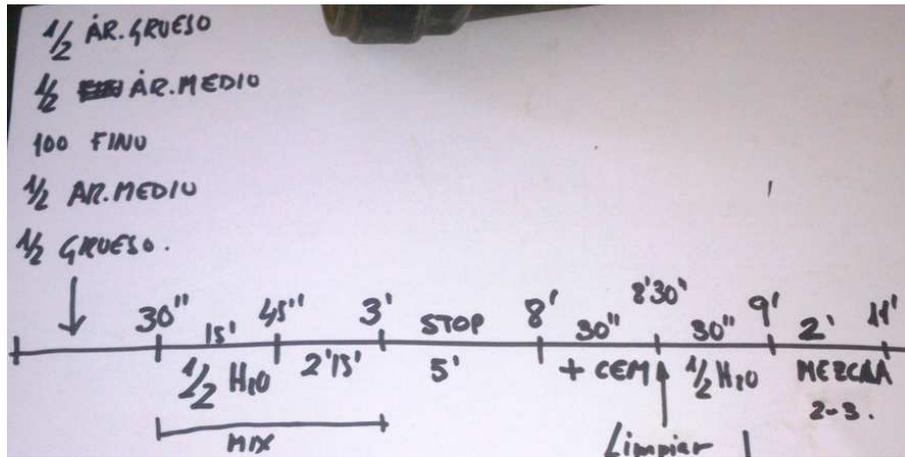


Figura 35. Pautas marcadas en taller para cada amasada

8. RESULTADOS OBTENIDOS

Este apartado se adentra en los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados en lo que ha durado la ejecución de este trabajo experimental.

Como punto introductorio se muestran los resultados genéricos de todos los ensayos realizados. A continuación se detallan cada uno de los ensayos por separado, introduciendo los ensayos directamente relacionados con la durabilidad del hormigón, como principales, y a posteriori los demás ensayos.

Además, se han elaborado las correspondientes actas de ensayo que recogen todos los datos referidos a las amasadas ensayadas, así como los resultados obtenidos. En el **Anejo 11.1** se incluyen las actas de ensayo de las 24 amasadas con sus resultados.

8.1. RESULTADOS GENERALES

En este apartado se recogen los resultados obtenidos en una tabla general, la cual recoge todos los datos de las diferentes amasadas y los ensayos que se les han realizado a cada una de ellas. Para la obtención de los resultados de cada amasada se ha hecho la media entre las dos probetas de cada una, únicamente en caso de que hubiese dos probetas por amasada.



Figura 36. Amasado de hormigón en hormigonera de 30 L

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	DENSIDADES (Kg/m ³)		DOCILIDAD (cm)	RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)		PENETRACIÓN DE AGUA		RESISTIVIDAD (KΩ*cm)
			Hormigón fresco	Hormigón endurecido		Tracción indirecta (Brasileño)	Compresión prob. cúbica 150x150mm	Máxima "Zm" (mm)	Media "Tm" (mm)	
Sin aditivo	03/03/2015	1 ₀	2516	2514	2	4,4	63,7	18	14	-
	06/03/2015	2 ₀	2530	2516	2	4,8	62,6	17	10	-
	10/03/2015	3 ₀	2526	2524	1	4,8	61,1	22	18	-
	10/03/2015	4 ₀	2511	2513	2	3,9	59,8	30	20	-
	24/03/2015	5 ₀	2535	2522	1	3,8	62,1	21	16	-
	26/03/2015	6 ₀	2526	2518	1	4,6	64,8	30	19	-
	31/03/2015	7 ₀	2526	2516	1	4,6	63,8	32	21	-
	14/04/2015	8 ₀	2526	2516	2	4,8	62,4	25	17	-
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	2513	2507	9	4,4	67	28	19	9,0
	06/03/2015	2 ₁	2513	2507	7	4,9	69,8	14	8	8,8
	10/03/2015	3 ₁	2518	2511	7	4,5	68,3	26	18	8,6
	31/03/2015	4 ₁	2516	2505	6	4,4	69,8	20	14	8,1
	07/04/2015	5 ₁	2514	2503	5	4,7	70,9	18	14	8,0
	09/04/2015	6 ₁	2503	2494	5	4,7	67,4	22	15	8,5
	09/04/2015	7 ₁	2509	2511	5	4,9	67,4	18	10	9,3
	14/04/2015	8 ₁	2499	2501	3	5,0	68,4	23	16	9,0
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	2514	2497	15	5,1	49,4	29	17	8,0
	21/04/2015	2 ₂	2516	2505	11	4,5	68,9	24	14	8,7
	21/04/2015	3 ₂	2520	2509	11	4,0	67,9	26	17	8,2
	23/04/2015	4 ₂	2524	2509	13	4,3	68,8	30	23	7,9
	23/04/2015	5 ₂	2516	2503	14	4,3	64,5	30	22	7,5
	28/04/2015	6 ₂	2514	2509	7	4,0	71	24	14	8,6
	28/04/2015	7 ₂	2522	2511	9	4,0	68,6	26	17	8,7
	28/04/2015	8 ₂	2518	2511	8	4,0	69,7	19	13	8,4

Tabla 15. Datos y resultados generales de cada amasada

8.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RELACIONADOS CON LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

A continuación se expresan los resultados de los ensayos relacionados directamente con la durabilidad del hormigón, de los que obtendremos la información más relevante a la hora de sacar las conclusiones de este trabajo.

8.2.1. PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA

Este es uno de los apartados más interesantes para el trabajo experimental que se desarrolla, del cual se puede obtener gran cantidad de información. Los resultados se expresan a continuación:

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	PROFUNDIDAD PENETRACIÓN AGUA			
			Cilíndrica 1		Cilíndrica 2	
			Altura máx. "Zm" (mm)		Altura media "Tm" (mm)	
Sin aditivo	03/03/2015	1 ₀	18	14	-	-
	06/03/2015	2 ₀	17	10	-	-
	10/03/2015	3 ₀	22	18	-	-
	10/03/2015	4 ₀	30	20	-	-
	24/03/2015	5 ₀	21	16	-	-
	26/03/2015	6 ₀	30	19	-	-
	31/03/2015	7 ₀	32	21	-	-
	14/04/2015	8 ₀	25	17	-	-
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	27	20	29	18
	06/03/2015	2 ₁	15	10	14	6
	10/03/2015	3 ₁	22	15	31	22
	31/03/2015	4 ₁	23	15	18	13
	07/04/2015	5 ₁	17	16	19	12
	09/04/2015	6 ₁	20	13	24	17
	09/04/2015	7 ₁	21	13	16	7
	14/04/2015	8 ₁	29	18	18	14
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	33	21	25	13
	21/04/2015	2 ₂	30	15	19	13
	21/04/2015	3 ₂	28	18	25	16
	23/04/2015	4 ₂	29	25	31	21
	23/04/2015	5 ₂	32	25	27	19
	28/04/2015	6 ₂	28	16	19	11
	28/04/2015	7 ₂	28	18	24	16
	28/04/2015	8 ₂	17	13	21	13

Tabla 16. Resultados de penetración de agua obtenidos de las diferentes amasadas y sus probetas

A continuación se expresa gráficamente la comparación de la penetración de agua entre las amasadas sin aditivo, con 1% de aditivo y con 2% de aditivo.

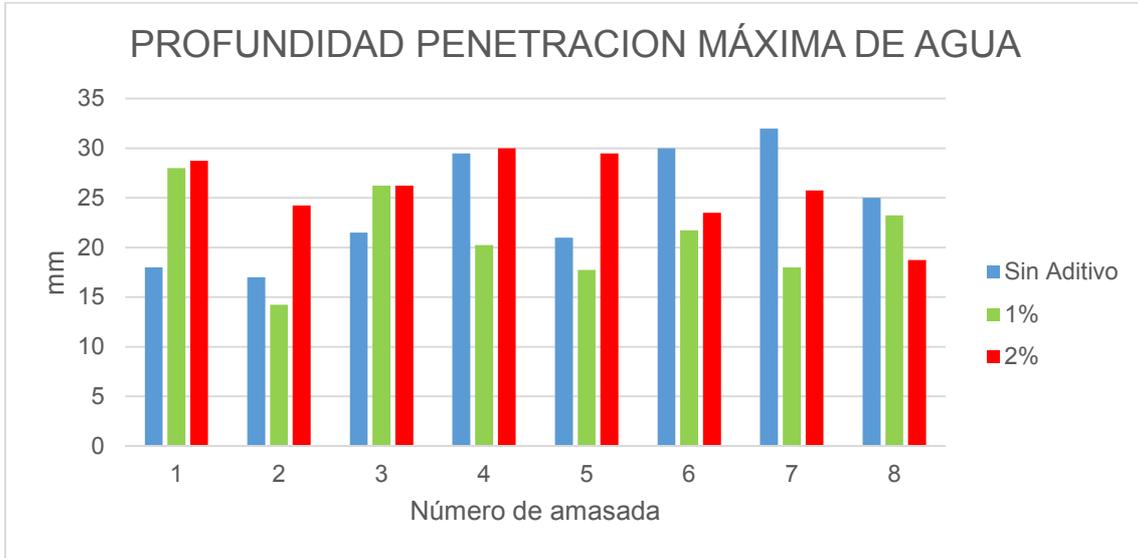


Gráfico 1. Comparativa resultados de penetración máxima de agua entre diferentes tipos de amasadas

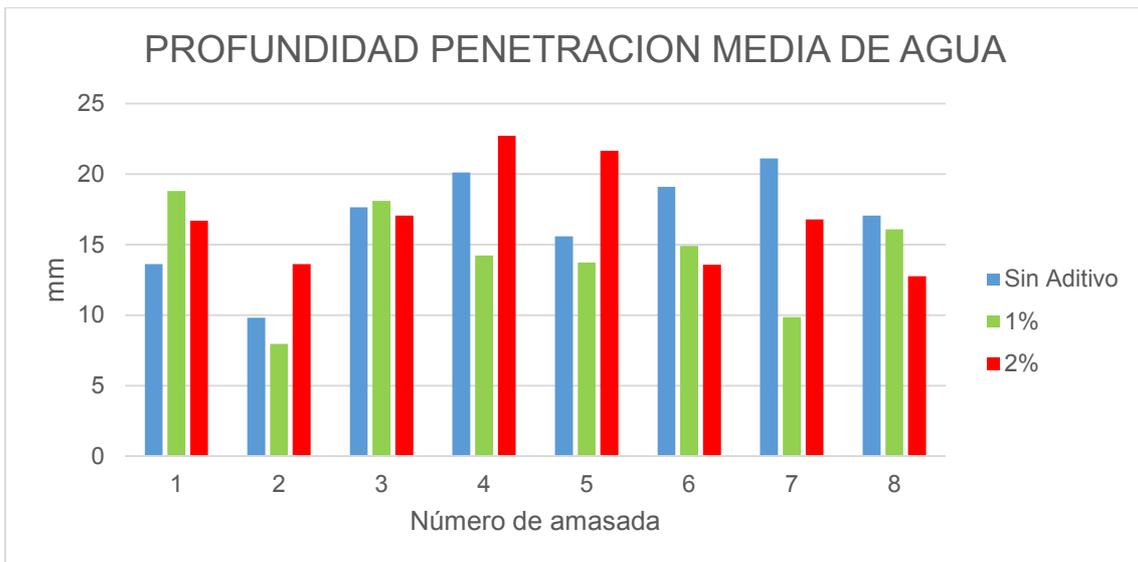


Gráfico 2. Comparativa resultados de penetración media de agua entre diferentes tipos de amasadas

Para una mejor comparación, se ha obtenido la media de todos los resultados, según amasada, quedando del siguiente modo:

DATOS MEDIOS	PENETRACIÓN DE AGUA	
	Altura máx. "Zm" (mm)	Altura media "Tm" (mm)
Sin aditivo	24	17
1% aditivo	21	14
2% aditivo	26	17

Tabla 17. Valores medios de las penetraciones máximas y medias de penetración de agua

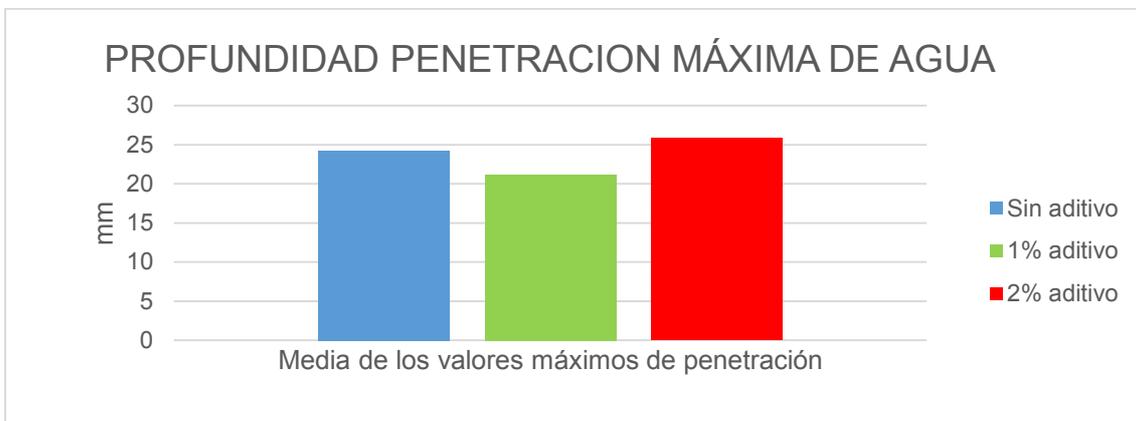


Gráfico 3. Comparativa de resultados medios de penetración máxima de agua entre diferentes tipos de amasadas

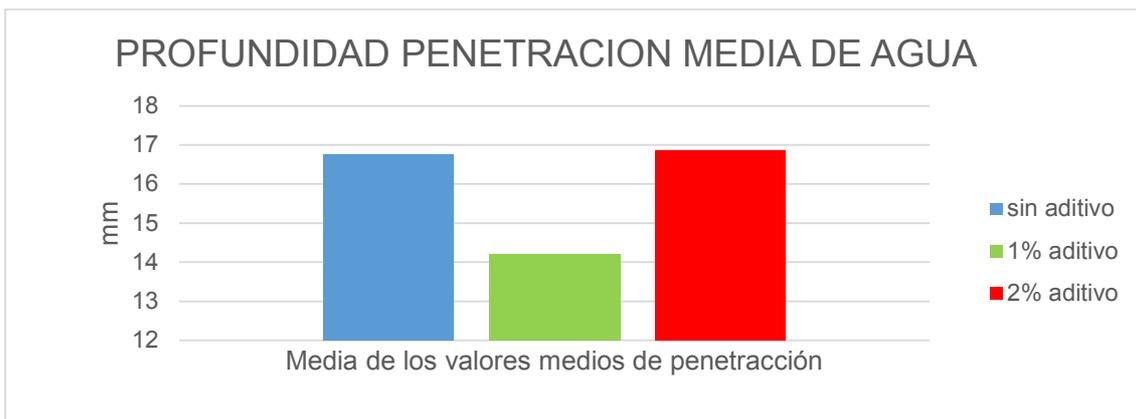


Gráfico 4. Comparativa de resultados medios de penetración media de agua entre diferentes tipos de amasadas

8.2.2. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Este ensayo solo se realiza sobre las amasadas que contienen aditivo, por lo que la comparación entre los resultados se hará entre ellas y no con una amasada sin aditivo, como se ha hecho en los demás ensayos.

Los resultados recogidos son los siguientes:

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	RESISTIVIDAD (KΩ*cm)
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	9,0
	06/03/2015	2 ₁	8,8
	10/03/2015	3 ₁	8,6
	31/03/2015	4 ₁	8,1
	07/04/2015	5 ₁	8,0
	09/04/2015	6 ₁	8,5
	09/04/2015	7 ₁	9,3
	14/04/2015	8 ₁	9,0
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	8,0
	21/04/2015	2 ₂	8,7
	21/04/2015	3 ₂	8,2
	23/04/2015	4 ₂	7,9
	23/04/2015	5 ₂	7,5
	28/04/2015	6 ₂	8,6
	28/04/2015	7 ₂	8,7
	28/04/2015	8 ₂	8,4

Tabla 18. Datos obtenidos en ensayo de resistividad eléctrica

Con estos datos, el gráfico, queda del siguiente modo:

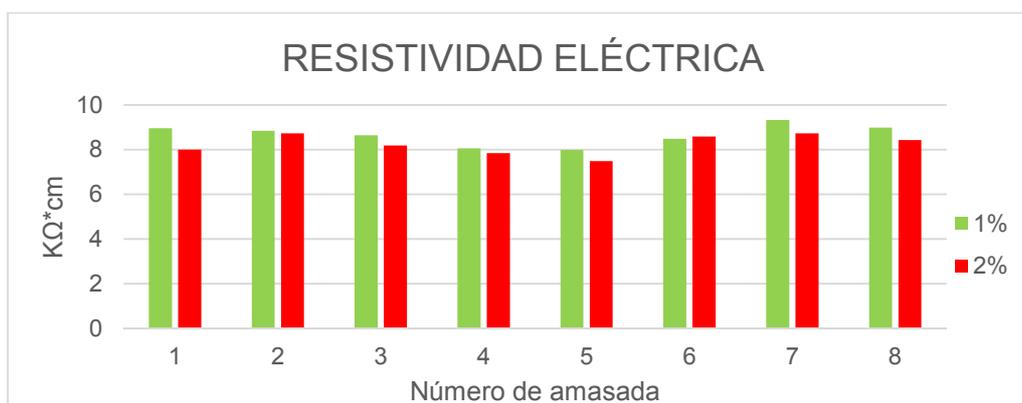


Gráfico 5. Comparación de resultados obtenidos de resistividad eléctrica en amasadas de 1 y 2% de aditivo

Son unos datos buenos en términos de dispersión, bastante coherentes, en los que no se aprecia que la diferente dosificación de aditivo influya o modifique los resultados sustancialmente, para poder decir que el hormigón es sensible a distinta cantidad de aditivo.

8.2.3. VELOCIDAD Y PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN

Este ensayo se ha realizado sobre un hormigón fabricado para un trabajo¹ previo a este, consecuencia del PFG del alumno Juan Flors, con la misma temática. De este hormigón se sabe la fecha de fabricación, de lo que se obtiene la edad y que para la fabricación de éste, se usaron aditivos plastificantes y superplastificantes.

Los datos obtenidos en laboratorio de profundidad de frente de carbonatación son los siguientes:

SERIE	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE FABRICACIÓN	PENETRACIÓN DE CARBONATACIÓN (mm)	
			Máxima	Media
HA-30/B/20/IIIa	B1/SIKAMENT-230 1%	26/09/2013	11	9
	B2/SIKAMENT-230 1%		11	9
	A/SIN ADITIVO		11	9
	B1/SIKAMENT-230 1%	03/10/2013	12	10
	B2/SIKAMENT-230 1%		12	10
	A/SIN ADITIVO		12	10
	B1/SIKAMENT-230 1%	10/10/2013	11	9
	B2/SIKAMENT-230 1%		12	9
	A/SIN ADITIVO		10	8
	B1/SIKAMENT-230 1%	17/10/2013	12	8
	B2/SIKAMENT-230 1%		10	8
	A/SIN ADITIVO		11	8
	B1/SIKAMENT-230 1%	24/10/2013	10	8
	A/SIN ADITIVO		9	7
	B1/SIKAMENT-230 1%	07/11/2013	9	6
	B2/SIKAMENT-230 1%		8	5
	A/SIN ADITIVO		10	8
	B1/SIKAMENT-230 1%	14/11/2013	6	7
	B2/SIKAMENT-230 1%		6	8
	A/SIN ADITIVO		9	6
	B1/SIKAPLAST-380 1%	23/04/2014	15	11
	B2/SIKAPLAST-380 1%		15	13
	B1/SIKAPLAST-380 1,5%	30/04/2014	10	6
	B2/SIKAPLAST-380 1,5%		10	6
B1/SIKAPLAST-380 1%	08/05/2014	10	7	
B2/SIKAPLAST-380 1%		11	7	
B1/SIKAMENT-230 1,5%	15/05/2014	9	6	
B2/SIKAMENT-230 1,5%		8	6	
B1/SIKAMENT-230 2%	22/05/2014	9	6	
B2/SIKAMENT-230 2%		11	8	

Tabla 19. Datos obtenidos en laboratorio de la profundidad de frente de carbonatación

(1) Proyecto Final de Grado del alumno Juan Flors Catalán. Véase referencia bibliográfica.

De esta tabla se obtienen los valores medios por tipología de aditivo, quedando la siguiente tabla:

DATOS MEDIOS											
Sin aditivo		Sikament-230 1%		Sikament-230 1,5%		Sikament-230 2%		Sikaplast-380 1%		Sikaplast-380 1,5%	
Máx.	Med.	Máx.	Med.	Máx.	Med.	Máx.	Med.	Máx.	Med.	Máx.	Med.
10	8	10	8	9	6	10	7	13	10	10	6

Tabla 20. Valores máximos y medios de profundidad de frente de carbonatación

Quedando las siguientes gráficas comparativas:

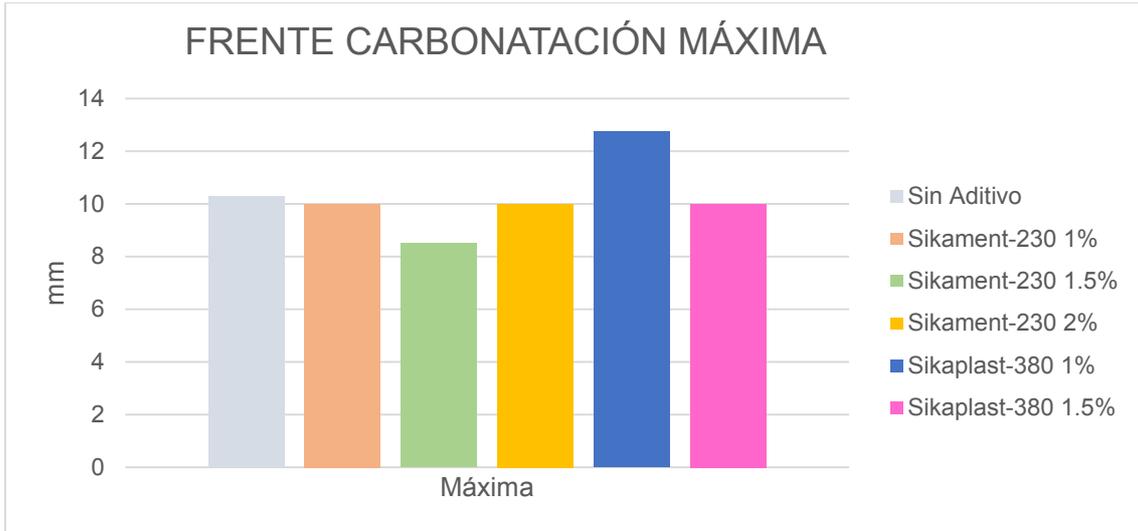


Gráfico 6. Valores máximos de profundidad de frente de carbonatación

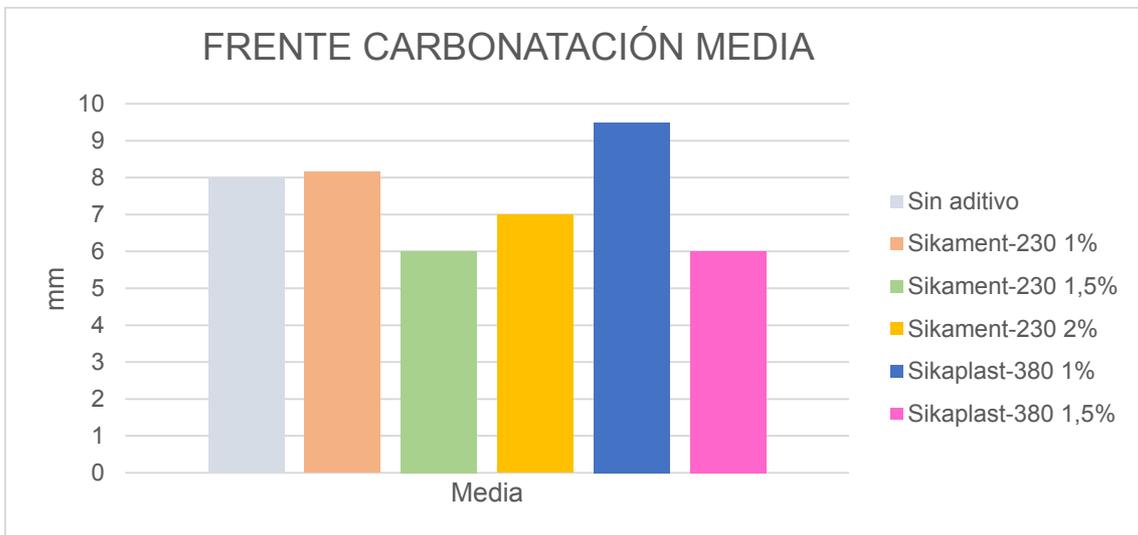


Gráfico 7. Valores medios de profundidad de frente de carbonatación

Con la profundidad media de frente de carbonatación y la edad del hormigón se puede saber la velocidad de carbonatación, con la fórmula del apartado **6.1.8. Ensayo de velocidad de frente de carbonatación**.

Quedando la tabla, tal que así:

VELOCIDAD CARBONATACIÓN		
NOMBRE Y TIPO DE ADITIVO POR PROBETA	FECHA FABRICACIÓN	(mm/año ^{0,5})
B1/SIKAMENT-230 1%	26/09/2013	6,4
B2/SIKAMENT-230 1%		6,4
A/SIN ADITIVO		6,4
B1/SIKAMENT-230 1%	03/10/2013	7,1
B2/SIKAMENT-230 1%		7,1
A/SIN ADITIVO		7,1
B1/SIKAMENT-230 1%	10/10/2013	6,4
B2/SIKAMENT-230 1%		6,4
A/SIN ADITIVO		5,7
B1/SIKAMENT-230 1%	17/10/2013	5,7
B2/SIKAMENT-230 1%		5,7
A/SIN ADITIVO		5,7
B1/SIKAMENT-230 1%	24/10/2013	5,7
A/SIN ADITIVO		4,9
B1/SIKAMENT-230 1%	07/11/2013	4,2
B2/SIKAMENT-230 1%		3,5
A/SIN ADITIVO		5,7
B1/SIKAMENT-230 1%	14/11/2013	4,9
B2/SIKAMENT-230 1%		5,7
A/SIN ADITIVO		4,2
B1/SIKAPLAST-380 1%	23/04/2014	9,0
B2/SIKAPLAST-380 1%		10,6
B1/SIKAPLAST-380 1,5%	30/04/2014	4,9
B2/SIKAPLAST-380 1,5%		4,9
B1/SIKAPLAST-380 1%	08/05/2014	5,7
B2/SIKAPLAST-380 1%		5,7
B1/SIKAMENT-230 1,5%	15/05/2014	4,9
B2/SIKAMENT-230 1,5%		4,9
B1/SIKAMENT-230 2%	22/05/2014	4,9
B2/SIKAMENT-230 2%		6,5

Tabla 21. Velocidad de profundidad de frente de carbonatación de las diferentes amasadas y probetas

Los resultados medios quedan expresados en la siguiente tabla:

DATOS MEDIOS						
Tipo aditivo	Sin aditivo	Sikament-230 1%	Sikament-230 1,5%	Sikament-230 2%	Sikaplast-380 1%	Sikaplast-380 1,5%
Velocidad (mm/año ^{0,5})	5,7	5,8	4,9	5,7	7,8	4,9

Tabla 22. Velocidad media de los diferentes tipos de aditivo

De esta tabla se extrae el siguiente gráfico, que queda así:

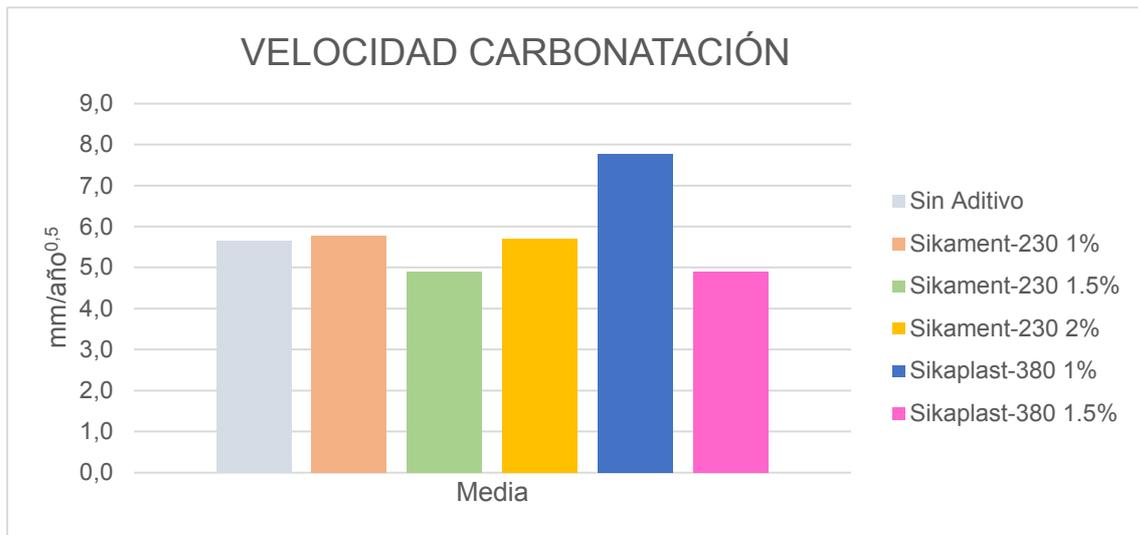


Gráfico 8. Velocidad media de frente de carbonatación según tipología de aditivo

Destaca la velocidad de carbonatación con el aditivo Sikaplast-380 con un 1.5% de aditivo, pero hay que decir que con este aditivo se realizaron únicamente dos amasadas con valores bastante diferentes entre ambas, por lo que puede decir que no es un valor a tener en cuenta. Es más, se puede afirmar que no se percibe ninguna influencia entre amasadas sin aditivo y amasadas con aditivo, esto es así, porque de los dos tipos con mayor cantidad de amasadas que hay son la amasada sin aditivo y la amasada con Sikament-230 con 1% de aditivo, apreciando que la diferencia de valores entre éstas es despreciable.

8.3. RESULTADOS DE LOS OTROS ENSAYOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos en otros ensayos no relacionados con la durabilidad del hormigón, pero sí muy importantes para éste. Estos ensayos mostrarán la posible influencia que puede tener añadir aditivo superplastificante en las características del hormigón.

8.3.1. DENSIDAD DEL HORMIGÓN

Para este apartado, se ha obtenido la densidad en dos estados del hormigón diferente para poder contrastarlas. Primero se ha obtenido la densidad del hormigón fresco, nada más amasar y al siguiente día, se obtiene la del hormigón endurecido, al desmoldar las probetas.

En la siguiente tabla se recogen los datos obtenidos durante el trabajo experimental:

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	DENSIDADES (Kg/m ³)	
			HORMIGÓN FRESCO	HORMIGÓN ENDURECIDO
Sin aditivo	03/03/2015	1 ₀	2516	2514
	06/03/2015	2 ₀	2530	2516
	10/03/2015	3 ₀	2526	2524
	10/03/2015	4 ₀	2511	2513
	24/03/2015	5 ₀	2535	2522
	26/03/2015	6 ₀	2526	2518
	31/03/2015	7 ₀	2526	2516
	14/04/2015	8 ₀	2526	2516
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	2513	2507
	06/03/2015	2 ₁	2513	2507
	10/03/2015	3 ₁	2518	2511
	31/03/2015	4 ₁	2516	2505
	07/04/2015	5 ₁	2514	2503
	09/04/2015	6 ₁	2503	2494
	09/04/2015	7 ₁	2509	2511
	14/04/2015	8 ₁	2499	2501
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	2514	2497
	21/04/2015	2 ₂	2516	2505
	21/04/2015	3 ₂	2520	2509
	23/04/2015	4 ₂	2524	2509
	23/04/2015	5 ₂	2516	2503
	28/04/2015	6 ₂	2514	2509
	28/04/2015	7 ₂	2522	2511
	28/04/2015	8 ₂	2518	2511

Tabla 23. Densidades del hormigón fresco y endurecido de las distintas amasadas

Con los datos anteriores se obtienen los gráficos siguientes:

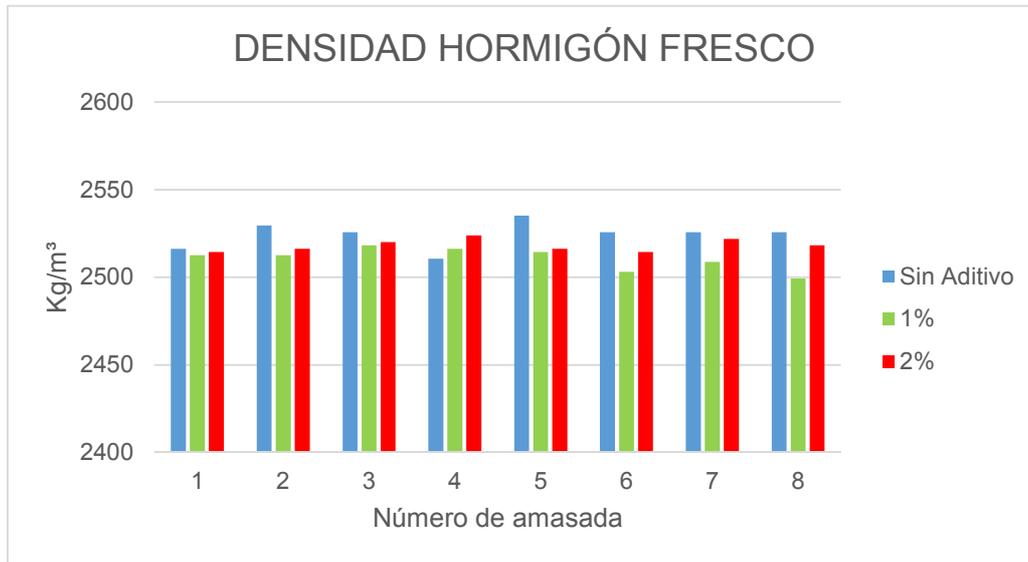


Gráfico 9. Densidad hormigón fresco

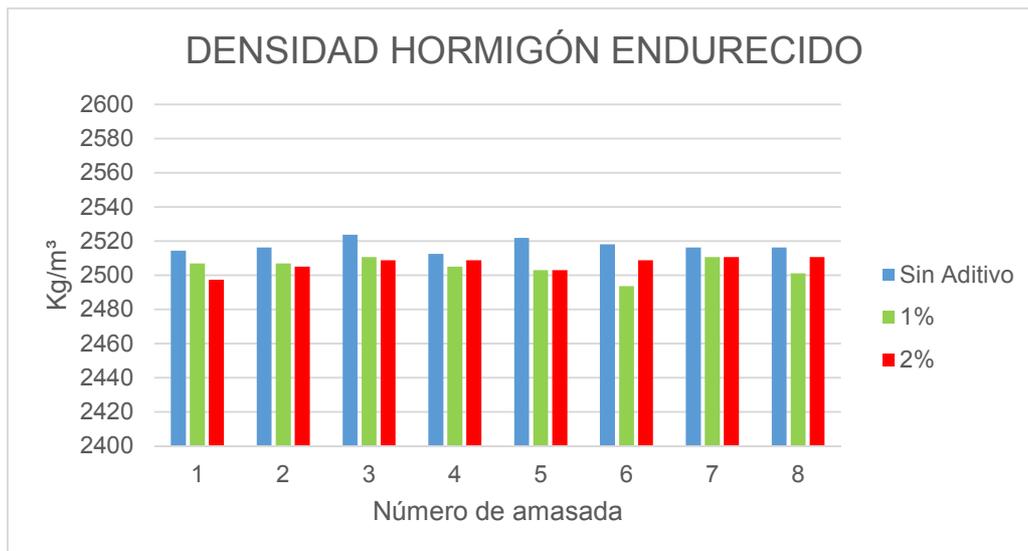


Gráfico 10. Densidad hormigón fresco

Como se aprecia son valores muy similares, aunque parece que exista un leve descenso de la densidad del hormigón con aditivo frente al hormigón sin aditivo. Pero no lo suficiente como para poder afirmar que el aditivo influye directamente en la densidad del hormigón.

8.3.2. DOCILIDAD DEL HORMIGÓN

El resultado se obtiene nada más se amasa el hormigón, aún fresco, gracias al cono de Abrams, que permite saber la docilidad del hormigón según el asentamiento resultante.

Los resultados se expresan en la siguiente tabla:

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	DOCILIDAD (cm)	CONSISTENCIA
Sin aditivo	03/03/2015	1 ₀	2	Seca
	06/03/2015	2 ₀	2	Seca
	10/03/2015	3 ₀	1	Seca
	10/03/2015	4 ₀	2	Seca
	24/03/2015	5 ₀	1	Seca
	26/03/2015	6 ₀	1	Seca
	31/03/2015	7 ₀	1	Seca
	14/04/2015	8 ₀	2	Seca
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	9	Blanda
	06/03/2015	2 ₁	7	Blanda
	10/03/2015	3 ₁	7	Blanda
	31/03/2015	4 ₁	6	Blanda
	07/04/2015	5 ₁	5	Plástica
	09/04/2015	6 ₁	5	Plástica
	09/04/2015	7 ₁	5	Plástica
	14/04/2015	8 ₁	3	Plástica
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	15	Fluida
	21/04/2015	2 ₂	11	Fluida
	21/04/2015	3 ₂	11	Fluida
	23/04/2015	4 ₂	13	Fluida
	23/04/2015	5 ₂	14	Fluida
	28/04/2015	6 ₂	7	Blanda
	28/04/2015	7 ₂	9	Blanda
	28/04/2015	8 ₂	8	Blanda

Tabla 24. Resultados de docilidad de las diferentes amasadas de hormigón

El gráfico resultante es el siguiente:



Gráfico 11. Resultado de asentamiento del hormigón en cm

8.3.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS CÚBICAS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos en el ensayo a compresión de probetas cúbicas de 15 x 15 cm de arista, obtenidas en cada amasada.

En la siguiente tabla se expresan los resultados obtenidos de las probetas cúbicas:

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	RESISTENCIA COMPRESIÓN (N/mm ²)	
			Cúbica 1	Cúbica 2
Sin aditivo	03/03/2015	1 ₀	63,0	64,5
	06/03/2015	2 ₀	63,0	62,1
	10/03/2015	3 ₀	63,1	59,1
	10/03/2015	4 ₀	60,3	59,4
	24/03/2015	5 ₀	62,6	61,7
	26/03/2015	6 ₀	64,0	65,3
	31/03/2015	7 ₀	63,7	63,9
	14/04/2015	8 ₀	61,8	62,9
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	66,7	67,3
	06/03/2015	2 ₁	69,5	70,1
	10/03/2015	3 ₁	68,4	68,1
	31/03/2015	4 ₁	69,6	70,1
	07/04/2015	5 ₁	70,7	71,2
	09/04/2015	6 ₁	68,7	66,1
	09/04/2015	7 ₁	66,1	68,8
	14/04/2015	8 ₁	68,2	68,5
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	47,4	51,4
	21/04/2015	2 ₂	68,9	68,8
	21/04/2015	3 ₂	69,1	66,7
	23/04/2015	4 ₂	67,8	69,8
	23/04/2015	5 ₂	64,7	64,2
	28/04/2015	6 ₂	72,0	69,9
	28/04/2015	7 ₂	68,3	68,9
	28/04/2015	8 ₂	70,1	69,3

Tabla 25. Datos obtenidos de resistencia a compresión de las probetas cúbicas de 15 x 15cm de arista

A continuación se muestra la comparativa en el siguiente gráfico:

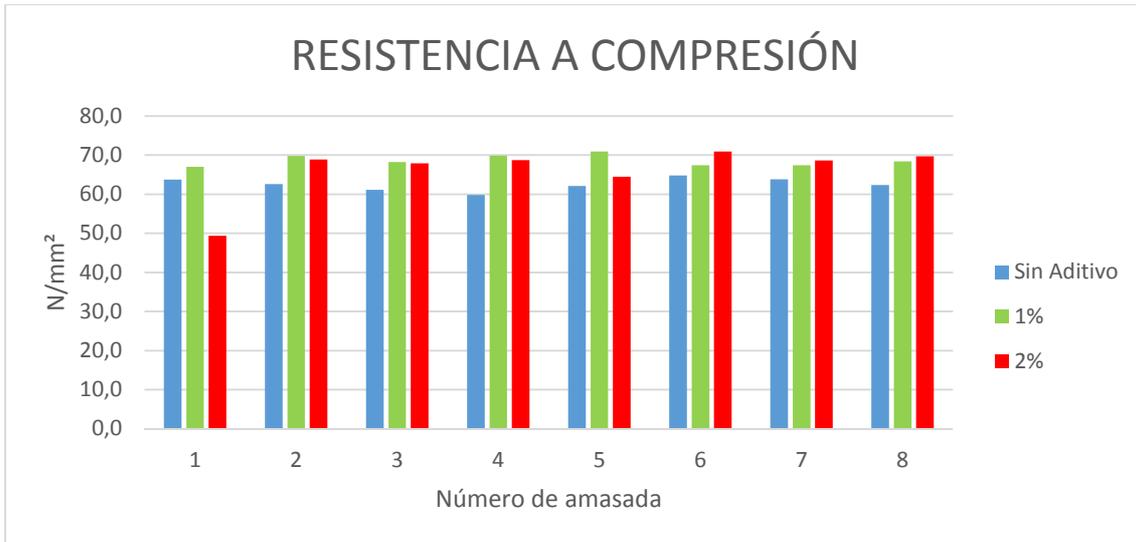


Gráfico 12. Comparación resultados a compresión de distintas tipologías de amasadas

Los resultados obtenidos destacan a primera vista, ya que se trata de valores muy altos para la tipificación del hormigón utilizada, HA-35/B/20/IIIa, ya que sería esperable obtener resistencias alrededor de 40-45 N/mm² para este tipo de hormigón.

Para apreciar mejor la posible influencia del aditivo en los resultados, se ha obtenido una tabla con la media de cada tipología de amasada.

AMASADA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEDIA (N/mm ²)
Sin aditivo	63,0
1% aditivo	69,0
2% aditivo	66,0

Tabla 26. Media de resultados de resistencia a compresión

Visto esta tabla, se puede decir que la resistencia aumenta en las amasadas con aditivo, pero no es un valor demasiado significativo, ya que aumenta aproximadamente un 10% en la amasada con 1% de aditivo y aproximadamente un 5% en la amasada de 2% de aditivo.

8.3.4. TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO)

En este apartado se muestran los resultados obtenidos de someter a tracción indirecta las probetas cilíndricas de $\varnothing 15 \times 30\text{cm}$, obtenidas en cada amasada.

Los resultados se expresan en la siguiente tabla:

AMASADA	FECHA AMASADA	DESIGNACION	RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA (N/mm ²)	
			Cilíndrica 1	Cilíndrica 2
Sin aditivo	03/03/2015	1 ₀	4,43	-
	06/03/2015	2 ₀	4,83	-
	10/03/2015	3 ₀	4,83	-
	10/03/2015	4 ₀	3,87	-
	24/03/2015	5 ₀	3,81	-
	26/03/2015	6 ₀	4,56	-
	31/03/2015	7 ₀	4,63	-
	14/04/2015	8 ₀	4,85	-
1% Aditivo	03/03/2015	1 ₁	4,23	4,49
	06/03/2015	2 ₁	4,59	5,16
	10/03/2015	3 ₁	4,81	4,24
	31/03/2015	4 ₁	4,63	4,23
	07/04/2015	5 ₁	4,95	4,49
	09/04/2015	6 ₁	4,89	4,51
	09/04/2015	7 ₁	4,80	4,99
	14/04/2015	8 ₁	4,76	5,20
2% Aditivo	26/03/2015	1 ₂	5,07	5,04
	21/04/2015	2 ₂	4,31	4,63
	21/04/2015	3 ₂	3,87	4,06
	23/04/2015	4 ₂	4,58	4,08
	23/04/2015	5 ₂	4,27	4,38
	28/04/2015	6 ₂	3,68	4,41
	28/04/2015	7 ₂	3,90	4,15
	28/04/2015	8 ₂	4,47	3,88

Tabla 27. Resultados obtenidos con el ensayo de tracción indirecta sobre probetas cilíndricas

A continuación se muestra el gráfico obtenido con los resultados:

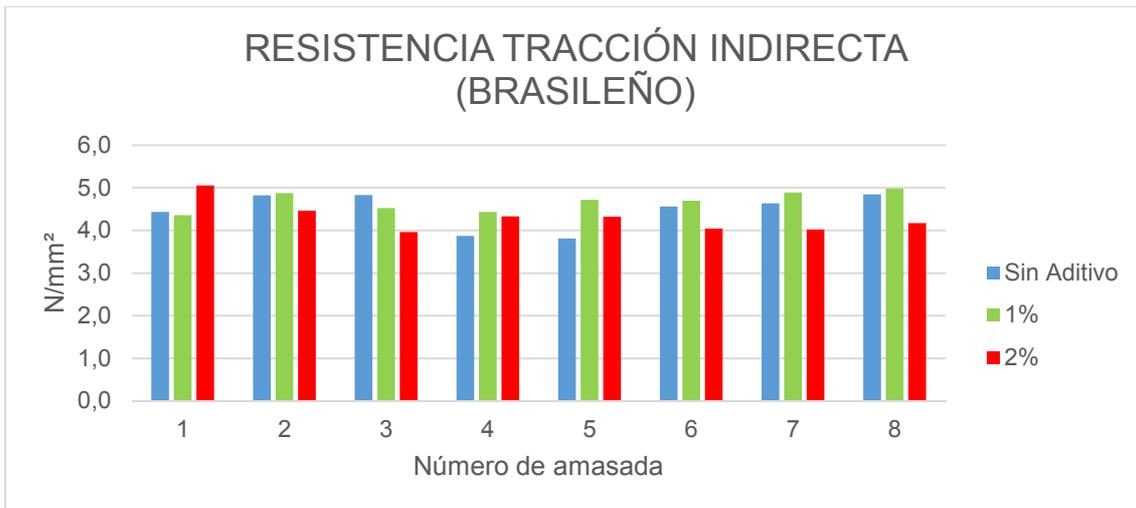


Gráfico 13. Comparación resultados a tracción indirecta de distintas tipologías de amasadas

Visto este gráfico, podemos afirmar que la adición de aditivos no afecta a la resistencia a tracción indirecta del hormigón, ya que tanto los resultados de las amasadas sin aditivo como los de las amasadas con aditivo son semejantes y no presentan tendencia ni unos ni otros a aumentar o descender la resistencia a tracción indirecta.

8.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Manejando los valores medios de los resultados obtenidos en los ensayos realizados no se observan relaciones o tendencias entre características relacionadas directamente con la durabilidad con las que no tienen esa relación. En la siguiente tabla se expresan las medias de los resultados obtenidos en estos ensayos, para así poder comprobar si existe relación o no entre los resultados obtenidos.

Datos medios	Densidades (kg/m³)		Docilidad (cm)	Resistencia mecánica (N/mm²)		Penetración de agua media "Tm" (mm)	Resistividad (KΩ·cm)
	Hormigón fresco	Hormigón endurecido		Tracción indirecta	Compresión prob. Cúbica 15x15cm		
Sin aditivo	2524	2517	2	4	63	17	-
1% aditivo	2511	2505	6	5	69	14	8,7
2% aditivo	2518	2507	11	4	66	17	8,3

Tabla 28. Medias de todos los ensayos realizados

9. CONCLUSIONES

Al objeto de estudiar si la presencia de aditivo en diferentes porcentajes en un hormigón estructural es sensible en características del hormigón relacionadas con la durabilidad, se han fabricado 24 amasadas de un hormigón HA-35/B/20/IIIa, con dosificación nominal aportada por un fabricante de hormigón de la zona. La dosificación se realiza con 350 kg/m^3 de cemento y relación agua/cemento de 0.45. Por considerarse el parámetro de la relación agua/cemento crítico en las características que se van a determinar, se ha utilizado en todas las amasadas una misma cantidad de árido fino previamente desecado en estufa, ello con la finalidad de conseguir su constancia de la relación a/c en todas las amasadas ensayadas.

Para el estudio experimental se han utilizado materiales componentes habituales de la zona, suministrados por el fabricante de hormigón preparado que ha colaborado en el trabajo experimental. El aditivo utilizado ha sido SIKAPLAST-380, de la familia de reductor de agua/superplastificante.

Las 24 amasadas se han fabricado con distinta cantidad de aditivo: 0.0%, 1.0% y 2.0%.

En primer lugar se ha determinado la profundidad de penetración de agua bajo presión en 8 muestras de hormigón sin aditivo, 8 con aditivo al 1% en peso del cemento y 8 con aditivo al 2%. Se ha podido comprobar a la vista de los resultados obtenidos que la característica impermeabilidad del hormigón, determinada mediante el ensayo de penetración de agua bajo presión, es insensible, es decir, no se aprecia tendencia a una mayor o menor profundidad de penetración según que el hormigón incluya o no aditivo, tampoco se aprecia variación entre amasadas con 1% de aditivo respecto a las que incluyen un 2%.

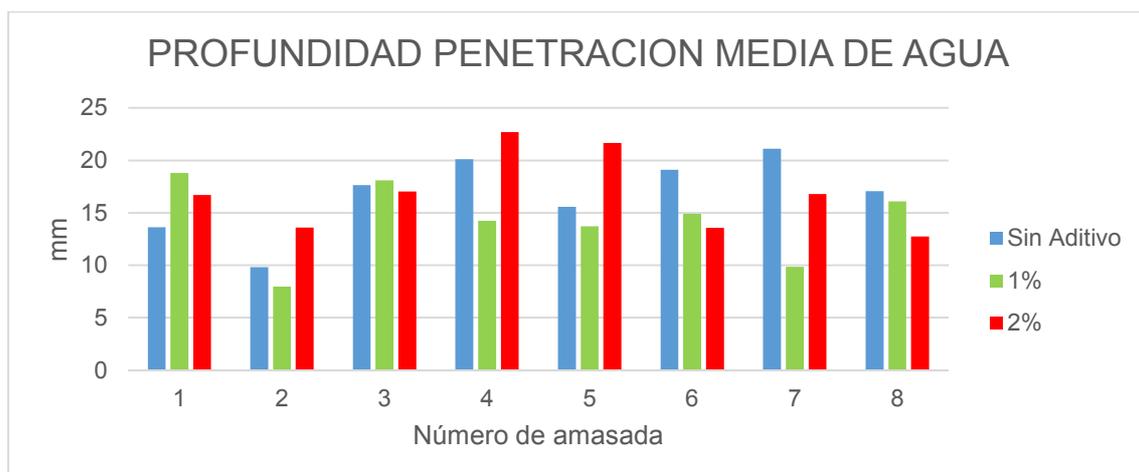


Gráfico 2. Comparativa resultados de penetración media de agua entre diferentes tipos de amasadas

La medida de la resistividad eléctrica en las 16 muestras de hormigón, determinada mediante el método de las cuatro puntas o de Wenner, en probetas cilíndricas de 15x30 saturadas de agua de 28 días de edad, tampoco ha manifestado una tendencia de mayor o menor resistividad en función de la cantidad de aditivo.

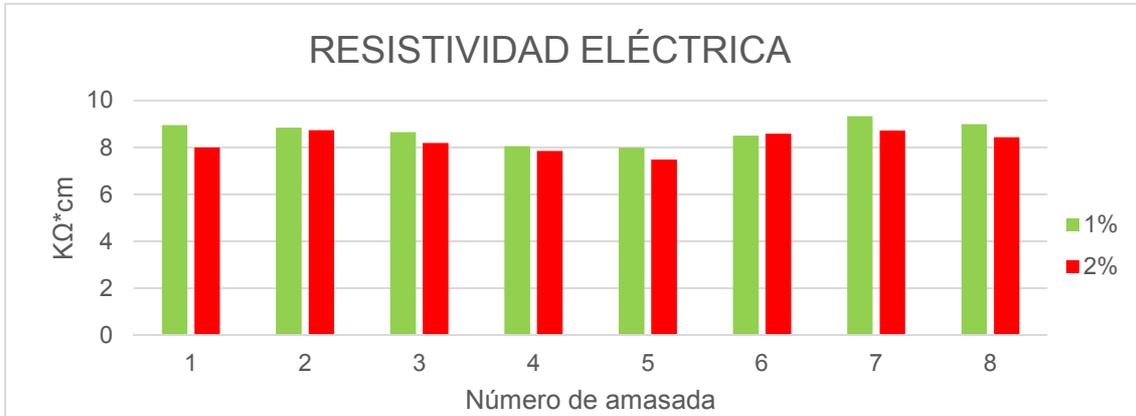


Gráfico 5. Comparación de resultados obtenidos de resistividad eléctrica en amasadas de 1 y 2% de aditivo

Complementariamente se ha determinado la velocidad de carbonatación en 30 probetas de hormigón procedentes de 12 amasadas fabricadas con la misma dosificación pero con distintas cantidades de aditivo¹; de ellas 7 se fabricaron sin aditivo y el resto con distintos porcentajes de aditivo: 1.0, 1.5 y 2%.

Se ha determinado la profundidad del frente de carbonatación, en el momento del ensayo el hormigón tenía una edad entre 18 y 24 meses, y las probetas se han conservado durante este tiempo en ambiente de laboratorio. Los resultados obtenidos demuestran que no es sensible el avance del frente de carbonatación ante la variación de la dosificación de aditivo.

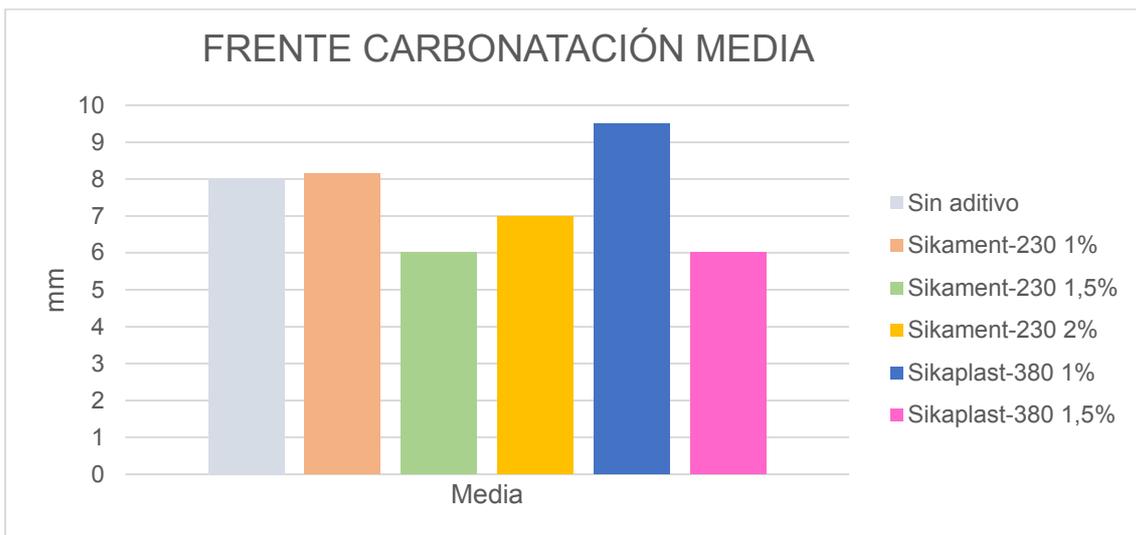


Gráfico 7. Valores medios de profundidad de frente de carbonatación

(1) Probetas fabricadas para la realización del Proyecto Final de Grado de Juan Flors. Véase referencia bibliográfica.

Otras características determinadas en el trabajo experimental, no tan directamente relacionadas con la durabilidad, han sido:

- la resistencia a compresión determinada en probeta cúbica de 15 cm de arista y cilíndrica de 15x30,
- la resistencia a tracción indirecta (ensayo brasileño),
- la docilidad y
- la densidad del hormigón fresco y endurecido.

Los valores obtenidos de resistencia a compresión manifiestan unos resultados de resistencia especialmente altos para la dosificación nominal empleada, lo que puede ser indicativo de que cuando se fabrica un hormigón con una relación agua/cemento estricta, se consiguen mayores resistencias, en este caso se ha secado en estufa previamente el árido fino por lo que se ha tenido controlada la cantidad de agua empleada en la confección del hormigón.

Los resultados obtenidos de resistencia a compresión manifiestan un ligero aumento de la resistencia a compresión para los hormigones con aditivo, esta tendencia ya ha sido referenciada ampliamente en la bibliografía.



Gráfico 12. Comparación resultados a compresión de distintas tipologías de amasadas

Como conclusión final, se puede decir que en el trabajo experimental realizado con unas condiciones muy cuidadas en la fabricación de las amasadas, con presencia de aditivo, en este caso superplastificante, en cantidades sensibles y utilizando un hormigón con dosificación rica en cemento (350 kg/m^3) y relación a/c, de 0.45, se evidencia que la cantidad de aditivo no tiene influencia en la durabilidad del hormigón, ello se ha manifestado midiendo tres características relacionadas con la durabilidad: impermeabilidad al agua, resistividad eléctrica y velocidad de carbonatación en hormigones con la misma dosificación pero distintas cantidades de aditivo.

Este comportamiento neutro del aditivo permite asumir en el control de producción del hormigón, que un ensayo de penetración de agua bajo presión, puede ser válido para varias designaciones de hormigón si la única variación es la cantidad de aditivo; por ejemplo, si un HA-30/B/20/IIIa y un HA-30/F/20/IIIa solo se diferencian en la cantidad de aditivo, un único ensayo sería válido para las dos designaciones.

10. BIBLIOGRAFÍA

"*Inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras*" Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento

Durabilidad de Estructuras de Hormigón. Guía de Diseño del CEB. Boletín GEHO nº 12. 1993

Guía para la Inspección y Evaluación Preliminar de estructuras de hormigón en edificios existentes. Generalitat Valenciana e Instituto Valenciano de la Edificación.

"*Materiales de construcción I*" UNIVERSIDAD JAUME I, 2006.

"*Materiales de construcción II*" UNIVERSIDAD JAUME I, 2007.

"*Influencia de la dosificación de aditivo en la permeabilidad del hormigón*" PFG. Juan Flors Catalán. 2014

Aditivos para concreto, una visión actual. SIKA SA, 2012.

UNE-EN 12350-2. Ensayo de hormigón fresco. Ensayo de asentamiento. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE-EN 12350-6. Ensayo de hormigón fresco. Determinación de la densidad. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2010.

UNE-EN 12350-7. Ensayo de hormigón endurecido. Densidad del hormigón endurecido. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE-EN 12390-3. Ensayos de hormigón endurecido. Determinación de resistencia a compresión de probetas. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE-EN 12390-6. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Resistencia a tracción indirecta de Probetas. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE-EN 12390-8. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8. Profundidad de penetración de agua bajo presión. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE 83988-2. Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistividad eléctrica. Parte 2: Método de las cuatro puntas o de Wenner. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE 83993-1. Durabilidad del hormigón. Determinación de la velocidad de penetración de carbonatación en hormigón endurecido. Parte 1. Método natural. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

UNE 112011. Corrosión en armaduras. Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION (CEN), 2009.

11. ANEJOS

11.1. ACTAS DE ENSAYO

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 01/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 03/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 1 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 01/04/2015	Salida: 04/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 04/04/2015	Salida: 07/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
1 ₀	2	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
1 ₀	0%	13,31	13,21	13,24	2516	2514

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
1 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	313,30	4.43

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
1 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1417	63,0
	0%C2		1450	64,5

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "T _m " (mm)	Máxima "Z _m " (mm)
1 ₀	0%	14	18

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%

A: 3-3 45

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 02/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 03/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 1 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreta	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 01/04/2015	Salida: 04/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 04/04/2015	Salida: 07/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
1 ₁	9	Blando				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
1 ₁	1%	13,25	13,15	13,19	2513	2507
	1%*	13,29	13,19	13,20		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
1 ₁	1%	Cilíndrica 15 x 30cm	298,7	4,23		
	1%*		317,7	4,49		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
1 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1500	66,7		
	1%C2		1515	67,3		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
1 ₁	1%	20	27			
	1%*	18	29			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

1/6

3-3-15

1%

3-3-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 03/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 06/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 2 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreta	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 04/04/2015	Salida: 07/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 07/04/2015	Salida: 10/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
2 ₀	2	Seco				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m³)
2 ₀	0%	13,34	13,24	13,25	2530	2516
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm²)		
2 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	341,2	4,83		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm²)		
2 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1417	63,0		
	0%C2		1398	62,1		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
2 ₀	0%	10	17			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%

6-3-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 04/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 06/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 2 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11.00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 04/04/2015	Salida: 07/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 07/04/2015	Salida: 10/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
2 ₁	7	Blando

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
2 ₁	1%	13,31	13,21	13,29	2513	2507
	1%*	13,36	13,26	13,27		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
2 ₁		Cilíndrica 15 x 30cm	324,2	4,59
			364,8	5,16

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
2 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1564	69,5
	1%C2		1577	70,1

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
2 ₁	1%	10	15
	1%*	6	14

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

10/10

OSCAR

6-3-15

6-3-15

1%

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 05/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 10/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 3 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreta	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 07/04/2015	Salida: 10/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 10/04/2015	Salida: 13/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
3 ₀	1	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
3 ₀	0%	13,38	13,27	13,29	2526	2524

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
3 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	341,7	4,83

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
3 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1419	63,1
	0%C2		1331	59,1

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
3 ₀	0%	18	22

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%
ÓSCAR
10.3.15

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 06/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 10/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 3 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 07/04/2015	Salida: 10/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 10/04/2015	Salida: 13/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
3 ₁	7	Blando

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
3 ₁	1%	13,39	13,28	13,29	2518	2511
	1%*	13,34	13,24	13,26		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
3 ₁	1%	Cilíndrica 15 x 30cm	340,3	4,81
	1%*		299,4	4,24

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
3 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1539	68,4
	1%C2		1532	68,1

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
3 ₁	1%	15	22
	1%*	22	31

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

1/6

OSCAR

10-5-13

1%

10-3-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 07/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 10/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 4 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 12:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 07/04/2015	Salida: 10/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 10/04/2015	Salida: 13/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
4 ₀	2	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
4 ₀	0%	13,31	13,20	13,22	2511	2513

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
4 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	273,7	3,87

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
4 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1356	60,3
	0%C2		1337	59,4

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "T _m " (mm)	Máxima "Z _m " (mm)
4 ₀	0%	20	30

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%*
ÖSCAR
10-3-15

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 08/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 24/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 5 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 21/04/2015	Salida: 24/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 24/04/2015	Salida: 27/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
5 ₀	1	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
5 ₀	0%	13,33	13,23	13,26	2532	2522

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
5 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	269,5	3,81

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
5 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1408	62,6
	0%C2		1389	61,7

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
5 ₀	0%	16	21

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%
24-3-15
ÓSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 09/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 26/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 6 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 24/04/2015	Salida: 27/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 27/04/2015	Salida: 30/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
6 ₀	1	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
6 ₀	0%	13,30	13,19	13,23	2526	2518

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
6 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	322,5	4,56

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
6 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1440	64,0
	0%C2		1477	65,6

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "T _m " (mm)	Máxima "Z _m " (mm)
6 ₀	0%	19	30

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%
26.4.15
OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 10/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 26/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 1 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 24/04/2015	Salida: 27/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 27/04/2015	Salida: 30/04/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
1 ₂	15	Fluido

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
1 ₂	2%	13,16	13,03	13,07	2514	2497
	2%*	13,22	13,12	13,13		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
1 ₂	2%	Cilíndrica 15 x 30cm	358,4	5,07
	2%*		356,1	5,04

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
1 ₂	2%C1	Cúbica de 15cm	1066	47,4
	2%C2		1157	51,4

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
1 ₂	2%	21	33
	2%*	13	25

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

2%

26.4-15

ÓSCAR

2%*

26-3-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 11/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 31/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 7 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 29/04/2015	Salida: 02/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 02/05/2015	Salida: 05/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
7 ₀	1	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
7 ₀	0%	13,28	13,18	13,21	2526	2516

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
7 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	327,7	4,85

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
7 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1434	63,7
	0%C2		1438	63,9

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
7 ₀	0%	21	32

Castellón a 31 de Octubre de 2015
 El operador:
 Óscar Gijón Peñarroja

0%

31.3-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 122015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 31/03/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 4 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 29/04/2015	Salida: 02/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 02/05/2015	Salida: 05/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
4 ₁	6	Blando				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
4 ₁	1%	13,21	13,11	13,13	2516	2505
	1%*	13,27	13,17	13,18		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
4 ₁	1%	Cilíndrica 15 x 30cm	327,3	4,63		
	1%*		299,1	4,23		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
4 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1565	69,6		
	1%C2		1577	70,1		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
4 ₁	1%	15	23			
	1%*	13	18			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

1%

OSCAR

31.3.15

1%

31-3-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 13/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 07/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 5 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreta	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 05/05/2015	Salida: 08/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 08/05/2015	Salida: 11/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
5 ₁	5	Plástico				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
5 ₁	1%	13,25	13,15	13,17	2514	2503
	1%*	13,28	13,18	13,19		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
5 ₁	1%	Cilíndrica 15 x 30cm	350,2	4,95		
	1%*		317,2	4,49		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
5 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1590	70,7		
	1%C2		1602	71,2		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
5 ₁	1%	16	17			
	1%*	12	19			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

17.

7-4-15

OSCAR

1%

7-4-15^x

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 14/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 09/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 6 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 08/05/2015	Salida: 11/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 11/05/2015	Salida: 14/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
6 ₁	5	Plástico				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
6 ₁	1%	13,15	13,04	13,06	2503	2494
	1%*	13,21	13,11	13,13		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
6 ₁	1%	Cilíndrica 15 x 30cm	345,5	4,89		
	1%*		318,5	4,51		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
6 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1546	68,7		
	1%C2		1488	66,1		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
6 ₁	1%	13	20			
	1%*	17	24			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

1%

9.4.15

OSCAR

1% *

9-4-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 15/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 09/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 7 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 08/05/2015	Salida: 11/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 11/05/2015	Salida: 14/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada		Cono (cm)		Tipo de asentamiento		
7 ₁		5		Plástico		

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
7 ₁	1%'	13,23	13,15	13,17	2509	2511
	1%*	13,28	13,18	13,19		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
7 ₁	1%'	Cilíndrica 15 x 30cm	339,3	4,80
	1%*		352,6	4,99

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
7 ₁	1%C3	Cúbica de 15cm	1486	66,1
	1%C4		1548	68,8

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
7 ₁	1%'	13	21
	1%*	7	16

Castellón a 31 de Octubre de 2015
 El operador:
 Óscar Gijón Peñarroja

1 %

9.4-15

OSCAR

9-4-15

10%*

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 16/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 14/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 8 ₀	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: Sin aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 1	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 12/05/2015	Salida: 15/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 15/05/2015	Salida: 18/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
8 ₀	1	Seco

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
8 ₀	0%	13,27	13,17	13,20	2526	2516

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
8 ₀	0%	Cilíndrica 15 x 30cm	342,7	4,85

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
8 ₀	0%C1	Cúbica de 15cm	1390	61,8
	0%C2		1416	62,9

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
8 ₀	0%	17	25

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

0%
OSCAR
14-4-15

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 17/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 14/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 8 ₁	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 1% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 12/05/2015	Salida: 15/04/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 15/05/2015	Salida: 18/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
8 ₁	3	Plástico				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
8 ₁	1%	13,17	13,08	13,11	2499	2501
	1%*	13,26	13,16	13,17		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
8 ₁	1%	Cilíndrica 15 x 30cm	336,8	4,76		
	1%*		367,7	5,20		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
8 ₁	1%C1	Cúbica de 15cm	1535	68,2		
	1%C2		1542	68,5		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
8 ₁	1%	18	29			
	1%*	14	18			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

1%

14.4-15

OSCAR

14-4-15

1%

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 18/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 21/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 2 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 19/05/2015	Salida: 22/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 22/05/2015	Salida: 25/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
2 ₂	11	Fluido				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
2 ₂	2%	13,20	13,10	13,12	2516	2505
	2%*	13,25	13,15	13,17		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
2 ₂	2%	Cilíndrica 15 x 30cm	304,5	4,31		
	2%*		327,0	4,63		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
2 ₂	2%C1	Cúbica de 15cm	1551	68,9		
	2%C2		1547	68,8		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
2 ₂	2%	15	30			
	2%*	13	19			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

¹
2%

21-4-15

OSCAR

2

2%

21-4-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 19/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 21/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 3 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 19/05/2015	Salida: 22/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 22/05/2015	Salida: 25/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
3 ₂	11	Fluido

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
3 ₂	2%`	13,16	13,06	13,09	2520	2509
	2%*`	13,26	13,16	13,17		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
3 ₂	2%`	Cilíndrica 15 x 30cm	273,3	3,87
	2%*`		286,9	4,06

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
3 ₂	2%C3	Cúbica de 15cm	1554	69,1
	2%C4		1502	66,7

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
3 ₂	2%`	18	28
	2%*`	16	25

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

3

2⁰/₀'

21-4-15

OSCAR

4

2%

21-4-15

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 20/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 23/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 4 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreta	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 22/05/2015	Salida: 25/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 25/05/2015	Salida: 28/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
4 ₂	13	Fluido

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
4 ₂	2%	13,20	13,10	13,15	2524	2509
	2%*	13,24	13,14	13,16		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
4 ₂	2%	Cilíndrica 15 x 30cm	324,0	4,58
	2%*		288,4	4,08

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
4 ₂	2%C1	Cúbica de 15cm	1524	67,8
	2%C2		1569	69,8

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
4 ₂	2%	25	29
	2%*	21	31

Castellón a 31 de Octubre de 2015
 El operador:
 Óscar Gijón Peñarroja

1

23-4-15

29

OSCAR

23-4-15

20%

2

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 21/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 23/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 5 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreta	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 22/05/2015	Salida: 25/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 25/05/2015	Salida: 28/05/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
5 ₂	14	Fluido				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
5 ₂	2%`	13,14	13,04	13,09	2516	2503
	2%*`	13,15	13,05	13,07		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6					Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
Amasada	Probeta	Forma probeta				
5 ₂	2%`	Cilíndrica 15 x 30cm	301,5	4,27		
	2%*`		309,8	4,38		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6					Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
Amasada	Probeta	Forma probeta				
5 ₂	2%C3	Cúbica de 15cm	1456	64,7		
	2%C4		1445	64,2		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
5 ₂	2%`	25	32			
	2%*`	19	27			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

3

23-41-15

2⁰/₀'

OSCAR

23-4-15

2% ' x
4

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 22/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 28/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 6 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 9:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 26/05/2015	Salida: 29/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 29/05/2015	Salida: 01/06/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2		
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento
6 ₂	7	Blando

DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
6 ₂	2%	13,27	13,17	13,19	2514	2509
	2%*	13,22	13,12	13,13		

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
6 ₂	2%	Cilíndrica 15 x 30cm	260,1	3,68
	2%*		312,0	4,41

RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6				
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)
6 ₂	2%C1	Cúbica de 15cm	1620	72,0
	2%C2		1573	69,9

PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8			
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)
6 ₂	2%	16	28
	2%*	11	19

Castellón a 31 de Octubre de 2015
 El operador:
 Óscar Gijón Peñarroja

28.4.15

2%

1

OSCAR

28-4-15

2%*

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 23/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 28/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 7 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 11:00 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 26/05/2015	Salida: 29/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 29/05/2015	Salida: 01/06/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
7 ₂	9	Blando				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
7 ₂	2%`	13,26	13,16	13,18	2522	2511
	2%*`	13,28	13,18	13,19		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
7 ₂	2%`	Cilíndrica 15 x 30cm	275,4	3,90		
	2%*`		293,6	4,15		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
7 ₂	2%C3	Cúbica de 15cm	1537	68,3		
	2%C4		1550	68,9		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
7 ₂	2%`	18	28			
	2%*`	16	24			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

28-4-15

201

3

OSCAR

28-4-15

2%*

OSCAR

Nº DE ACTA DE ENSAYOS: 24/2015
FECHA FABRICACIÓN AMASADA: 28/04/2015

DATOS GENERALES		
Peticionario: Universitat Jaume I. Departamento de Construcciones Arquitectónicas		
Obra: PFG_Óscar Gijón Peñarroja		
Laboratorio: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales		
DATOS DEL HORMIGÓN A ENSAYAR		
Designación: HA-35/B/IIIa	Referencia amasada: 8 ₂	Certificación
Identificación cemento: CEM II/A-L 42.5R	Fabricante: Elite	Marca AENOR
Identificación del árido: Calizo de machaqueo	Fabricante: Cantera la Torreña	Marca AIDICO
Identificación del aditivo: SIKAPLAST-380	Fabricante: SIKA	Marca AENOR
DOSIFICACIÓN		
Contenido de cemento: 350 kg/m ³	Arena triturada lavada y secada en estufa 0/4: 822 kg/m ³	
Contenido de agua: 158 kg/m ³	Gravilla 4/11 triturada: 270 kg/m ³	
Relación agua/cemento: 0.45	Grava 10/20 triturada: 800 kg/m ³	
Contenido de aditivo: 2% aditivo referido a peso de cemento		
DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA		
Fecha fabricación y toma de muestra: 03/03/2015	Hora: 12:30 h	
Condiciones ambientales: Ambiente del laboratorio		
Forma de la probeta: Cilíndrica Ø15 x 30cm	Nº probetas: 2	Compactación: Picado con barra
Forma de la probeta: Cúbica de 15 x 15cm	Nº probetas: 2	
Conservación de las probetas: 24 horas en ambiente de laboratorio y 27 días en cámara de curado		
OTROS DATOS PARA ENSAYO PENETRACIÓN DE AGUA		
Secado en estufa a 50 °C	Entrada: 26/05/2015	Salida: 29/05/2015
Penetración de agua bajo presión de 5 bar	Entrada: 29/05/2015	Salida: 01/06/2015

RESULTADOS OBTENIDOS

ASENTAMIENTO: MEDIDA DE CONO DE ABRAMS según UNE-EN 12350-2						
Amasada	Cono (cm)	Tipo de asentamiento				
8 ₂	8	Blando				
DENSIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN UNE-EN 12390-7						
Amasada	Probeta	Peso antes estufa P.A.E. (Kg)	Peso después estufa P.D.E. (Kg)	Peso después agua P.D.A. (Kg)	Densidad hormigón fresco (Kg/m ³)	Densidad hormigón endurecido (Kg/m ³)
8 ₂	2%``	13,24	13,14	13,16	2518	2511
	2%''*	13,26	13,16	13,17		
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (BRASILEÑO) según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
8 ₂	2%``	Cilíndrica 15 x 30cm	315,8	4,47		
	2%''*		274,5	3,88		
RESISTENCIA A COMPRESIÓN según UNE-EN 12390-6						
Amasada	Probeta	Forma probeta	Carga aplicada (KN)	Resistencia (N/mm ²)		
8 ₂	2%C5	Cúbica de 15cm	1577	70,1		
	2%C6		1559	69,3		
PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN según UNE-EN 12390-8						
Amasada	Probeta	Media "Tm" (mm)	Máxima "Zm" (mm)			
8 ₂	2%``	13	17			
	2%''*	13	21			

Castellón a 31 de Octubre de 2015

El operador:

Óscar Gijón Peñarroja

28-4-15

$2\frac{0}{3}''$

OSCAR

28-4-15

2 1/2" x

OSCAR

11.2. CERTIFICADOS DE LOS MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN

Hoja de Datos de Producto

Edición 28/06/2010
 Identificación n.º 2.1.18
 Versión n.º 1
 SikaPlast®-380

SikaPlast®
 Powered by ViscoCrete®

SikaPlast®-380

Superplastificante de alto rango para hormigones

2.1.18

Descripción del Producto	<p>Aditivo superplastificante de alto rendimiento para la fabricación de todo tipo de hormigones realizados en plantas de hormigón preparado; especialmente aquellos con consistencia fluida mejorando su bombeabilidad.</p> <p>No ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras debido a que es un producto exento de cloruros</p>
Usos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aditivo muy adecuado para mezclas "robustas", donde existen frecuentes variaciones en las materias primas y en la humedad de éstas ■ Realización de todo tipo de hormigones, mejorando considerablemente la consistencia y facilidad de colocación de los mismos ■ El hormigón puede transportarse a largas distancias sin pérdida de trabajabilidad ■ Apto para la confección de hormigón autocompactante ■ La segregación y exudación de agua en el hormigón se ven muy disminuidas
Características/Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Facilita notablemente la colocación o puesta en obra de los hormigones, mejorando la adherencia a las armaduras. ■ Aumento de la densidad del hormigón mejorando sus resistencias mecánicas, durabilidad e impermeabilidad . ■ Incrementa la estabilidad y la cohesión de las mezclas. ■ Mejora notablemente el acabado superficial de los hormigones. ■ Por su alto poder de reducción de agua, optimiza al máximo las mezclas, economizando el precio del m3 de hormigón ■ Ventajas estéticas. Aditivo válido para hormigón blanco. ■ Reducción o eliminación total del proceso de vibrado en el hormigón
Certificados/Normas	Cumple con la Norma UNE -EN 934-2. Grupo 11: Reductor de agua/ Retardante/ Superplastificante

Datos del Producto

Forma

Apariencia/color Líquido verde

Presentación Contenedores de 1 m³. Bajo pedido puede suministrarse a granel.

Almacenamiento

Condiciones de almacenamiento/Conservación 12 meses desde su fecha de fabricación, en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados . En lugar seco y fresco protegiéndolos de las heladas y el frío excesivo, a una temperatura entre +5 °C y +30 °C.

Proteger de la exposición a luz directa del sol.

Datos Técnicos

Composición química Polímeros modificados en solución acuosa

Densidad (20°C) Aprox. 1,1 kg/l.



Contenido de sólidos	Aprox. 25%
Valor del pH	Aprox. 5
Información del Sistema	
Detalles de Aplicación	
Consumo/Dosificación	Según las propiedades deseadas, SikaPlast®-380 se dosificará entre el 0.5% y el 1.8% del peso del cemento
Instrucciones de Aplicación	<p>Añadir en el agua de amasado o en la mezcladora al mismo tiempo que el agua.</p> <p>Se recomienda amasar el hormigón para la perfecta homogenización y actuación del aditivo.</p> <p>SikaPlast® 380 puede utilizarse en combinación con otros aditivos Sika.</p> <p>Se recomienda realizar ensayos previos para determinar las dosificaciones adecuadas.</p>
Notas de aplicación/Límites	<p>Con heladas intensas y prolongadas, SikaPlast®-380 puede helarse, pero una vez deshelado lentamente y agitado cuidadosamente y verificando que no se haya desestabilizado, puede emplearse sin problemas.</p> <p>Debido a la acción de los rayos del sol, el producto puede perder su coloración, sin que esto afecte a las propiedades del producto.</p> <p>Para cualquier aclaración rogamos consulten con nuestro Departamento Técnico.</p>
Nota	Todos los datos técnicos de esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias que escapan de nuestro control.
Instrucciones de Seguridad e Higiene	Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.
Notas Legales	Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario de los productos debe realizar pruebas para comprobar su idoneidad de acuerdo con el uso que se le quiere dar. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Producto local, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página "www.sika.es".



**OFICINAS CENTRALES
Y FABRICA**

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
Carretera de Fuencarral, 72
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38

**OFICINAS CENTRALES
Y CENTRO LOGÍSTICO**

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
C/ Aragoneses, 17
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38



AIDICO CERTIFICACIÓN S.L.
 Certifica
CANTERA LA TORRETA, S.A.

Instalaciones	Alcance (Áridos)	Documento normativo	Fecha de concesión
Camino Romeral, s/n 12080 - Castellón	Árido de machaqueo grueso lavado ,10/20 todos los ambientes, excepto H y F. Uso: HM, HA, HP (10/20-T-C)	EHE-08 UNE EN 12620:2003 + A1:2009	22/12/2010
	Árido de machaqueo fino no lavado 0/4 todos los ambientes, , excepto H y F. Uso: HM, HA, HP (0/4 -T-C)		
	Árido de machaqueo grueso lavado ,4/11 todos los ambientes, , excepto H y F. Uso: HM, HA, HP (4/11-T-C)		
	Árido de machaqueo fino lavado 0/4 todos los ambientes, , excepto H y F. Uso: HM, HA, HP (0/4 -T-C)		
	Árido de machaqueo grueso lavado ,10/20 ambientes H y F, Uso: HM, HA, HP (10/20-T-C)		08/03/2011
	Árido de machaqueo fino no lavado 0/4 ambientes H y F, Uso: HM, HA, HP (0/4 -T-C)		
	Árido de machaqueo grueso lavado ,4/11 ambientes H y F, Uso: HM, HA, HP (4/11-T-C)		
	Árido de machaqueo fino lavado 0/4 ambientes H y F, Uso: HM, HA, HP (0/4 -T-C)		

La validez del presente certificado es hasta la fecha de expiración, salvo retirada o renuncia de la certificación.

Puede comprobarse la vigencia de la certificación a través del teléfono 96 131 82 78 ó la página web www.aidico.es

Fecha de Actualización: **13/01/2014**

Fecha de Expiración: **22/12/2016**


Ramón Congost Vallés
 Presidente **AIDICO CERTIFICACIÓN S.L.**

Actividades de evaluación de la conformidad:

1. Auditoría sistema de calidad
2. Inspección del proceso productivo / producto
3. Ensayos sobre muestras tomadas en producción
4. Ensayos sobre muestras tomadas en mercado



ORGANISMO NOTIFICADO Nº 1170
NOTIFIED BODY Nº 1170

Organismo de Control Autorizado acreditado
por ENAC con acreditación n° OC-P/230
Authorized Control Body accredited by ENAC
with accreditation n° OC-P/230



CERTIFICADO Nº / CERTIFICATE Nº
1170/CPR/AR.00008

Suministrado por / Supplied by:
CANTERA LA TORRETA, S.A.U.
Fabricado en / Manufactured in:
Camino Romeral, s/n
12080 – Castellón

ALCANCE: ÁRIDOS
SCOPE: AGGREGATES

Norma / Standard:	Tamaño (Designación Comercial) / Size (Trade Name):	Fecha de concesión / Date of issue
EN 13139:2002 EN 13139:2002/AC:2004 Áridos para Morteros / Aggregates for mortar	0/2	24/06/2005
	0/2 (0/2 lavado)	30/07/2004
	0/4 (0/4 lavado)	
	0/4	
EN 13383-1:2002 EN 13383-1:2002/AC:2004 Escolleras / Armourstone	0/2 (arena 0/2 de mina)	11/04/2008
	45/125 mm	30/07/2004
	90/250 mm	
	15 a 300 Kg	
1000 a 3000 Kg		
EN 12620:2002+A1:2008 Áridos para Hormigón / Aggregates for concrete	0/4	30/07/2004
	0/4 (0/4 lavado)	
	0/5	
	4/11	
	4/11 (4/11 lavado)	
	22/45	05/11/2004
	0/2 (0/2 lavado)	
	0/2	24/06/2005
	0/22 (0/22 planché lavado)	30/09/2005
	0/11 (0/11 planché lavado)	
	0/45 (0/45 planché lavado)	
	16/3 1.5	12/06/2009
	10/20	
	2/6 (2/6 lavado)	16/07/2009
2/6 (2/6 seco)		
10/20 (10/20 seco)	04/09/2009	
EN 13043:2002 EN 13043:2002/AC:2004 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas / Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other traff	0/4	30/07/2004
	0/4 (0/4 lavado)	
	0/5	
	4/11	
	4/11 (4/11 lavado)	
	22/45	11/06/2012
0/2		

La fecha de concesión corresponde a la certificación en base a la Directiva 89/106/CEE del Consejo de las Comunidades Europeas, de 21 de diciembre de 1988, respecto a la edición en vigor de la norma en el momento de dicha concesión / The date of issue corresponds to certification on the basis of the Directive 89/106/EEC of the Council of European Communities of December 21, 1988, concerning the valid standard at the time of certification.

En la portada de este certificado se puede consultar la fecha de actualización
Puede comprobarse la vigencia del certificado en la página web www.aidico-certificacion.es
The validity of the certificate can be verified in the web page www.aidico-certificacion.es


Ramón Congost Vallés
Presidente AIDICO CERTIFICACIÓN S.L.

Este certificado permanece válido mientras las condiciones descritas en las especificaciones técnicas armonizadas de referencia permanezcan en vigor o las condiciones de producción de la fábrica o del control de producción en fábrica no varíen significativamente o hasta notificación en contra. El fabricante deberá informar a AIDICO CERTIFICACIÓN S.L. sobre cualquier modificación en las condiciones de la producción de la fábrica o del control de producción en fábrica / This certificate remains valid as long as the conditions laid down in the harmonised technical specification in reference or the manufacturing conditions in the factory or the factory production control itself are not modified significantly or unless otherwise stated. The manufacturer shall inform AIDICO CERTIFICACIÓN S.L. of any modifications to the conditions in the factory or the factory production control.

AIDICO CERTIFICACIÓN S.L. es actualmente una sociedad unipersonal.
València Parc Tecnològic, Avenida Benjamín Franklin, 19 46980 Paterna (Valencia)



ORGANISMO NOTIFICADO Nº 1170
NOTIFIED BODY Nº 1170

Organismo de Control Autorizado acreditado
por ENAC con acreditación nº OC-P/230
Authorized Control Body accredited by ENAC
with accreditation nº OC-P/230



CERTIFICADO Nº / CERTIFICATE Nº
1170/CPR/AR.00008

Suministrado por / Supplied by:
CANTERA LA TORRETA, S.A.U.

Fabricado en / Manufactured in:
Camino Romeral, s/n
12080 – Castellón

ALCANCE: ÁRIDOS
SCOPE: AGGREGATES

Norma / Standard:	Tamaño (Designación Comercial) / Size (Trade Name):	Fecha de concesión / Date of issue
EN 13043:2002 EN 13043:2002/AC:2004 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas / Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other traff	16/31.5 10/20	12/06/2009
	2/6 (2/6 lavado) 2/6 (2/6 seco)	16/07/2009
	10/20 (10/20 seco)	04/09/2009
EN 13242:2002+A1:2007 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes / Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction	0/22.4 (0/22.4 A) 0/22.4 (0/22.4 M) 0/32 (0/32 A) 0/32 (0/32 M) 0/80 (0/80 suelo seleccionado)	30/07/2004
	0/2 (0/2 lavada) 0/2 (0/2 triturada) 0/4 (0/4 lavada) 0/4 (0/4 triturada) 4/11 (4/11 lavada) 4/11 (4/11 seca) 0/11 (0/11 planché lavado) 0/22 (0/22 planché lavado) 0/45 (0/45 planché lavado) 22/45 (22/45 seca)	09/06/2006
	16/31.5 10/20	12/06/2009
	2/6 (2/6 lavado) 2/6 (2/6 seco)	16/07/2009
	10/20 (10/20 seco)	04/09/2009
	40/63	05/03/2010

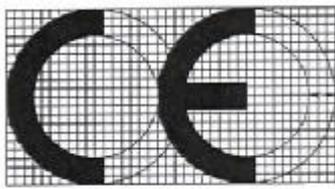
La fecha de concesión corresponde a la certificación en base a la Directiva 89/106/CEE del Consejo de las Comunidades Europeas, de 21 de diciembre de 1988, respecto a la edición en vigor de la norma en el momento de dicha concesión / The date of issue corresponds to certification on the basis of the Directive 89/106/EEC of the Council of European Communities of December 21, 1988, concerning the valid standard at the time of certification.

En la portada de este certificado se puede consultar la fecha de actualización
Puede comprobarse la vigencia del certificado en la página web www.aidico-certificacion.es
The validity of the certificate can be verified in the web page www.aidico-certificacion.es


Ramón Congost Vallés
Presidente AIDICO CERTIFICACIÓN S.L.

Este certificado permanece válido mientras las condiciones descritas en las especificaciones técnicas armonizadas de referencia permanezcan en vigor o las condiciones de producción de la fábrica o del control de producción en fábrica no varíen significativamente o hasta notificación en contra. El fabricante deberá informar a AIDICO CERTIFICACIÓN S.L. sobre cualquier modificación en las condiciones de la producción de la fábrica o del control de producción en fábrica / This certificate remains valid as long as the conditions laid down in the harmonised technical specification in reference or the manufacturing conditions in the factory or the factory production control itself are not modified significantly or unless otherwise stated. The manufacturer shall inform AIDICO CERTIFICACIÓN S.L. of any modifications to the conditions in the factory or the factory production control.

AIDICO CERTIFICACIÓN S.L. es actualmente una sociedad unipersonal.
València Parc Tecnològic, Avenida Benjamín Franklin, 19 46980 Paterna (Valencia)

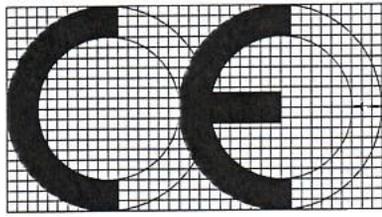


1170

CANTERA LA TORRETA, S.A.U.
 C/ Grecia 31, Ciudad del Transporte – 12006
 Castellón
 Centro de producción: Camino Romeral, s/n
 12080 Castellón
 04

023 - Grava triturada 10/20

Declaración de prestaciones n°: DP 1-12620 EN 12620:2002 + A1:2008 Áridos para hormigón (hormigón estructural, pavimentos de hormigón para carreteras y hormigones para prefabricados y otros usos).		Declaración de prestaciones n°: DP 1-13043 EN 13043:2002 EN 13043:2002 / AC:2004 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.		Declaración de prestaciones n°: DP 1-13242 EN 13242:2002 + A1:2007 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.	
Granulometría	Categoría: G _{C85/20} (*)	Granulometría	Categoría: G _{C85/20} (*)	Granulometría	Categoría: G _{C80/20} (*)
Contenido en finos	f _{1,5}	Contenido en finos	f ₁	Forma del árido grueso	FI20
Forma de las partículas	FI ₁₅	Forma del árido grueso	FI ₁₅	Porcentaje de caras fracturadas del árido grueso	C90/3
Calidad de los finos	No aplica	Porcentaje de caras fracturadas o machacadas de áridos gruesos.	C _{100/0}	Calidad de los finos	No aplica
Resistencia a la fragmentación del árido grueso (LA)	LA ₃₅	Calidad de los finos (AM)	No aplica	Resistencia a la fragmentación / machaqueo del árido grueso (LA)	LA ₃₅
Densidad de las partículas	2,700 Mg/m ³	Resistencia a la fragmentación / machaqueo del árido grueso(LA)	LA ₄₀	Azufre total	S ₁
Absorción de agua	1,5 %	Densidad de las partículas	2,700 Mg/m ³	Sulfatos solubles en ácido	AS _{0,2}
Resistencia al pulimento del árido grueso (CPA)	CPA ₄₀	Resistencia al pulimento del árido grueso (PSV)	PSV ₄₀	Estabilidad en volumen	No aplica
Resistencia al hielo – deshielo del árido grueso (SM).	SM ₁₈			(*) Declaración de la granulometría característica	
Cloruros	0,03 %			Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa (en masa)
Azufre total	1,0 % - CUMPLE			20	97 ± 10
Sulfatos solubles totales	AS _{0,2}			16	75 ± 20
Contaminantes orgánicos ligeros	0,5 %			14	38 ± 15
Contaminantes orgánicos	No aplica			12,5	18 ± 15
Reactividad álcali - sílice	No existe posibilidad según estudio petrográfico			10	3 ± 3
				5	1 ± 1



1170

Declaración de prestaciones n°: DP 1-12620 EN 12620:2002 + A1:2008 Áridos para hormigón (hormigón estructural, pavimentos de hormigón para carreteras y hormigones para prefabricados y otros usos).		Declaración de prestaciones n°: DP 1-13043 EN 13043:2002 EN 13043:2002 / AC:2004 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.		Declaración de prestaciones n°: DP 1-13242 EN 13242:2002 + A1:2007 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.			
Granulometría	Categoría: G _C 85/20(*)	Granulometría	Categoría: G _C 85/20(*)	Granulometría	Categoría: G _C 80-20(*)		
Contenido en finos	f _{1,5}	Contenido en finos	f ₂	Forma del árido grueso	FI20		
Forma de las partículas	FI ₁₅	Forma del árido grueso	FI ₁₅	Porcentaje de caras fracturadas del árido grueso	C90/3		
Calidad de los finos	No aplica	Porcentaje de caras fracturadas o machacadas de áridos gruesos.	C _{100/0}	Calidad de los finos	No aplica		
Resistencia a la fragmentación del árido grueso (LA)	LA ₃₅	Calidad de los finos (AM)	No aplica	Resistencia a la fragmentación / machaqueo del árido grueso (LA)	LA ₃₅		
Densidad de las partículas	2,700 Mg/m ³	Resistencia a la fragmentación / machaqueo del árido grueso(LA)	LA ₄₀	Azufre total	S ₁		
Absorción de agua	1,5 %	Densidad de las partículas	2,700 Mg/m ³	Sulfatos solubles en ácido	AS _{0,2}		
Resistencia al pulimento del árido grueso (CPA)	CPA ₄₀	Resistencia al pulimento del árido grueso (PSV)	PSV ₄₀	Estabilidad en volumen	No aplica		
Resistencia al hielo – deshielo del árido grueso (SM).	SM ₁₈			(*) Declaración granulometría típica			
Cloruros	0,03 %					Tamiz	Porcentaje que pasa (en masa)
Azufre total	1,0 % - CUMPLE					11,2	86 ± 10
Sulfatos solubles totales	AS _{0,2}					8	41 ± 25
Contaminantes orgánicos ligeros	0,5 %					5,6	9 ± 15
Contaminantes orgánicos	No aplica					4	2 ± 10
Reactividad álcali - sílice	No existe posibilidad según estudio petrográfico			2	1,2 ± 5		



Nº de Certificado: **00675**

AIDICO CERTIFICACIÓN S.L.
 Certifica
ELITE CEMENTOS, S.L.

INSTALACIONES	ALCANCE (CEMENTO)	DOCUMENTO NORMATIVO	FECHA DE CONCESIÓN
Dársena Sur Puerto Castellón s/n Parcela Elite cementos - 12100 (Castellón)	Cemento Portland con caliza EN 197-1 CEM I/A-L 42,5 R	RC-08, EN 197-1:2011	13/10/2009

La validez del presente certificado es hasta la fecha de expiración, salvo retirada o renuncia de la certificación.

Puede comprobarse la vigencia de la certificación a través del teléfono 96 131 82 78 ó la página web www.aidico.es

Fecha de Actualización: **26/06/2015**

Fecha de Expiración: **13/10/2018**



Firmado digitalmente por
 FERNANDO SAMUEL
 PALOMARES ORTIZ
 Nombre de reconocimiento
 (DN): cn=FERNANDO
 SAMUEL PALOMARES ORTIZ,
 serialNumber=158534959,
 givenName=FERNANDO
 SAMUEL, sn=PALOMARES
 ORTIZ, ou=Ciudadanos,
 ou=ACCV, ca=ES



AIDICO CERTIFICACIÓN S.L.

Actividades de evaluación de la conformidad:

1. Auditoría sistema de calidad
2. Inspección del proceso productivo / producto
3. Ensayos sobre muestras tomadas en producción
4. Ensayos sobre muestras tomadas en mercado

EMPRESA: ELITE CEMENTS S.L.
 FABRICA: Castellón de la Plana

Nº Cert. de constancia de prestaciones:
 Nº Certificado Marca producto:

1170/CPR/CT.00606
 00675

CARACTERISTICAS QUIMICAS

	Media mensual	Especificaciones según UNE-EN 197-1
Contenido en sulfatos (%)	3,17	≤ 4%
Contenido en Cloruros (%)	0,03	≤ 0.1%
Contenido en Cr VI (%)	0,0000	≤ 0.0002%

CARACTERISTICAS FISICAS

	Media mensual	Especificaciones según UNE-EN 197-1
Inicio de fraguado (min)	260	≥ 60 min
Fin de fraguado (min)	310	≤ 12 h
Estabilidad en volumen (mm)	0,2	≤ 10 mm

CARACTERISTICAS MECANICAS

	Media mensual	Especificaciones según UNE-EN 197-1
Resistencia a compresión a 2 días (MPa)	28,6	≥ 20 MPa
Resistencia a compresión a 28 días (MPa)	51,5	≥ 42.5 Mpa ≤ 62,5 Mpa

COMPOSICION DEL CEMENTO

	Media mensual	Especificaciones según UNE-EN 197-1
Clinker (%)	83,9	80 - 94 %
Componentes secundarios (%)	11,2	6 - 20 %
Componentes minoritarios (%)	4,9	≤ 5%

Periodo de análisis: Junio de 2014
 Fecha de actualización: 19/08/2014



1170

