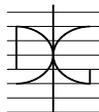


Trabajo de Investigación CST/MIH

Verificación de las prestaciones equivalentes de hormigones sostenibles

Por:
Sonia Rodríguez Valenzuela

Junio 2014

Autor / Author: Sonia Rodríguez Valenzuela		Fecha / Date: 30/06/2014
Título / Title Verificación de las prestaciones equivalentes de hormigones sostenibles		
Directores del trabajo / Supervisores: Pedro Serna Ros	Código / Code: CST/MIH	Nº páginas / Pages: 93
Departamento / Departament: INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL		
Universidad / University: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Palabras clave / Keywords: Verificación, prestaciones, hormigón, sostenibilidad, clasificación impacto ambiental, acreditación, certificación.		
Código Unesco: 3312/08 – Propiedades de los materiales		

AGRADECIMIENTOS

Para comenzar, quiero agradecer a Pedro Serna su paciencia con mis horarios y circunstancias. Gracias por confiar en que finalizaría (antes o después) esta tesis de Máster.

Continuar con mi formación en plena vorágine laboral ha supuesto un gran esfuerzo recompensado por las buenas experiencias recibidas durante las clases del Máster con los compañeros y con el fantástico equipo docente de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universitat Politècnica de València.

He podido compaginar este trabajo con mi actividad profesional diaria, esto se lo debo especialmente a algunos compañeros de trabajo, por su generosidad y amistad demostrada. Cito especialmente a Luis Miguel, mi socio en el proyecto europeo de investigación SUSTCON-EPV. El resto sabéis quiénes sois y cuánto os estimo.

El camino recorrido no ha sido sencillo ya que, durante el mismo, además he sido madre de mis tres maravillosos hijos, Miguel y los mellizos Carmen y Ferrán.

En especial, gracias a la persona que siempre está a mi lado, animándome a seguir adelante con energía e ilusión. Gracias José Vicente.

Finalmente, gracias a mi familia por su apoyo y comprensión cuando necesito esa ayuda extra para poder terminar todo lo que comienzo.

Sonia Rodríguez Valenzuela

Junio 2014

RESUMEN

El vigente Reglamento (UE) 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo del 2011 regula que la mayoría de productos de construcción debe disponer de la certificación obligatoria denominada marcado CE. Actualmente no está previsto que el producto hormigón disponga de esta certificación para poder ser comercializado, por múltiples razones.

En este trabajo se inicia una línea de investigación para establecer qué prestaciones técnicas mínimas debe cumplir un hormigón y cómo es posible que un organismo, que actúe como tercera parte independiente, pueda validar o certificar dichas prestaciones a través de inspecciones a los centros de producción, realización de ensayos de contraste, etcétera.

Fruto de toda la evaluación se concederá una marca de reconocimiento internacional con el fin de facilitar la introducción en el mercado de hormigones basados en prestaciones. Esto quiere decir que se busca un sistema o idioma común que facilite la comunicación entre el proveedor de hormigón y sus clientes a través del intercambio del *certificado de prestaciones*. Este documento contiene las prestaciones del producto declaradas por el fabricante y avaladas por una entidad de certificación, con el fin de que el cliente tenga confianza en la declaración recibida de su proveedor.

Esta certificación se puede conceder a hormigones que cumplan las reglamentaciones que le sean de aplicación; dejando una puerta abierta a hormigones que, no cumpliéndolas estrictamente, puedan demostrar unas prestaciones valorables por el cliente o usuario, donde se incluyen las especificadas por el autor del proyecto: tipo de hormigón (autocompactante, con fibras, con árido reciclado, ligero, etcétera), resistencia mecánica del material, durabilidad en función del ambiente de exposición y cualquier otra que sea de interés. A este último tipo de hormigones se les denominará *innovadores* en este TFM.

Para otorgarle la garantía y aval mencionado junto con la característica de internacionalidad buscada, de los sistemas de certificación/verificación existentes en el mercado, se ha seleccionado la certificación denominada ETV (Environmental Technology Verification), aplicable a tecnología innovadora, por relacionar conceptos como la innovación y la sostenibilidad. Esta tecnología se adaptará al hormigón, producto de construcción, en este TFM.

Además de las prestaciones técnicas ampliamente reguladas en el mercado internacional del hormigón, se ha considerado la prestación de *contribución a la sostenibilidad*; se evaluará el impacto al medioambiente, basado inicialmente en mediciones de CO₂. Esta prestación se declarará en base a estas mediciones a través de su clasificación mediante un sistema que se ha desarrollado en este TFM y que permite clasificar los hormigones en función de la disminución de las emisiones de este gas respecto a su patrón de referencia.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN	3
INDICE DE CONTENIDOS.....	4
CAPÍTULO 1 Introducción.....	6
1 PLANTEAMIENTO GENERAL.....	7
2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
3 OBJETIVOS.....	9
4 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	10
CAPÍTULO 2 Estado del Arte.....	11
1 INTRODUCCIÓN	12
2 MERCADO CE.....	12
2.1 ¿Qué es el Mercado CE de productos de construcción?.....	12
M/515.....	18
2.2 Agentes que participan en el mercado CE.....	18
2.3 Procedimiento de evaluación de la conformidad	20
2.4 Documentación del Mercado CE	24
2.5 Mercado CE de productos relacionados con el hormigón	25
3 CERTIFICACIÓN DE PRESTACIONES	30
3.1 Introducción al sistema Environmental Technology Verification (ETV).....	30
3.2 Protocolo General de Verificación (GVP)	35
3.3 Área tecnológica de interés para el hormigón.....	37
3.4 Prestaciones técnicas del hormigón	38
3.5 Clasificación del nivel de contribución del hormigón a la sostenibilidad	39
CAPÍTULO 3 Propuesta de la estructura del sistema de certificación.....	43
1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN	44
2 PROTOCOLO GENERAL DE VERIFICACIÓN (GVP).....	46
3 PRESTACIONES DEL HORMIGÓN	54
4 ENSAYOS SELECCIONADOS.....	55
4.1 Durabilidad.....	55
4.2 Prestaciones reológicas	56

4.3 Prestaciones físico-mecánicas	56
4.4 Sostenibilidad	57
CAPÍTULO 6 Verificación práctica de la propuesta de certificación	59
PILOTO 1: fabricación de hormigón HA-25/B/20/IIa	60
PILOTO 2: fabricación de hormigón ligero utilizando cáscara de coco	62
PILOTO 3: fabricación de hormigón autocompactante para aplicaciones en elementos prefabricados de hormigón no estructural (bancos y vallas).....	73
CAPÍTULO 7 Conclusiones y futuras líneas de investigación	84
1 CONCLUSIONES	85
1.1 Mercado CE vs. ETV	86
1.2 Prestaciones técnicas del hormigón	88
2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	88
BIBLIOGRAFÍA	90

CAPÍTULO 1 Introducción

1 PLANTEAMIENTO GENERAL

Con la entrada en vigor de la Directiva de Productos de Construcción europea 89/106/CEE se ha avanzado considerablemente en la definición de las prestaciones técnicas mínimas que debe tener un producto de construcción para poder ser comercializado en algún Estado firmante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, dando como resultado la certificación obligatoria denominada marcado CE. Actualmente, esta Directiva europea está derogada y ha sido sustituida por el vigente Reglamento (UE) 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo del 2011.

El marcado CE permite que productos fabricados en diferentes países tengan armonizadas sus características técnicas, definidas en la documentación que acompaña al marcado CE y que hace las veces de *pasaporte europeo* del producto, dejando a criterio del fabricante todo lo referente a su proceso de obtención (materias primas utilizables, proceso de fabricación, etcétera).

El marcado CE está altamente implementado en España, no siendo habitual encontrar en el mercado productos que deban ostentarlo y que no dispongan de él. Por ejemplo, algunos productos con marcado CE actualmente son: cemento, áridos para la fabricación de hormigón, aditivos, adiciones (todos los productos constituyentes o materias primas constituyentes del hormigón), elementos prefabricados de hormigón, mezclas bituminosas, etcétera.

El marcado CE coexiste con naturalidad con la reglamentación española en vigor donde se definen los requisitos técnicos que deben cumplir obligatoriamente estos productos, la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) aprobada por Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.

El hormigón no dispone de marcado CE en la actualidad ni está previsto que lo vaya a tener por lo que, con la idea de plantear la posibilidad de que disponga de un *marcado* similar que haga las veces de idioma común o *pasaporte*, se ha tomado como referencia la norma europea UNE EN 206-1:2008, que en su artículo 5.2.5.3 define el concepto de *prestación equivalente*. Esta norma no es de obligado cumplimiento en España, pese a aparecer citada en el Anejo 2º de la EHE-08. La referencia a esta norma tiene que ver con el marcado CE de los elementos estructurales prefabricados de hormigón, pero no dispone de especificaciones para el hormigón fresco.

Buscando esa similitud con el sistema de concesión del marcado CE, se ha estudiado el estado del arte de las certificaciones otorgadas por tercera parte independiente y, de las diferentes opciones encontradas, se ha optado por la certificación denominada ETV (Environmental Technology Verification), aplicable a tecnología innovadora y que se va a adaptar a la certificación de producto en este TFM, particularizando al producto hormigón.

En el marco de este TFM, podría definirse que *productos innovadores* son aquéllos que no se adaptan estrictamente lo establecido en las reglamentaciones

particulares establecidas en cada país donde se fabrican. El ETV es un sistema que busca, a través de la certificación de tecnología innovadora (normalmente sujeta a patentes), dos objetivos fundamentales:

- facilitar la puesta en el mercado del nuevo sistema tecnológico o máquina, y
- demostrar que, a igualdad de prestaciones técnicas con la tecnología convencional, se consigue una mejora del impacto medioambiental, tan demandado por la sociedad actualmente.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El caso del hormigón es excepcional, ya que actualmente no es obligatorio que este producto disponga de marcado CE, ni está previsto que vaya a cambiar esta circunstancia.

El hormigón debe cumplir unas exigencias técnicas mínimas, independientemente del país donde se fabrique. Pero cuando se ha estudiado la reglamentación y normativa de cada país, se ha evidenciado que los requisitos que se exigen a este producto son diferentes en muchos casos. A continuación se ha puesto de manifiesto un ejemplo claro de diferentes especificaciones o regulaciones relacionadas con la dosificación:

- contenido mínimo de cemento, y
- relación máxima agua/cemento permitida.

Comparando los valores especificados en diferentes países para hormigones con ambiente de exposición marino, por ejemplo: la norma europea EN 206-1, el código americano ACI C318 y la norma mexicana NMX C403, se observan las siguientes diferencias en la Tabla 1.

Tabla 1: Comparación de normativas nacionales según Torrent

NORMA	Máxima relación a/c	Contenido mínimo de cemento (kg)	Resistencia mínima (MPa)	
EN 206-1	0.50	300	30	Costa XS1
EN 206-1	0.45	320	35	Mareas XS3
ACI C318	0.50	---	35	
NMX C403	0.55	300	30	

El hecho de encontrar valores tan diferentes motiva el estudio más profundo que los fundamenta.

Para basar un hormigón en sus prestaciones y no en las regulaciones nacionales que le aplican, será necesario el aval de alguna entidad con competencia suficiente, que aporte credibilidad a las prestaciones declaradas.

Asimismo, se encuentra que en los medios de comunicación se habla de sostenibilidad muy ampliamente, como una cuestión demandada por el mercado pero difícil de medir. Es habitual encontrar *productos sostenibles* sobre los que no se informa al usuario de las connotaciones verdaderas de dicha etiqueta, por tanto, carecen de valor real.

Otro problema fundamental es la falta de confianza en el sector de fabricación del hormigón, causada principalmente por el desconocimiento de esta actividad empresarial. Por ello será necesario establecer un sistema que avale las declaraciones de prestaciones que hará el fabricante, para minimizar los temores del cliente.

3 OBJETIVOS

La temática de este TFM plantea muchas cuestiones ampliamente debatidas y con un recorrido a futuro muy interesante.

La industria del hormigón está gobernada por una serie compleja de factores de mercado y tecnológicos. Los objetivos deseados son:

- Eliminar barreras tecnológicas en zonas fronterizas entre países
- Fabricación conforme a prestaciones deseadas
- Facilitar la movilidad geográfica de los prescriptores y usuarios del hormigón
- Fabricación enfocada a los requisitos del cliente/utilizador
- Reducir las emisiones de efecto invernadero
- Facilitar la innovación
- Orientado a la experiencia y práctica en la fabricación

Pero puesto que este trabajo tiene sus limitaciones temporales y de alcance, la aspiración objetiva es ir aterrizando ideas claras y planteando puentes de comunicación entre diferentes países. Por tanto, el objetivo fundamental de este trabajo es doble:

- definir el procedimiento para la concesión de un *marcado* o sello de calidad a través de la adaptación de un sistema innovador de certificación y
- establecer unas prestaciones mínimas a verificar en el hormigón como producto, dándole especial relevancia a la contribución a la sostenibilidad.

4 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Para abordar el problema expuesto en el apartado anterior, se han establecido los siguientes capítulos para este trabajo final de máster:

CAPÍTULO 1: Introducción

En este capítulo se realiza el planteamiento general del trabajo, con una descripción del problema que lo motiva y un desglose de los objetivos esperados a la finalización del trabajo.

CAPÍTULO 2: Estado del arte

Aquí se recopilan las bases del mercado CE y de la certificación de tecnología innovadora ETV, así como las investigaciones relacionadas con certificación de prestaciones en general y del hormigón en particular.

CAPÍTULO 3: Sistema de certificación para el producto hormigón

A lo largo de este capítulo aborda la adaptación del sistema de certificación al caso particular del hormigón como producto, así que como el sistema de selección de prestaciones que puede declarar un fabricante y que, por tanto, pueden ser certificadas. Entre ellas, la más destacada es la prestación relacionada con la sostenibilidad.

CAPÍTULO 4: Verificación práctica de la propuesta de certificación

En este apartado se aplica el procedimiento de aplicación del sistema de certificación diseñado en el Capítulo 3 a casos reales estudiados.

CAPÍTULO 5: Conclusiones y futuras líneas de investigación

Finalmente, se resumen las conclusiones y se plantean futuras líneas de trabajo relacionadas con la certificación de prestaciones del hormigón

CAPÍTULO 2 Estado del Arte

1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo está compuesto de dos bloques temáticos:

- Mercado CE
- Certificación de prestaciones

En el primer bloque se estudiará, en general, el sistema de Mercado CE de productos de construcción en la Unión Europea y, en particular, cómo se trata el producto hormigón.

En segundo y último lugar, se recogerá la información referente al sistema de certificación Environmental Technology Verification (ETV).

2 MERCADO CE

En este apartado se estudiará la situación actual del Mercado CE de productos de construcción en la Unión Europea, con el siguiente orden:

1. ¿Qué es el Mercado CE de productos de construcción?
2. Agentes que participan
3. Sistemas de evaluación de la constancia de las prestaciones
4. Documentación del Mercado CE
5. Mercado CE de productos relacionados con el hormigón

2.1 ¿Qué es el Mercado CE de productos de construcción?

En 1989 se aprobó la Directiva Europea 89/106/CEE por la que se definían las condiciones en las que se podían comercializar libremente los productos de la construcción entre Estados firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo. Cuando un producto cumplía los requisitos establecidos en dicha Directiva, podían etiquetarse con el correspondiente Mercado CE. Cada uno de los países firmantes de dicho Acuerdo debía trasponer la Directiva a su legislación nacional. España realizó dicha trasposición y, en consecuencia, el Mercado CE se convirtió en una certificación obligatoria para los productos de construcción amparados por la Directiva.

Actualmente, la Directiva 89/106/CEE ha sido derogada y sustituida por el Reglamento (UE) nº305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas de comercialización de productos de construcción (en adelante RPC). El RPC es de aplicación directa en todos los Estados firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sin necesidad de trasposición a la legislación nacional. El RCP entró en vigor el 24 de

abril de 2011, no obstante, los artículos 3 a 28, 36 a 38, 56 a 63, 65 y 66, así como los anexos I, II, III y V, son aplicables desde del 1 de julio de 2011.

El RPC define los agentes implicados en el proceso de concesión del Mercado CE además del propio fabricante de productos de construcción, cuáles son las tareas de cada uno y en qué condiciones puede etiquetarse un productos con construcción con el Mercado CE, momento en el que dicho producto podrá circular libremente por el Espacio Económico Europeo, por entenderse que dispone del obligatorio “pasaporte”. El RPC está basado en los siguientes principios:

- Armonización técnica: enfocado en la igualdad de todos los ciudadanos europeos, independientemente del Estado al que pertenezcan, de poder comprar productos de construcción con las mismas condiciones técnicas o garantía mínima.
- Eliminación de barreras: teniendo en cuenta el compromiso europeo de libre comercialización de productos y personas dentro de la Unión Europea.
- Requisitos básicos de las obras relacionados con la salud, la seguridad y el bienestar de las personas/usuarios: en el RPC se han considerado aspectos de los productos de construcción relacionados con:
 1. resistencia mecánica y estabilidad,
 2. seguridad en caso de incendio,
 3. higiene, salud y medioambiente,
 4. seguridad y accesibilidad de utilización,
 5. protección contra el ruido,
 6. ahorro de energía y aislamiento térmico
 7. utilización sostenible de los recursos naturales (este aspecto es la novedad respecto a la Directiva derogada). Para la evaluación del uso sostenible de los recursos y el impacto medioambiental de las obras de construcción deben utilizarse, cuando estén disponibles, las declaraciones medioambientales de productos.

Quedan exentos de ir etiquetados con el Mercado CE para poder ser comercializados los siguientes supuestos:

- El producto de construcción fabricado por unidad o hecho a medida en un proceso no en serie, en respuesta a un pedido específico e instalado en una obra única determinada.
- El producto fabricado en el propio lugar de construcción para su incorporación a la correspondiente obra.
- El producto de construcción fabricado de manera tradicional o de manera adecuada a la conservación del patrimonio y por un proceso

no industrial para la renovación adecuada de obras de construcción protegidas oficialmente como parte de un entorno determinado o por un mérito arquitectónico o histórico especial.

Asimismo, quedan exentos de la obligación de disponer de Marcado CE los productos de autoconsumo, donde no existen transacciones económicas de compra-venta y, en consecuencia, no existe comercialización del producto.

Basándose en los principios anteriores, el RPC define diferentes tipos de evaluación de constancia de las prestaciones para que el producto pueda ir etiquetado con el Marcado CE. Los sistemas de evaluación que se plantean son los siguientes, indicados de mayor a menor nivel de garantía avalada por terceros:

1+ > 1 > 2+ > 3 > 4

En el apartado 2.3 de este TFM se recogen las características de los diferentes sistemas de evaluación a través de las actuaciones de los diferentes agentes implicados, que son:

- Comisión Europea
- Ministerio Industria, Energía y Turismo de España
- Organismos Notificados
- Entidad Nacional de Acreditación
- Laboratorios
- Fabricantes
- Distribuidores
- Importadores

El Reglamento define que *“la supresión de las barreras técnicas en el sector de la construcción solo puede conseguirse si se establecen especificaciones técnicas armonizadas para la evaluación de las prestaciones de los productos de construcción”*.

Las especificaciones técnicas, a las que hace referencia el Reglamento, se encuentran definidas en las normas europeas armonizadas que afectan a cada producto de construcción.¹

El Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrónica (CENELEC) están reconocidos como los organismos competentes para la adopción de normas armonizadas con arreglo a las guías para la cooperación entre la Comisión y estos dos organismos firmadas el 28 de marzo de 2003. Los fabricantes deben usar esas normas armonizadas cuando se haya publicado la referencia a las mismas en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE).

Las normas armonizadas son documentos normativos convencionales emitidos por el Comité Europeo de Normalización (CEN) y armonizados al publicarse en el Diario

¹ Se ha obviado el marcado CE por vía diferente a las normas armonizadas para simplificar ya que, como se comprobará en la comparativa realizada entre el hormigón y otros productos de construcción equivalente, todos van por esta vía de normas armonizadas.

Oficial de la Unión Europea (DOUE). Estas normas disponen de un Anexo ZA donde se especifican las prestaciones técnicas mínimas a declarar en el producto, el periodo de coexistencia de la norma y el sistema de evaluación de constancia de las prestaciones elegido.

En el DOUE se publica qué norma es armonizada así como su periodo de coexistencia, que comprende desde el momento en el que es posible aplicar voluntariamente el Marcado CE hasta el momento a partir del cual no será posible comercializar productos sin Marcado CE, es decir, hasta el momento a partir del que será obligatorio el Marcado CE.

En cada una de las normas armonizadas, en su Anexo ZA se indican las especificaciones, que deben incluir ensayos, cálculos y otros medios, para evaluar las prestaciones de los productos de construcción en relación con sus características esenciales.

El mercado CE está altamente implementado en España, no siendo habitual encontrar en el mercado productos que deban ostentarlo y que no dispongan de él. Por ejemplo, productos con marcado CE actualmente son: cemento, áridos para la fabricación de hormigón, aditivos, adiciones, elementos prefabricados de hormigón, mezclas bituminosas, etcétera.

El caso del hormigón es excepcional, ya que actualmente no es obligatorio que este producto disponga de marcado CE, ni está previsto que vaya a cambiar esta circunstancia a medio plazo. Así como en algunos productos, como el acero soldable para hormigón armado o el acero para hormigón pretensado disponen de una norma europea que regula el control de producción de fabricante y tiene definido un Anexo ZA; aunque todavía no son normas armonizadas puesto que no han sido publicadas en el DOUE, se espera que a corto o a medio plazo entre en vigor el periodo voluntario (llamado de coexistencia) para que estos productos de acero dispongan de marcado CE a partir de determinada fecha. En el caso del hormigón, la norma europea que regula el control de producción del fabricante, la EN 206, no dispone de este Anexo ZA, habiéndose aprobado recientemente (en 2013) la última versión de la misma, por lo que se puede deducir que no hay un interés o voluntad de que este producto vaya a estar incluido en el resto de productos con marcado CE ya que ni siquiera existe mandato del CEN para que se redacte dicho Anexo ZA, según se puede observar en la Tabla 2. Más adelante, en el apartado 2.5 se dan algunas claves o ideas del porqué de esta situación.

Tabla 2: listado de mandatos de normalización emitidos por la Comisión dirigidos al Comité Europeo de Normalización (CEN)

PRODUCTOS	MANDATOS		
	ORIGINAL	ENMIENDAS	ADDENDAS
Productos prefabricados de hormigón	M/100	M/126, M/130 y M/137	M/139
Puertas, ventanas y productos relacionados	M/101	M/126, M/130 y M/137	
Membranas	M/102	M/126, M/130 y M/137	
Productos aislantes térmicos	M/103 (revisado)	M/126, M/137 y M/138	M/367
Apoyos estructurales	M/104	M/137	M/132
Chimeneas, conductos y productos específicos	M/105	M/130 y M/137	M/139
Productos de yeso	M/106	M/130 y M/137	M/139
Geotextiles	M/107	M/386	
Muros cortina	M/108	M/137	
Sistemas de detección y alarma de incendios, Sistemas fijos contra incendios, controladores de fuego y humo y productos que evitan la explosión	M/109	M/130	M/139
Aparatos sanitarios	M/110	M/137 y M/368	M/139
Equipamientos para carreteras	M/111	M/137	M/132
Productos par estructuras de madera y productos auxiliares	M/112	M/137	
Tableros de madera para la construcción	M/113	M/137	
Cementos, cales y otros conglomerantes hidráulicos	M/114		
Acero para armaduras y para pretensado	M/115 (revisado)		
Albañilería y productos relacionados	M/116	M/137	

PRODUCTOS	MANDATOS		
	ORIGINAL	ENMIENDAS	ADDENDAS
Productos de ingeniería de aguas residuales	M/118		
Baldosas	M/119 (revisado)	M/137	M/132
Productos estructurales metálicos y productos auxiliares	M/120	M/137	
Acabados internos y externos de paredes y techos	M/121		
Cubiertas, claraboyas, ventanas de cubierta y productos auxiliares	M/122	M/137	
Productos de construcción de carreteras	M/124	M/137 y M/387	
Áridos	M/125		M/139
Adhesivos para la construcción	M/127	M/137	
Productos relacionados con el hormigón, morteros y pastas	M/128	M/137	
Aparatos de calefacción (para el calentamiento de estancias)	M/129	M/137 y M/369	
Tuberías, depósitos y productos auxiliares que no estén en contacto con agua destinada al consumo humano	M/131	M/137	
Vidrios planos, vidrios perfilados y productos de bloques de Vidrio	M/135		
Cables para suministro de electricidad, comunicaciones y alarma y detección de incendios	M/443		

Tabla 2(bis): listado de mandatos de normalización emitidos por la Comisión dirigidos al Comité Europeo de Normalización (CEN)

GENERICOS A TODOS LOS PRODUCTOS	MANDATOS		
	ORIGINAL	ENMIENDAS	ADDENDAS
Evaluación de los productos de construcción con respecto a su reacción al fuego	M/88	M/123, M133, M/137 y M/385	
Evaluación de los productos de construcción y elementos con respecto a su resistencia al fuego	M/117	M/134	
Productos de construcción en contacto con agua destinada al consumo humano	M/136 (revisado)		
Seguridad del consumidor: seguridad infantil	M/293		
Sustancias peligrosas (Directiva de Productos de Construcción)	M/366		
Eurocódigos Estructurales	M/466	M/515	

2.2 Agentes que participan en el mercado CE

Los agentes que participan para la obtención/concesión del Mercado CE son:

- COMISIÓN EUROPEA: genera, a través de Mandatos al Comité Europeo de Normalización (CEN), las normas europeas armonizadas, publicándolas en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) y definiendo el periodo de coexistencia y sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones establecido para cada producto de construcción.

- MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO DE ESPAÑA: y sus equivalentes gubernamentales de cada Estado miembro. Es el encargado de publicar en el Boletín Oficial del Estado (BOE):
 - referencia a las normas armonizadas según las publica en el DOUE la Comisión Europea, en su versión española, es decir, como norma UNE EN,
 - designación de los Organismos Notificados que pueden actuar en España para la concesión del Mercado CE especificando el sistema de acreditación necesario,
 - elaboración de guías de aplicación o documentos de apoyo aclaratorios, cuando lo consideran necesario,
 - participan en grupos de trabajo y eventos de difusión enfocados al sector de la construcción,
 - tienen las competencias en materia de seguimiento en el mercado de los productos con Mercado CE, competencias que tienen delegadas en sus homólogos de los diferentes gobiernos de las Comunidades Autónomas.

- ORGANISMOS NOTIFICADOS: entidades de certificación y laboratorios que son autorizados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España. Deben demostrar su competencia técnica, independencia e imparcialidad a través de la acreditación de sus sistemas de certificación por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) según el sistema o norma de acreditación que el Ministerio establezca. Según el sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones tienen definidas unas tareas a desempeñar cuando un fabricante requiere de sus servicios.

- ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN: En cada Estado miembro ha sido designado un organismo único encargado de acreditar a los Organismos Notificados (OO.NN.) bajo el esquema indicado por el Ministerio. Las normas más habituales de acreditación de los OO.NN. son la norma ISO 17020 para las entidades de certificación (entidades de inspección) y la norma ISO 17025 para los laboratorios.

- LABORATORIOS: existen dos tipos de laboratorios, el que actúa como Organismo Notificado, que deberá estar acreditado por ENAC y notificado por el Ministerio y el laboratorio que asiste al fabricante para su control de producción en fábrica o autocontrol.

- FABRICANTE: utiliza materias primas para obtener un producto conforme a una norma armonizada. Para poder marcar sus productos con el Mercado CE deberá seguir lo establecido en la norma

armonizada del producto correspondiente, contratando a los Organismos Notificados que necesite.

- **DISTRIBUIDORES:** responsables de la compra-venta de productos manufacturados. El RPC establece una serie de requisitos para que pueda ofrecer a sus clientes los productos con el Marcado CE del Fabricante o con el suyo propio.
- **IMPORTADORES:** responsables de introducir en España el producto procedente de otro país. El RPC define los requisitos para poder realizar estas actividades.

2.3 Procedimiento de evaluación de la conformidad

La evaluación de la conformidad se subdivide en módulos que incluyen un número limitado de procedimientos distintos aplicables a la mayor gama posible de productos.

Los módulos se refieren a la fase de diseño de los productos o a su fase de producción, o a ambas. Los ocho módulos básicos y sus ocho variantes posibles pueden combinarse entre sí de diversas maneras a fin de establecer procedimientos completos de evaluación de la conformidad.

Por regla general, un producto es objeto de una evaluación de la conformidad según un módulo tanto en la fase de diseño como en la fase de producción.

Cada directiva de Nuevo Enfoque describe el alcance y contenido de los posibles procedimientos de evaluación de la conformidad que se considera que otorgan el nivel de protección necesario. Asimismo, las directivas establecen los criterios que regulan las condiciones con arreglo a las cuales el fabricante puede elegir en caso de que se prevean varias opciones.

A continuación se describen los ocho módulos básicos:

- **Módulo A: Control interno de la producción:** abarca el control interno del diseño y la producción. Este módulo no requiere la intervención de un organismo notificado.
- **Módulo B: Examen de tipo CE:** abarca la fase de diseño y debe ir seguido de un módulo que permita la evaluación en la fase de producción. Un organismo notificado emite el certificado de examen tipo CE.
- **Módulo C: Conformidad con el tipo:** abarca la fase de producción y sigue el módulo B. Se ocupa de la conformidad con el tipo descrito en el certificado de examen de tipo CE emitido con arreglo al módulo B.

- Módulo D: Aseguramiento de la calidad de la producción: abarca la fase de producción y sigue el módulo B. Se deriva de la norma de aseguramiento de la calidad EN ISO 9002, con la intervención de un organismo notificado que será responsable de la aprobación y control del sistema de calidad establecido por el fabricante.
- Módulo E: Aseguramiento de la calidad del producto: abarca la fase de producción y sigue el módulo B. Se deriva de la norma de aseguramiento de la calidad EN ISO 9003, con la intervención de un organismo notificado que será responsable de la aprobación y control del sistema de calidad establecido por el fabricante.
- Módulo F: Verificación del producto: abarca la fase de producción y sigue el módulo B. Un organismo notificado controla la conformidad con el tipo descrito en el certificado de examen de tipo emitido con arreglo al módulo B y emite un certificado de conformidad.
- Módulo G: Verificación de unidades: abarca las fases de diseño y producción. Un organismo notificado examina cada unidad del producto, controla la verificación unitaria del diseño y producción de cada producto y emite un certificado de conformidad.
- Módulo H: Aseguramiento integral de la calidad: abarca las fases de diseño y producción. Se deriva de la norma de aseguramiento de la calidad EN ISO 9003, con la intervención de un organismo notificado que será responsable de la aprobación y control del sistema de calidad establecido por el fabricante.

En la Figura 1 se puede observar la interrelación entre los diferentes módulos.

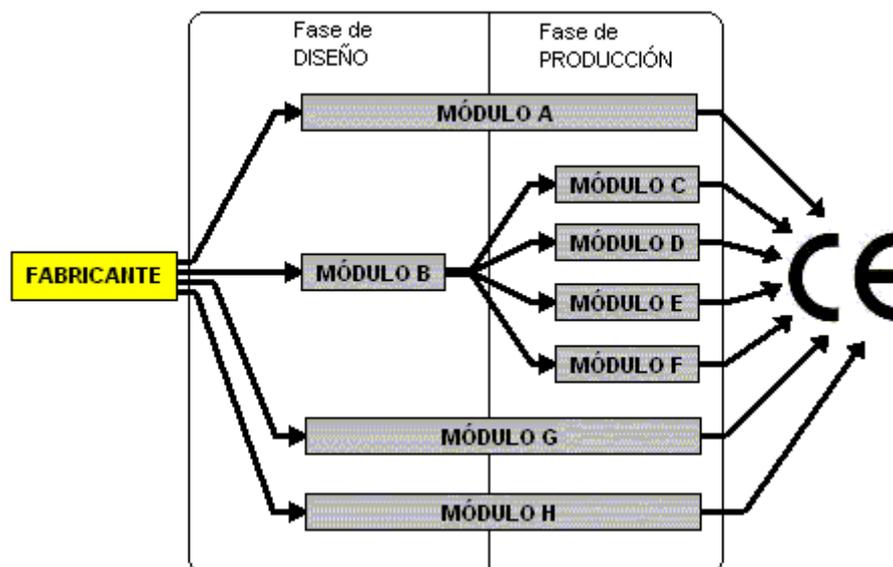


Figura 1: esquema de relación entre los diferentes módulos del procedimiento de evaluación de la conformidad.

En función de los diferentes módulos, como se ha adelantado en el apartado 2.2, existen cinco sistemas de evaluación de la constancia de las prestaciones:

- Sistema 1+
- Sistema 1
- Sistema 2+
- Sistema 3
- Sistema 4

Los sistemas de evaluación de la constancia de las prestaciones se diferencian en las tareas que corresponden al Fabricante y al Organismo Notificado, según se indica en la Tabla 3. El sistema de evaluación 1+ es el más exigente de todos (correspondiéndole muchas tareas al fabricante y al Organismo Notificado) y el sistema 4 el más laxo; en este último sistema es suficiente con que el propio fabricante declare las prestaciones que desee, sin necesidad de que un Organismo Notificado ni un laboratorio las contrasten. Que se requiera un sistema u otro viene determinado por la Comisión Europea en función de los siete requisitos básicos relacionados en el apartado 2.1. El sistema seleccionado se refleja en el Anexo ZA de la correspondiente norma armonizada y publicado en el DOUE.

Tabla 3: tareas de Fabricante y O.N. en función del sistema de evaluación de constancia de las prestaciones, de más exigente a menos

Sistema	Tareas del Fabricante	Tareas del Organismo Notificado
1+	Control de producción en fábrica Ensayos adicionales de muestras tomadas en la fábrica por el fabricante de acuerdo con un plan de ensayo determinado	Certificación de la constancia de las prestaciones en base a: <ul style="list-style-type: none"> • Determinación del producto tipo sobre la base de ensayos de tipo (incluido el muestreo), cálculos de tipo, valores

Sistema	Tareas del Fabricante	Tareas del Organismo Notificado
		tabulados o documentación descriptiva del producto <ul style="list-style-type: none"> • Inspección inicial de la planta de producción y del control de producción en fábrica • Vigilancia, evaluación y supervisión permanente del control de producción en fábrica Ensayo mediante sondeo de muestras tomadas antes de la introducción del producto en el mercado
1	Control de producción en fábrica Ensayos adicionales de muestras tomadas en la fábrica por el fabricante de acuerdo con un plan de ensayo determinado	Certificación de la constancia de las prestaciones en base a: <ul style="list-style-type: none"> • Determinación del producto tipo sobre la base de ensayos de tipo (incluido el muestreo), cálculos de tipo, valores tabulados o documentación descriptiva del producto • Inspección inicial de la planta de producción y del control de producción en fábrica • Vigilancia, evaluación y supervisión permanente del control de producción en fábrica
2+	Determinación del producto tipo sobre la base de ensayos de tipo (incluido el muestreo), cálculos de tipo, valores tabulados o documentación descriptiva del producto Control de producción en fábrica Ensayo de muestras tomadas en la fábrica de acuerdo con un plan de ensayo determinado	Certificación de conformidad del control de producción en fábrica en base a: <ul style="list-style-type: none"> • Inspección inicial de la planta de producción y del control de producción en fábrica Vigilancia, evaluación y supervisión permanente
3	Control de producción en fábrica	Determinación del producto tipo sobre la base de ensayos de tipo (basado en el muestreo realizado por el fabricante), cálculos de tipo, valores tabulados o documentación descriptiva del producto
4	Control de producción en fábrica Determinación del producto tipo sobre la base de ensayos de tipo, cálculos de tipo, valores tabulados o documentación descriptiva del producto	---

2.4 Documentación del Mercado CE

La documentación que debe acompañar a los productos en sus transacciones comerciales es:

- Declaración de prestaciones (DdP)
- Mercado CE (logotipo)
- Documentación técnica
- Certificado de constancia de las prestaciones (sistemas de evaluación de la constancia de las prestaciones 1+ y 1)
- Certificado de conformidad del control de producción en fábrica (sistemas de evaluación de constancia de las prestaciones 2+)
- Informe del producto tipo (sistemas de evaluación de la constancia de las prestaciones 3).

Por la temática de este TFM, a continuación se describen las características fundamentales de la DdP, teniendo en cuenta que es el documento de mayor relevancia dentro del RPC:

- Expresará las prestaciones del producto en relación con sus características esenciales.
- Será emitida por el fabricante cuando el producto se introduzca en el mercado y esté cubierto por una norma armonizada.
- El fabricante asume la responsabilidad de la conformidad del producto con la prestación declarada.
- El RPC no aclara si debe hacerse individualmente para cada producto o si se podrá emitir para “familias” de productos. En principio sí podría emitirse para grupos de producto o familias de tipología y características semejantes, a criterio del fabricante.
- Se facilitará, ya sea en papel o por vía electrónica una copia de la declaración de prestaciones de cada producto comercializado. No obstante, cuando se facilite una partida del mismo producto a un único usuario, podrá acompañarse de una sola copia de la declaración de prestaciones, ya sea en papel o por vía electrónica.
- La copia en papel de la declaración de prestaciones se facilitará a solicitud del destinatario.
- Podrá darse acceso a la copia de la declaración de prestaciones en una página web de conformidad con las condiciones que establezca la Comisión mediante actos delegados con arreglo al artículo 60 del RPC. Dichas condiciones garantizarán, entre otros aspectos, que la

declaración de prestaciones esté disponible al menos durante el período a que se refiere el artículo 11, apartado 2 del RPC.

- La declaración de prestaciones se facilitará en la lengua o lenguas que exija el Estado miembro en el que se va a comercializar el producto. En consecuencia, los productos comercializados en España deben ir acompañados de toda la documentación en español.

2.5 Mercado CE de productos relacionados con el hormigón

Actualmente, están afectados por el mercado CE y, por tanto, disponen de norma armonizada todos los materiales constituyentes del hormigón, sus materias primas según se resume en la Tabla 4.

Tabla 4: materias primas de hormigón que deben disponer de marcado CE

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Cemento	UNE EN 197-1:2011	1+
Áridos para hormigón	UNE EN 12620:2003+A1:2009	2+/4
Adiciones: Humo de sílice	UNE-EN 13263-1:2006+A1:2009	1+
Adiciones: Cenizas volantes	UNE-EN 450-1:2013	1+
Adiciones: Escorias	UNE-EN 15167-1:2008	1+
Aditivos para hormigón	UNE-EN 934-2:2010+A1:2012	2+

En la Tabla 4 se puede observar cómo los productos que tienen la propiedad de ser aglomerante atienden al sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones más exigente, el sistema 1+, debido a que su conformidad es crítica para la obtención de un hormigón conforme también.

En el caso del hormigón como producto, el referente más parecido en relación a las materias primas y proceso de fabricación son el mortero de albañilería y los diferentes productos de reparación de estructuras de hormigón, que sí tienen obligación de disponer de marcado CE y cuyas normas armonizadas están recogidas en la Tabla 5.

Tabla 5: productos similares al hormigón fresco que deben disponer de marcado CE

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido	UNE-EN 998-1:2010	4
Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 2: Morteros para albañilería	UNE-EN 998-2:2012	2+/4
Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas para protección de superficie	UNE-EN 1504-2:2005	1/2+/3/4
Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural	UNE-EN 1504-3:2006	1/2+/3/4
Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural	UNE-EN 1504-4:2005	1/2+/3/4
Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 5: Productos y sistemas de inyección del hormigón	UNE-EN 1504-5:2004	2+/4
Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 6: Anclajes de armaduras de acero.	UNE-EN 1504-6:2007	1/2+/3/4

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Productos y sistemas para protección y reparación de estructuras de hormigón - Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 7: Protección contra la corrosión de armaduras.	UNE-EN 1504-7:2007	2+/4

La diferencia en el sistema de evaluación de la consistencia de las prestaciones depende si se tienen exigencias de resistencia al fuego o si tendrá participación en la estructura (uso estructural) o si será de uso no estructural, entre otros condicionantes. En los primeros casos serán sistemas más exigentes (1+, 2+, 3) y, en el último caso podría ser incluso sistema 4.

El hormigón como producto podría decirse que ha de disponer de marcado CE únicamente en el caso de sea fabricado por una instalación industrial y vendido como elemento estructural, no como producto fresco constituyente del mismo, es decir, el elemento terminado. Las normas de aplicación son las indicadas en la Tabla 6.

Tabla 6: elementos prefabricados de hormigón que deben disponer de marcado CE

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Productos prefabricados de hormigón: losas alveolares	UNE-EN 1168:2006+A3:2012	2+
Productos prefabricados de hormigón: rejillas de suelo para ganado	UNE-EN 12737:2006 + A1:2008	2+
Productos prefabricados de hormigón: pilotes de cimentación	UNE-EN 12794:2006+A1:2008/AC2009	2+
Productos prefabricados de hormigón: mástiles y postes	UNE-EN 12843:2005	2+
Productos prefabricados de hormigón: elementos para forjados nervados	UNE-EN 13224:2012	2+
Productos prefabricados de hormigón: elementos estructurales lineales	UNE-EN 13225:2005/AC:2007	2+
Productos prefabricados de hormigón: elementos especiales para cubiertas	UNE-EN 13693:2005 + A1:2010	2+
Productos prefabricados de hormigón: prelosas para sistema de forjado	UNE-EN 13747:2006+A2:2011	2+

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Productos prefabricados de hormigón: garajes prefabricados de hormigón	UNE-EN 13978-1:2006	2+
Productos prefabricados de hormigón: escaleras	UNE-EN 14843:2008	2+
Productos prefabricados de hormigón: marcos	UNE-EN 14844:2007 + A2:2012	2+
Productos prefabricados de hormigón: elementos de cimentación	UNE-EN 14991:2008	2+
Productos prefabricados de hormigón: elementos para muros	UNE-EN 14992:2008+A1:2012	2+
Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla — Parte 1: Viguetas	UNE-EN 15037-1:2010	2+
Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 2: Bovedillas de hormigón	UNE-EN 15037-2:2009+A1:2011 ERRATUM:2011	2+
Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 3: Bovedillas de arcilla cocida.	UNE-EN 15037-3:2010+A1:2011	2+
Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 4. Bovedilla de poliestireno expandido.	UNE-EN 15037-4:2010	2+
Productos prefabricados de hormigón: productos para puentes	UNE-EN 15050:2008 + A1:2012	2+
Productos prefabricados de hormigón: elementos de muros de contención	UNE-EN 15258:2009	2+
Productos prefabricados de hormigón: bloques de encofrado de hormigón de áridos densos y ligeros.	UNE-EN 15435:2009	4
Productos prefabricados de hormigón: bloques de encofrado de hormigón con virutas de madera.	UNE-EN 15498:2009	4
Bordillos prefabricados de hormigón	UNE-EN 1340:2004	4
Productos prefabricados de hormigón: elementos para vallas	UNE-EN 12839:2012	4

Además de cada una de las normas particulares vistas en la Tabla 6, todos los elementos prefabricados de hormigón han de satisfacer la norma europea UNE EN 13369:2013 Reglas comunes para elementos prefabricados de hormigón, aunque no es una norma armonizada.

En la Tabla 6 se puede observar cómo a los elementos prefabricados estructurales les corresponde el sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones más exigente, el sistema 2+, a los no estructurales el auto-Marcado CE o sistema 4, que no requiere la participación de un Organismo Notificado.

Por paralelismo con el hormigón, desde el punto de vista de los materiales constituyentes o materias primas que incluyen productos con función aglomerante o conglomerante, están las mezclas bituminosas. Este tipo de producto también ha de disponer obligatoriamente del Marcado CE. Sus materiales constituyentes y producto final se indican en la Tabla 7.

Tabla 7: marcado CE de mezclas bituminosas y sus materiales constituyentes

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Betunes y ligantes bituminosos. Esquema para la especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas	UNE-EN 13808:2005	2+
Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes duros para pavimentación	UNE-EN 13924:2006/1M:2010	2+
Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de especificaciones de los betunes modificados con polímeros	UNE-EN 14023:2010	2+
Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de la especificación de los ligantes bituminosos fluidificados y fluxados	UNE-EN 15322:2010	2+
Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación	UNE-EN 12591:2009	2+
Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas	UNE-EN 13043:2003/AC:2004	2+/4
Áridos ligeros. Parte 2: Áridos ligeros para mezclas bituminosas, tratamientos superficiales y aplicaciones en capas tratadas y no tratadas	UNE-EN 13055-2:2005	2+/4°

Producto	Norma armonizada	Sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones
Mezclas bituminosas: Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso	UNE-EN 13108-1:2008	1/2+/3/4
Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales: Parte 2: Mezclas bituminosas para capas delgadas.	UNE-EN 13108-2:2007/AC:2008	1/2+/3/4
Mezclas bituminosas: Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA	UNE-EN 13108-3:2007/AC:2008	1/2+/3/4
Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezclas bituminosas tipo HRA	UNE-EN 13108-4:2007/AC:2008	1/2+/3/4
Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA	UNE-EN 13108-5:2007/AC:2008	1/2+/3/4
Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos	UNE-EN 13108-6:2007/AC:2008	1/2+/3/4
Mezclas bituminosas. Especificaciones del material. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes	UNE-EN 13108-7:2007/AC:2008	1/2+/3/4

Llama la atención en la Tabla 7 que el material aglomerante y el producto terminado siguen en criterio inverso al hormigón y sus materias primas, pudiendo ser más exigente el sistema de evaluación del producto final respecto a los betunes y ligantes bituminosos.

El hormigón preparado, fresco, no dispone de norma armonizada en la actualidad, por lo que no tiene obligación de ostentar el Marcado CE cuando es suministrado a un cliente en su obra.

3 CERTIFICACIÓN DE PRESTACIONES

3.1 Introducción al sistema Environmental Technology Verification (ETV)

En la actualidad existe una tendencia claramente en crecimiento hacia sistemas de certificación innovadores y mundialmente aceptados que avalen las prestaciones técnicas de un producto y tengan en consideración criterios de sostenibilidad. En este sentido, existe la Environmental Technology Verification (ETV).

El sistema ETV comenzó siendo desarrollado en Japón, Canadá y Estados Unidos, aplicado a tecnologías emergentes, innovadoras, prototipos que no encajaban estrictamente en las normativas de maquinaria existentes y que pudieran demostrar que su avance respecto a lo convencional aportaba además ventajas relacionadas con el medio ambiente. De un modo sencillo, el fabricante de tecnología nueva que desea obtener una certificación por sistema ETV, debe demostrar que con métodos tecnológicos innovadores puede conseguir el mismo producto tradicional pero con menor impacto medio ambiental, es decir, con un beneficio para la sociedad en general, de un modo más sostenible. Esta declaración que hace el fabricante debe estar amparada en unos ensayos y en la evaluación de los resultados obtenidos. Todo el sistema es evaluado por una entidad independiente e imparcial que, finalmente, lo certifica.

Para que sea más sencilla la comprensión, se representan los roles de los diferentes agentes implicados en la Figura 2, correspondiente al sistema ETV utilizado en los Estados Unidos de América.

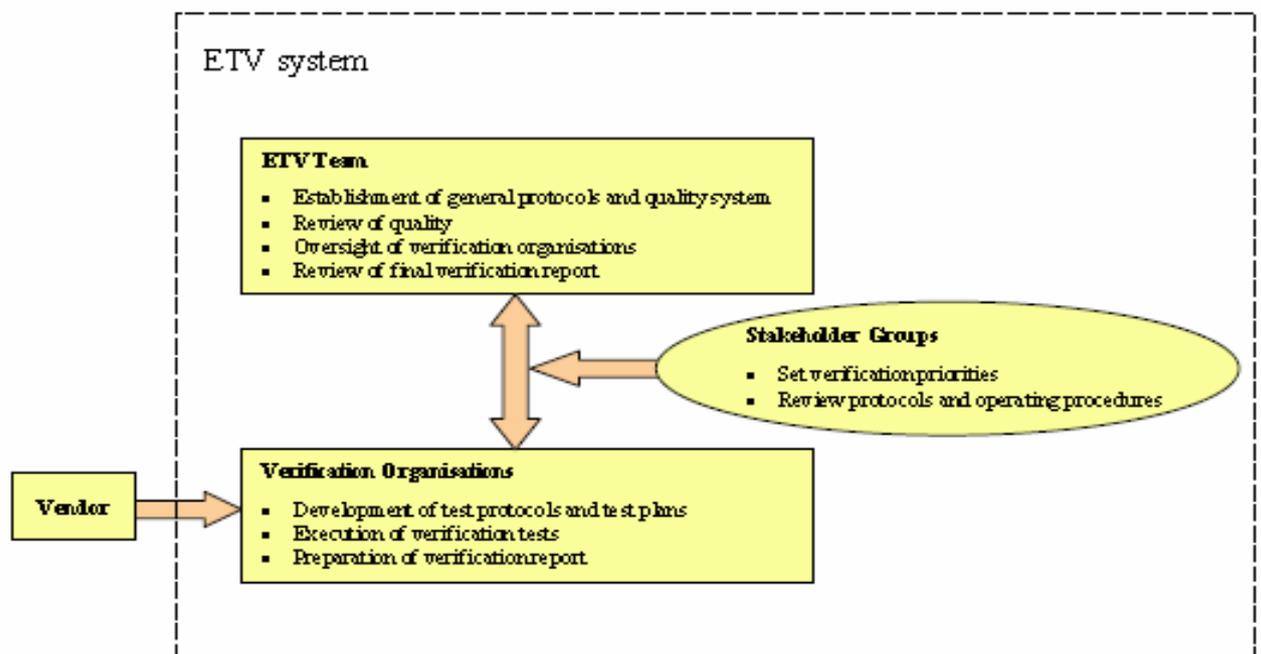


Figura 2: esquema del sistema ETV USA

En la Figura 3 se representa el esquema del sistema ETV utilizado en Canadá.

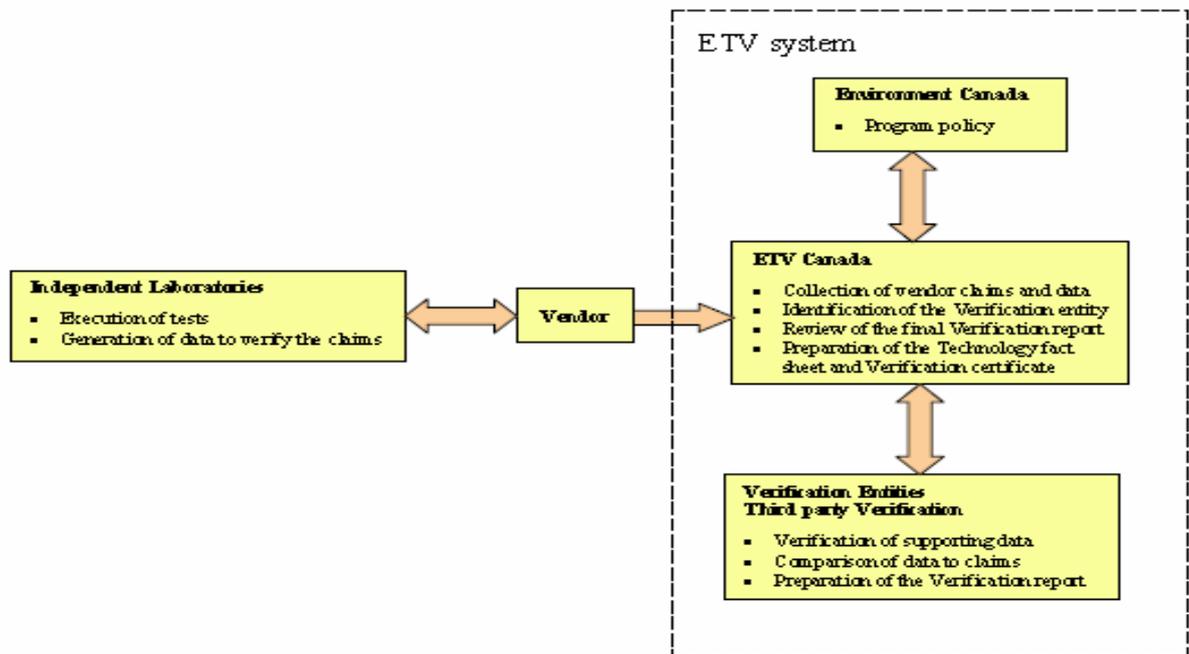


Figura 3: esquema del sistema ETV Canadá

Ambos sistemas tienen en común la necesidad de que participen, además de los clientes y las entidades de certificación, laboratorios de ensayo independientes y entidades que homogeneicen los criterios que deben aplicar las diferentes entidades de certificación que quieran conceder esta marca.

Paralelamente, Europa ha comenzado a preparar el sistema equivalente de ETV, el ETV-EU, primero con el proyecto europeo ETV Pre-Programme y, posteriormente, con el proyecto europeo AdvanceETV.

El ETV Pre-Programme consideró, inicialmente, tres áreas tecnológicas de interés:

1. Tratamiento de aguas
2. Materiales, residuos y recursos (en la que se encuadraría el hormigón)
3. Tecnologías energéticas

El esquema de funcionamiento del EU-ETV se representa en la Figura 4.

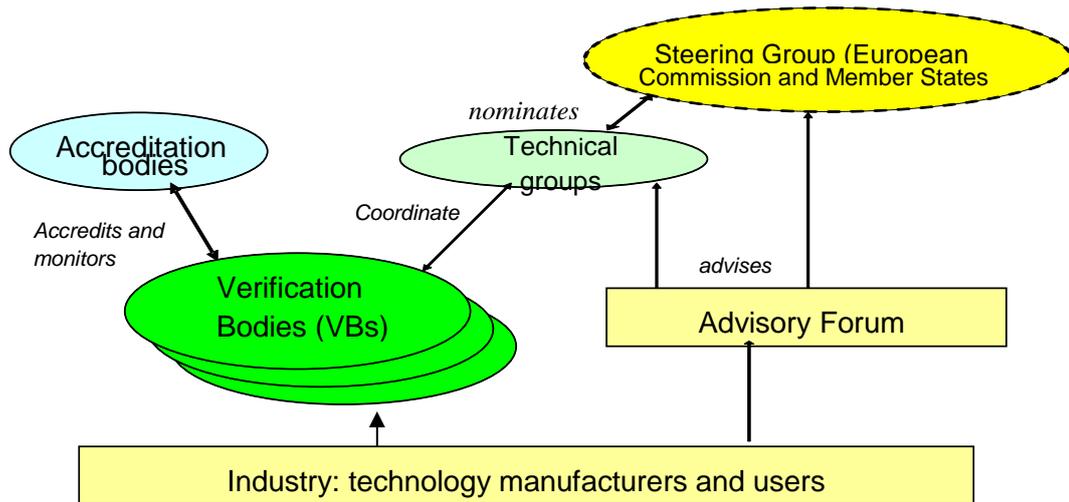


Figura 4: esquema del sistema EU-ETV

Actualmente, el sistema EU-ETV ha evolucionado en el seno del proyecto AdvanceETV, cuyo objetivo principal es homogeneizar el sistema europeo con el resto de sistemas internacionales existentes.

El concepto del Programa ETV es ofrecer un procedimiento de verificación para tecnologías innovadoras que tienen dificultades para demostrar el valor añadido en materia de sostenibilidad. El procedimiento de verificación permite que una evaluación independiente valide las prestaciones declaradas por el fabricante, demostrando el beneficio medioambiental de su tecnología. La información obtenida durante la verificación es pública y puede ser utilizada para comparar parámetros de prestaciones y, en consecuencia, puede resultar increíblemente útil para la aceptación de la tecnología innovadora en el mercado.

ETV no es ni una marca ni un esquema de certificación convencional, asegura que lo declarado por el fabricante es cierto, pero no que lo declarado satisfaga las normas y reglamentos que le sean de aplicación. No obstante, los resultados de ETV se pueden aprovechar para demostrar el cumplimiento de la legislación de aplicación, para concurrir a una oferta pública de compra, para convencer a los inversores y clientes de la veracidad y confianza de las declaraciones realizadas sobre la tecnología y para evitar tener que repetir ensayos y demostraciones para diferentes clientes, pudiendo aprovechar la declaración de prestaciones avalada por el ETV.

En la Figura 5 se puede observar un ejemplo de funcionamiento del sistema ETV.

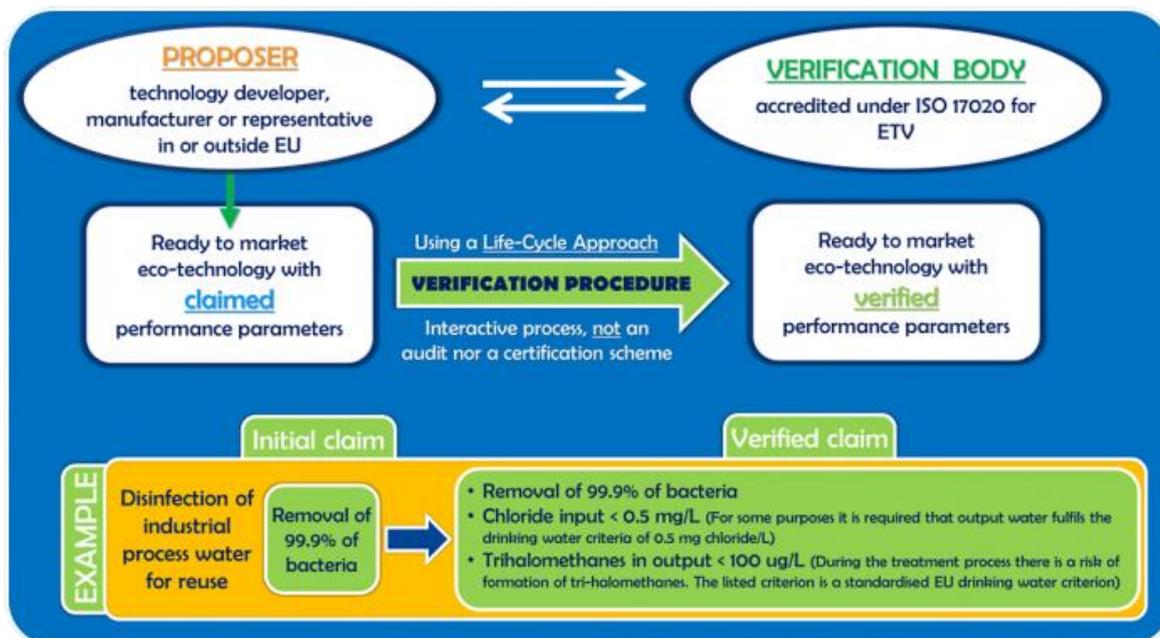


Figura 5: ejemplo de aplicación del Sistema ETV.

En la actualidad, está funcionando el Programa Piloto EU-ETV, que opera bajo la iniciativa del plan de acción de innovación de la Comisión Europea, aplicable fundamentalmente a Pymes. El Programa está dirigido a tecnologías innovadoras medioambientales, habitualmente prototipos, que, por su carácter, no pueden ser certificados de conformidad con normas o esquemas de certificación convencionales, por lo que no se puede demostrar la conformidad a los posibles inversores en dicha tecnología para introducirla en el mercado comercial.

El programa piloto está coordinado por un Grupo Director (Steering Group) que incluye a la Comisión Europea y a siete Estados Miembros (Gran Bretaña, Dinamarca, Bélgica, Francia, Finlandia, República Checa y Portugal). Algunos Estados Miembros tienen esquemas específicos que trabajan en paralelo con las iniciativas europeas en áreas tecnológicas adicionales a las tres que se han comentado previamente. Sin embargo, el programa no está restringido a los siete Estados Miembros comentados, sino que cualquier Organismo Verificador/Laboratorio de Ensayos de cualquier país puede participar, siempre y cuando se satisfagan los requisitos establecidos por el ETV, según se establece en el Protocolo General de Verificación (GVP).

Tal y como se ha podido evidenciar, España no es uno de los países implicados directamente en el desarrollo del sistema ETV. No obstante, entidades como Tecnalia y IPTS – Institute for Prospective Technology Studies, ubicadas en España, sí que participan muy activamente en su desarrollo y lanzamiento.

3.2 Protocolo General de Verificación (GVP)

Este documento consta de tres partes claramente definidas:

- Parte A: Programa piloto de verificación de tecnologías ambientales
- Parte B: Procedimiento de verificación
- Parte C: Gestión de la calidad

Una tecnología ambiental innovadora puede someterse a verificación en el marco del programa piloto de ETV de la UE cualquier entidad jurídica establecida dentro o fuera de la Unión Europea, denominada en lo sucesivo Proponente, si la tecnología cumple los criterios siguientes:

- La tecnología ambiental innovadora alberga potencial para contribuir a la utilización eficaz de los recursos naturales y ofrece un alto nivel de protección del medio ambiente.
- Pertenece a uno de los tres ámbitos tecnológicos comentados previamente.
- Está lista para su comercialización o ya se está comercializando (en este punto existe alguna excepción en la que no merece la pena profundizar).

Las funciones y responsabilidades de los agentes que participan en el esquema ETV se definen claramente en la Figura 6, donde se diferencia la propia estructura del programa piloto y la del esquema de verificación.

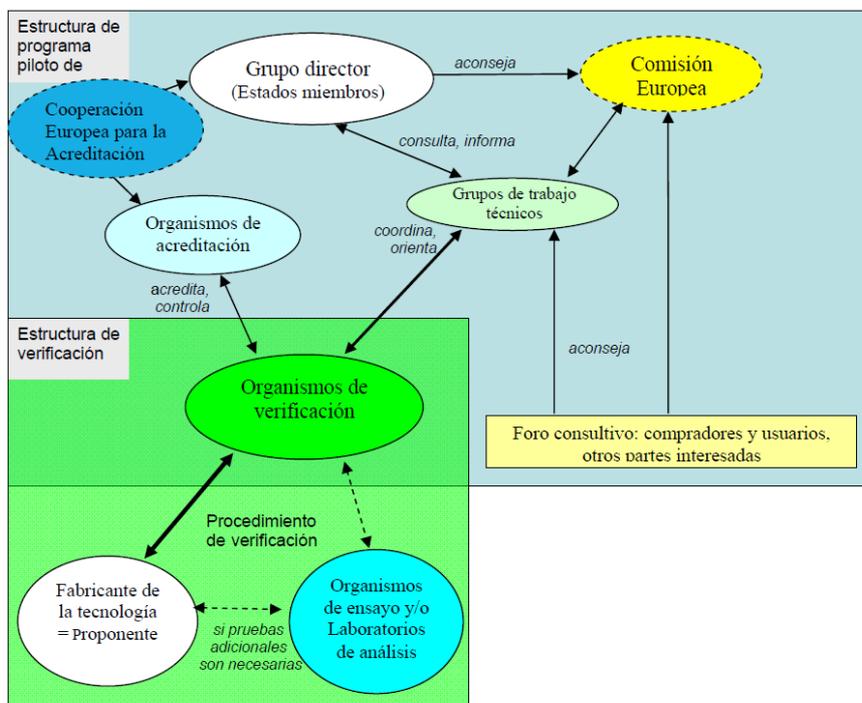


Figura 6: agentes que participan en el esquema ETV.

Las organizaciones que llevan a cabo procedimientos de comprobación individuales en el marco del programa piloto EU-ETV, se resumen en el gráfico representado en la Figura 7.

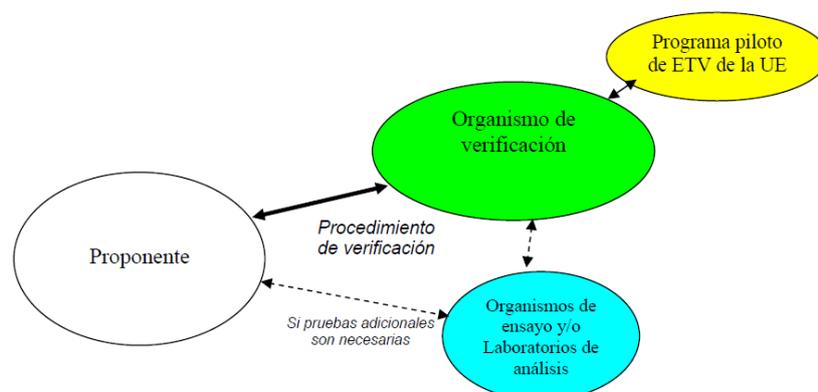


Figura 7: esquema de funcionamiento al aplicar el sistema EU-ETV.

El procedimiento de verificación se divide en varios pasos o fases secuenciales (Figura 8) y detallados en la Parte B del GVP.

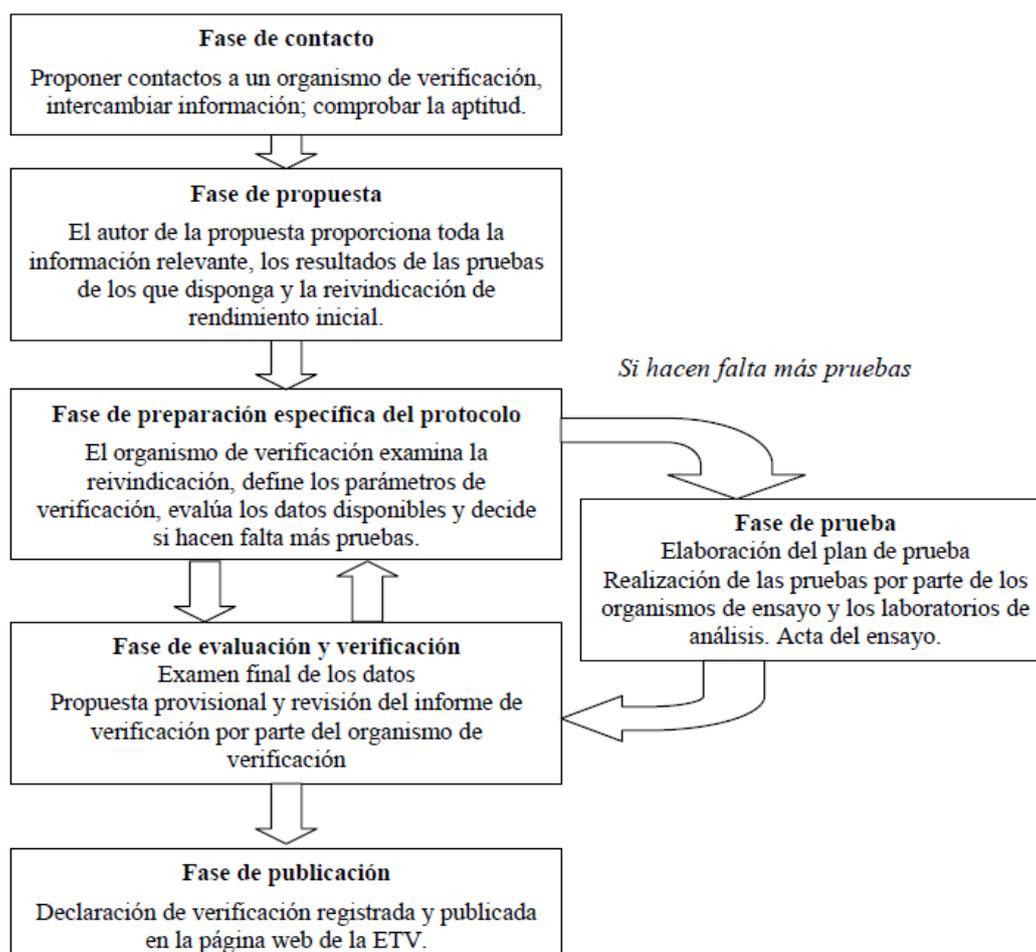


Figura 8: fases de aplicación del GVP

Cabe destacar en la fase final o de publicación que el Proponente puede utilizar el logotipo ETV, lo que sin duda va a ayudar a conseguir el objetivo de facilitar la introducción de la tecnología innovadora en el mercado.

El Organismo de Acreditación garantizará que los Órganos de Verificación cumplen los requisitos establecidos en la norma ISO 17020 así como los contemplados en el GVP, incluido el requisito de disponer de un sistema de gestión de calidad que cumpla con los principios de la norma ISO 9001, y que los laboratorios de análisis se ajusten a los requisitos de la norma ISO 17025.

Será responsabilidad del Organismo de Verificación garantizar que los Laboratorios de Ensayo cumplen los requisitos de gestión de calidad y los requisitos generales de ensayo incluidos en el GVP relativos a todos los organismos que facilitan datos de ensayo al Organismo de Verificación.

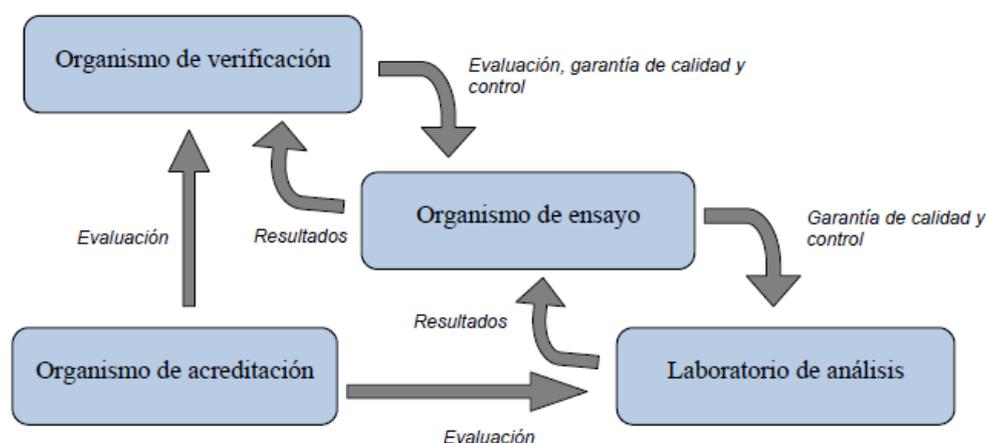


Figura 9: fases de verificación y actuación de los agentes del ETV.

3.3 Área tecnológica de interés para el hormigón

El área de interés del programa EU-ETV es: Materiales, residuos y recursos. Englobada en esta gran área encontramos los siguientes ejemplos que da la Comisión Europea:

- Reciclaje de subproductos y desechos industriales, reciclaje de escombros de construcción (p.e. reutilización de ladrillos).
- Técnicas de separación o segregación de residuos sólidos (p.e. reciclaje de plásticos, aceros embebidos en hormigón), materiales de recubrimiento.
- Recuperación de baterías, acumuladoras y químicas (p.e. técnicas de reutilización de metales pesados).
- Reducción de la contaminación por mercurio en los residuos sólidos (p.e. segregación del mercurio y almacenamiento seguro).

- Productos fabricados con biomasa (p.e. productos sanitarios, bioplásticos, biofueles, enzimas).
-

3.4 Prestaciones técnicas del hormigón

La evolución natural de la normativa y la reglamentación a nivel mundial del hormigón está sujeta actualmente a tendencias que están provocando una transformación profunda en su esencia, pasando de ser prescriptivas a ser más prestacionales.

Este efecto se puede observar tanto a nivel internacional (norma europea EN 206:2013), como a nivel nacional (evolución de la EH-98 a la EHE-08 y filosofía del futuro Código Estructural, actualmente en fase de redacción).

La necesaria revisión de la normativa y reglamentación se pone de manifiesto cuando se evidencian incongruencias para los mismos parámetros o prestaciones previstas para un hormigón con diferentes valores o garantías según el país que esté regulando.

Torrent contrasta el diferente enfoque e incluso contradicciones existentes en las prestaciones relacionadas con la durabilidad del hormigón. La conclusión extraída de sus investigaciones es que la normativa suiza (SIA) no considera la durabilidad del hormigón entendida por su relación a través del contenido mínimo de cemento o su máxima relación a/c sino que se establecen ensayos relacionados con la impermeabilidad de la matriz cementicia.

En la reglamentación española actualmente en vigor, EHE-08, las prestaciones técnicas mínimas que deben ser verificadas al realizar el control de recepción del hormigón en una obra son:

- Resistencia a compresión del hormigón, determinada a la edad de 28 días.
- Consistencia, determinada a través del ensayo de asentamiento mediante el cono de Abrams.
- Durabilidad: a través del control de la dosificación (mínimo contenido de cemento, máxima relación agua/cemento, contenido máximo de cloruros y contenido máximo de finos) y, para determinados ambientes de exposición, a través del ensayo de penetración de agua bajo presión.

Por consiguiente, en este trabajo se tendrán en consideración estas tres prestaciones, entre otras.

3.5 Clasificación del nivel de contribución del hormigón a la sostenibilidad

En lo referente a clasificaciones de hormigones en función de su contribución a la sostenibilidad, este trabajo se centra en dos referencias recientes, dado que la mayoría de referencias están más focalizadas en medición de la huella de carbono de los materiales componentes del hormigón, análisis de ciclo de vida, etcétera. Los dos ámbitos que se han estudiado más en profundidad se refieren directamente al hormigón como producto; éstos son:

- Proyecto europeo SUSTCON-EPV
- EHE-o8

En el proyecto SUSTCON-EPV (Sustainable Concrete Environment Performance Verified CIP-EIP-Eco-Innovation-2009 / Ref. No. ECO/09/256186/SI2.575120), participaron cuatro socios, dos holandeses y dos españoles), según se muestra en la Figura 10. En ese proyecto se establece la viabilidad de clasificar diferentes tipos de hormigón en función de un índice de contribución a la sostenibilidad.



Figura 10: imagen del proyecto europeo SUSTCON-EPV.

Dentro de este proyecto se define una clasificación de los diferentes hormigones en función de su contribución a la sostenibilidad, a través de una herramienta informática de cálculo desarrollada por el profesor Michiel Haas. El sistema está basado en la norma holandesa NEN 8006 "Datos ambientales sobre los materiales de construcción, productos de construcción y elementos de construcción para su inclusión en una declaración medioambiental - Método de determinación del Análisis del Ciclo de Vida (LCA)" combinadas con la norma europea EN 15804 "Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción". El resultado de la combinación de ambas normas se refleja en la selección de las categorías de impacto, según se muestra en la Figura 11.

En la Figura 11 se contemplan las categorías de la norma NEN 8006 y se han marcado en azul claro las categorías contempladas en la norma europea EN 15804.

category A impacts	category B resource use	category C waste	category D output flows
Global warming Potential	Renewable primary energy	Harzardious waste	Components of re-use
Ozon depletion potential	Renewable primary energy, res. raw mate.	Non hazardous waste	Materials for recycling
Acidification	Total renewable energy	radioactive waste	Materials for energy recovery
Eutrophication	Non renewable primary energy		Exported energy
Photochemical ozone	Non renewable primary energy, res. raw mat.		
Depletion of abiotic resources-elements	Total non-renewable energy		Recycling scenarios
Depletion of abiotic resources-fossile fuels	Secondary material		
Human toxicity	Renewable secondary fuels		
Ecotoxicity	Non-renewable secondary fuels		
Landuse	Net fresh water	prEN15804	
Depletion of biotic resources	Totale energy		
Watertoxicity (see)			
Watertoxicity (ground)			

Figura 11: Categorías de impacto de las normas EN 15804 y NEN 8006.

De todas estas categorías, el proyecto SUSTCON-EPV utilizó las marcadas en amarillo de la norma europea y en gris de la norma holandesa, según se indica en la Figura 12.

category A impacts	category B resource use	category C waste	category D output flows
Global warming Potential	Renewable primary energy	Harzardious waste	Components of re-use
Ozon depletion potential	Renewable primary energy, res. raw mate.	Non hazardous waste	Materials for recycling
Acidification	Total renewable energy	radioactive waste	Materials for energy recovery
Eutrophication	Non renewable primary energy		Exported energy
Photochemical ozone	Non renewable primary energy, res. raw mat.		
Depletion of abiotic resources-elements	Total non-renewable energy		Recycling scenarios
Depletion of abiotic resources-fossile fuels	Secondary material		
Human toxicity	Renewable secondary fuels		
Ecotoxicity	Non-renewable secondary fuels		
Landuse	Net fresh water	prEN15804 NEN8006	
Depletion of biotic resources	Totale energy		
Watertoxicity (see)			
Watertoxicity (ground)			

Figura 12: Categorías de impacto seleccionadas para el proyecto europeo SUSTCON-EPV.

Basándose en estas categorías y a través de la utilización de la herramienta informática SimaPro® para el proceso de fabricación del hormigón, se obtienen los resultados representados en la Figura 13.

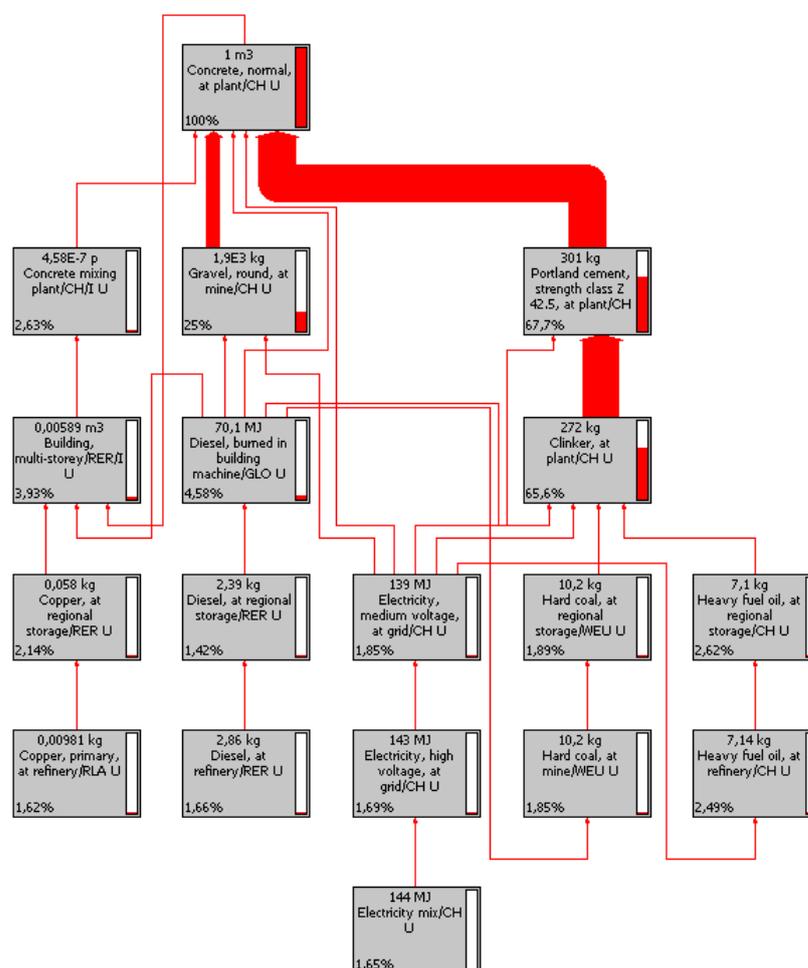


Figura 13: árbol de procesos obtenido con SimaPro® para la fabricación de hormigón.

Puede observarse que la mayor contribución a un impacto negativo para el medio ambiente corresponde a la fabricación del clínker, componente del cemento (representado a través de la línea roja más gruesa). El clínker está presente en mayor proporción en cementos tipo Portland.

A través del proyecto se consigue un índice de sostenibilidad del hormigón que permite, a través de la comparación con un hormigón estándar de referencia que se utiliza para calibrar la herramienta en cada país, ya que influye la normativa y reglamentación nacional que le aplique, clasificar los hormigones con el mismo concepto que se clasifican los electrodomésticos en función de su consumo energético.

En España, en la reglamentación EHE-08, se ha incluido un método pionero en su Anejo 13 para la obtención del Índice de Contribución de la Estructura a la

Sostenibilidad, ICES, basado en el Índice de Sensibilidad Medioambiental de la estructura de hormigón, ISMA. Entre las consideraciones contempladas están:

- Optimización de recursos naturales/materias primas, incluyendo su sustitución por residuos de otros sectores
- Industrialización de los procesos constructivos
- Iniciativas de calidad de producto
- Iniciativas de certificación medioambiental y declaraciones medioambientales de producto
- Aumento de la vida útil de una estructura a través de medidas adicionales que garanticen la durabilidad de las estructuras
- Minimización del impacto social debido a la propia acción de ejecución de la estructura
- Etcétera.

A través de toda la evaluación y aplicación de fórmulas matemáticas, se obtiene una clasificación ICES como se indica a continuación:

- Nivel A: $0.81 \leq \text{ICES} \leq 1.00$
- Nivel B: $0.61 \leq \text{ICES} \leq 0.80$
- Nivel C: $0.41 \leq \text{ICES} \leq 0.60$
- Nivel D: $0.21 \leq \text{ICES} \leq 0.40$
- Nivel E: $0.00 \leq \text{ICES} \leq 0.20$

donde A es el extremo máximo de la escala (máxima contribución a la sostenibilidad) y E es el extremo mínimo de la misma (mínima contribución a la sostenibilidad).

CAPÍTULO 3 Propuesta de la estructura del sistema de certificación

1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN

En el TFM se ha adoptado y adaptado el sistema ETV, mundialmente reconocido, por su similitud en funcionamiento y participación de agentes con el Mercado CE. El primer paso ha sido adaptar un sistema pensado para verificar tecnología a un sistema que verifique el producto, aprovechando al máximo el sistema ETV pero garantizando que el producto final tiene las mismas prestaciones que un hormigón convencional, todo ello reduciendo su impacto ambiental.

Para diseñar el protocolo de actuación, deben definirse claramente qué agentes están involucrados y cuáles son los roles de cada uno:

- **Organismo Verificador:** entidad de certificación de tercera parte, independiente e imparcial. Su función fundamental es definir un Protocolo General de Verificación (GVP: General Verification Protocol) y comprobar el cumplimiento de éste cuando algún fabricante de hormigón lo solicite. El GVP debe contener, como mínimo, tres partes:

- o Parte A: Aspectos organizacionales

Una visión general del funcionamiento del sistema de certificación, para que el solicitante sepa cómo se tomarán las decisiones respecto a la concesión de la marca, cómo se tratan los aspectos relacionados con la confidencialidad, imparcialidad e independencia, etc.

- o Parte B: Procedimiento de verificación

Donde se definan los requisitos, fundamentalmente técnicos, que serán evaluados para la concesión de la marca y para el mantenimiento posterior de la misma. En este procedimiento se indicarán, además, el modo de evaluación, es decir, si se requieren auditorías o inspecciones en las instalaciones de fabricación, si es obligatorio el uso de alguna herramienta de evaluación, etc.

- o Parte C: Sistema de gestión de calidad

La mayoría de certificaciones existentes relacionadas con la calidad, adoptan, total o parcialmente, el esqueleto de la norma ISO 9001. En este apartado deben definirse qué puntos de ese esqueleto o esquema son importantes para la concesión de la marca. El ETV hace hincapié en que este apartado aplica a los organismos verificadores y a los laboratorios de análisis, pero en la adaptación de este TFM se ha añadido la exigencia de cumplimiento a los fabricantes de hormigón debido a la cantidad de referencias reglamentarias que aplican al proceso de fabricación de hormigón en España.

La diferencia fundamental entre el ETV y el Mercado CE está en la definición de las reglas de juego para la evaluación, ya que en el primer caso debe definirlo particularmente cada Entidad de Verificación (elaboración del GVP)

y en el segundo viene establecido por la Comisión Europea y todos los Organismos Notificados deben aplicarlo de igual modo, se trata de normas europeas voluntarias publicadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) que la Comisión Europea “armoniza” y convierte en obligatorias.

El Organismo Verificador habrá de demostrar su competencia técnica, imparcialidad e independencia a través de la acreditación según la norma ISO 17020.

- **Laboratorios de ensayo:** su finalidad es comprobar las prestaciones del hormigón, de acuerdo a las normas de ensayo y procedimientos definidos en el protocolo. Los laboratorios deberán estar acreditados conforme a la norma ISO 17025.
- **Entidades de acreditación nacionales:** con el fin de que el sistema funcione a nivel internacional y aporte suficiente confianza al mercado, se define la necesidad de que cada país disponga de una entidad independiente e imparcial que vele por que todos los Organismos Verificadores que actúen bajo sus fronteras, tengan unas reglas comunes y mantengan el rigor técnico y la competencia necesaria. Son organismos, habitualmente públicos sin ánimo de lucro, que se evalúan entre ellos para que en todos los países se dispongan criterios homogéneos de actuación.
 - o **ISO 17020:** Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección
 - o **ISO 17021:** Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión.
 - o **ISO 17025:** Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
 - o **EN 45011:** Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto (actualmente en transición a la ISO 17065: Evaluación de la conformidad. Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios).
- **Grupos técnicos:** definen desde un punto de vista técnico criterios armónicos para toda Europa. En el sistema de Mercado CE trabajan habitualmente los Organismos Notificados de los diferentes países en múltiples grupos de trabajo de cada producto o familia de productos de construcción. Sería interesante implementar la misma estructura superior del Mercado CE y del sistema ETV.

2 PROTOCOLO GENERAL DE VERIFICACIÓN (GVP)

Para la elaboración del Protocolo General de Verificación (GVP), se han seguido las guías elaboradas por la Comisión Europea para este fin, en su versión 1.0 de 15 de diciembre de 2011. Sin entrar en el formalismo final que deberá definir cada Organismo Verificador, se han seleccionado los aspectos a considerar desde el punto de vista técnico, de garantía de calidad del producto final.

Como se ha comentado en el apartado anterior, el GVP consta de tres partes y documentos de apoyo:

- Parte A: Programa piloto de verificación de tecnologías ambientales
- Parte B: Procedimiento de verificación
- Parte C: Gestión de la calidad

Trabajando en la Parte C del GVP, se ha decidido optar por la evaluación de los siguientes puntos de la ISO 9001, entre paréntesis el punto de la norma que se evaluaría por el organismo verificador:

- Requisitos de la documentación (apartado 4.2)
- Responsabilidad, autoridad y comunicación (apartado 5.5)
- Revisión por la Dirección (apartado 5.6)
- Recursos Humanos (apartado 6.2)
- Infraestructura (apartado 6.3)
- Procesos relacionados con el cliente (apartado 7.2)
- Compras (apartado 7.4)
- Control de la producción y prestación del servicio (apartado 7.5.1)
- Identificación y trazabilidad (apartado 7.5.3)
- Control de los dispositivos de seguimiento y medición (apartado 7.6)
- Auditoría interna (apartado 8.2.2)
- Medición y seguimiento del producto (apartado 8.2.4)
- Control de producto no conforme (apartado 8.3)
- Acciones correctivas (apartado 8.5.2)

Esta parte se tratará *a priori* debido a que no es el objetivo fundamental de este trabajo y una propuesta inicial de exigencias, en cada uno de los puntos de la ISO 9001 seleccionados, podría ser:

Requisitos de la documentación (apdo. 4.2 de la norma)

- La empresa dispondrá de una lista de documentos en vigor que incluirá las normas y documentación externa aplicable, nacional e internacional.
- El fabricante deberá conservar los documentos y registros relacionados con la trazabilidad y calidad del producto (registros relativos a los ensayos, dosificaciones, fórmulas de dosificación y albaranes u hojas de suministro).

Responsabilidad, autoridad y comunicación (apdo. 5.5 de la norma)

- La empresa dispondrá de un organigrama donde se definan las responsabilidades y competencias del personal que realice trabajos que incidan en la calidad, incluyéndose especialmente el papel desarrollado por el laboratorio de control de producción del hormigón.

Revisión por la dirección (apdo. 5.6 de la norma)

- La revisión por la dirección se realizará como mínimo anualmente.

Recursos humanos (apdo. 6.2 de la norma)

- En cada centro donde se fabrique hormigón habrá una persona responsable de la fabricación, con formación y experiencia suficiente, que estará presente durante el proceso de producción.
- En el caso de disponer de laboratorios de control de producción propios, la empresa dispondrá de registros que demuestren la competencia técnica evaluada para la cualificación de los operarios de laboratorio que llevan a cabo los ensayos.

Infraestructura (apdo. 6.3 de la norma)

- La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto. La infraestructura incluye, cuando sea aplicable:
 - Equipos para los procesos (amasadoras, equipos de dosificación...)
 - Servicios de apoyo tales como camiones amasadora móvil, cuando sea necesario transportar el producto.
 - Instalaciones de almacenamiento de materias primas.
 - Recicladoras de agua (si aplica).
- Se dispondrá de un plan de mantenimiento para todos los equipos de proceso que así lo requieran.

Procesos relacionados con el cliente (apdo. 7.2 de la norma)

- El fabricante deberá definir y documentar, la forma de realizar las ofertas y los contratos/pedidos, para asegurar que los requisitos están definidos adecuadamente, que se corresponden con la oferta y que tiene capacidad para suministrar lo solicitado, así mismo, el fabricante debe identificar como se realizan las modificaciones del contrato/pedido y como se transfieren a los responsables que se vean afectados.

Compras (apdo. 7.4 de la norma)

- El fabricante debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compras especificados.

- Los documentos de compra contendrán al menos los requisitos exigibles a cada uno de estos materiales bien mediante especificaciones o bien mediante su conformidad a normas. En el caso de materiales componentes certificados se deberá disponer del mismo. En el caso de materiales componentes que tengan la obligación de disponer de marcado CE, el fabricante solicitará a su proveedor el cumplimiento de esta exigencia, así como la documentación pertinente que así lo demuestre.
- En cuanto a la subcontratación de actividades se aplicará:
 - Laboratorios de ensayo: deberán cumplir los requisitos definidos en este protocolo general de verificación (GVP).

Control de la producción y de la prestación del servicio (apdo. 7.5.1 de la norma)

- El fabricante establecerá por escrito los procedimientos necesarios para poder controlar todas las fases del proceso.
- La empresa dispondrá como mínimo de instrucciones de trabajo o procedimientos documentados que definan los procesos de fabricación que apliquen: gestión de acopios de materias primas, dosificación de materias primas, amasado, transporte, designación de hormigón y entrega y control de recepción.
- Gestión de acopios:
 - Los materiales constituyentes deberán almacenarse de forma que se evite su segregación o contaminación. Los acopios deberán permanecer limpios y correctamente identificados.
 - Si existen instalaciones para almacenamiento de agua o aditivos, serán tales que eviten cualquier contaminación.
 - Los aditivos pulverulentos se almacenarán en las mismas condiciones que los cementos y conglomerantes hidráulicos.
 - Los aditivos líquidos y los pulverulentos diluidos en agua se deben almacenar en depósitos protegidos de la helada y que dispongan de elementos agitadores para mantener los sólidos en suspensión.
 - El sistema de acopios deberá permitir una perfecta trazabilidad para cada una de las amasadas mediante un control continuo y documentado de la recepción y consumo de dichos materiales componentes.
- Control de producción:
 - Las centrales de fabricación de hormigón deberán tener implantado un sistema de control de producción que contemple la totalidad de los procesos que se lleven a cabo en las mismas y de acuerdo con lo dispuesto en la reglamentación vigente del país donde vaya a suministrar el producto.

- Amasado del hormigón: el amasado del hormigón se realizará mediante uno de los procedimientos siguientes:
 - totalmente en amasadora fija;
 - iniciado en amasadora fija y terminado en amasadora móvil, antes de su transporte;
 - en amasadora móvil, antes de su transporte.

La homogeneidad del amasado se comprobará conforme se indica en este protocolo general de verificación (GPV).

- Transporte del hormigón:
 - Para el transporte del hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.
 - El tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media, salvo que se utilicen aditivos retardadores de fraguado. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.
 - Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.
 - Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.
 - El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.
 - El lavado de los elementos de transporte se efectuará en balsas de lavado específicas que permitan el reciclado del agua.

Identificación y trazabilidad (apartado 7.5.3)

- Se deberá garantizar la trazabilidad de cada una de las amasadas mediante un control continuo y documentado de la recepción y el consumo de los materiales constituyentes del hormigón.
- Las actas y registros de los resultados de los ensayos de control de producción y verificación deben ser trazables hasta los productos objeto de ensayo.
- En el caso de las verificaciones de las básculas de dosificación, las pesas patrón utilizadas deberán de presentar trazabilidad a patrones internacionales o, su defecto, los equipos utilizados para su calibración.

Control de los dispositivos de seguimiento y medición (apdo. 7.6 de la norma)

- La empresa establecerá y mantendrá al día procedimientos documentados para controlar, calibrar y realizar el mantenimiento de los equipos de inspección, medición y ensayo utilizados para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados.
- Se deberá establecer por escrito un plan de calibración y otro de mantenimiento para todos aquellos equipos de inspección, medición y ensayo que así lo requieran.
- Las calibraciones se podrán realizar internamente o externamente (se entiende por calibración interna, aquella calibración realizada por personal cualificado de la propia empresa y que utiliza patrones propios de la empresa y por calibración externa, aquella realizada por un laboratorio de calibración externo a la empresa).
- Para las calibraciones internas, el fabricante deberá disponer las correspondientes instrucciones de calibración, así como del certificado de calibración de los patrones internos con trazabilidad a patrones nacionales o internacionales reconocidos, con una antigüedad entre tres y cinco años, dependiendo de la frecuencia de uso de los mismos.
- Se deberá identificar el estado de calibración de los equipos mediante etiquetas. Las calibraciones deberán realizarse mediante patrones que tengan trazabilidad a patrones nacionales o internacionales reconocidos.
- Como norma general se deben calibrar los equipos siempre que se hayan sobrecargado o manipulado o se tengan dudas de su correcto funcionamiento.
- Para una mejor comprensión clasificaremos los equipos en dos grupos:
 - Equipos de laboratorio (balanzas, prensa de rotura, tamices, estufas, etc). Los equipos de laboratorio deberán calibrarse según se indica a continuación:
 - **Prensas de rotura:** la frecuencia de las calibraciones de las máquinas de fuerza se realizará según la norma de ensayo correspondiente. El registro de los datos será automático para impedir la manipulación de los mismos.

- **Balanzas:** al menos una vez al año.
- Equipos de proceso de producción:
 - **Instalaciones de dosificación:** La dosificación se realizará totalmente en automático impidiendo las variaciones no autorizadas de dosificación. Si se detectan variaciones no admisibles se deberá actuar inmediatamente y se dejará registro de todas las actuaciones llevadas a cabo. Las instalaciones de dosificación dispondrán de silos con compartimientos adecuados y separados para cada una de las fracciones granulométricas necesarias de árido. Cada compartimiento de los silos será diseñado y montado de forma que pueda descargar con eficacia, sin atascos y con una segregación mínima, sobre la tolva de la báscula.

Deberán existir los medios de control necesarios para conseguir que la alimentación de estos materiales a la tolva de la báscula pueda ser cortada con precisión cuando se llega a la cantidad deseada.

Las tolvas de las básculas deberán estar construidas de forma que puedan descargar completamente todo el material que se ha pesado.

Los instrumentos indicadores deberán estar completamente a la vista y lo suficientemente cerca del operador para que pueda leerlos con precisión mientras se está cargando la tolva de la báscula. El operador deberá tener un acceso fácil a todos los instrumentos de control.

Bajo cargas estáticas, las básculas deberán tener una apreciación del 0,5 por 100 de la capacidad total de la escala de la báscula. Para comprobarlo deberá disponerse de un conjunto adecuado de pesas patrón.

El medidor de agua deberá tener una precisión tal que no se rebase la tolerancia de dosificación del 3% en peso.

Los dosificadores para aditivos estarán diseñados y marcados de tal forma que se pueda medir con claridad la cantidad de aditivo correspondiente a 50 kilogramos de cemento.

El sistema de gestión de datos de la fabricación del hormigón permitirá supervisar a tiempo real su producción. Deberá quedar registrada la producción diaria de hormigón con los datos reales de dosificación frente a la prevista, como mínimo de cemento, áridos, aditivo y agua dosificada. Se dispondrá de sistemas electrónicos adecuados para garantizar la dosificación prevista de cemento, agua y aditivo, como mínimo.

- **Equipos de amasado:** Los equipos pueden estar constituidos por amasadoras fijas o móviles capaces de mezclar los componentes del hormigón de modo que se obtenga una mezcla homogénea y completamente amasada, de tal manera que garantice la calidad del proceso de amasado.

Las amasadoras deberán ostentar, en un lugar destacado, una placa metálica en la que se especifique:

- para las fijas, la velocidad de amasado y la capacidad máxima del tambor, en términos de volumen de hormigón amasado;
- para las móviles, el volumen total del tambor, su capacidad máxima en términos de volumen de hormigón amasado, y las velocidades máxima y mínima de rotación.

Auditoría Interna (apdo. 8.2.2 de la norma)

- Se realizará auditoría interna del sistema de gestión de calidad como mínimo anualmente, contemplando como mínimo todos los requisitos definidos en este protocolo general de verificación (GVP).

Seguimiento y medición del producto (apdo. 8.2.4 de la norma)

- La empresa establecerá procedimientos documentados para las actividades de inspección y ensayo con el objeto de verificar que se cumplen los requisitos especificados para el producto.
- El fabricante deberá realizar, como mínimo, el control de producción conforme a este protocolo general de verificación (GVP)

Control de producto no conforme (apdo. 8.3 de la norma)

- Cuando se detecte producto no conforme en producto ya entregado al cliente, el fabricante le informará por escrito y le indicará el proceso a seguir para solucionar el problema.
- La empresa realizará el tratamiento de las no conformidades que resulten de las inspecciones y ensayos no conformes con las especificaciones requeridas, de las reclamaciones de clientes y de las auditorías internas y de tercera parte. Todas las reclamaciones de los clientes deben quedar registradas y deben emprenderse, por cada una de ellas, las acciones correctivas que procedan por tratarse dentro del sistema de calidad como no conformidades.

Acciones correctivas (apdo. 8.5.2 de la norma)

- El fabricante deberá registrar el tratamiento eficaz de los informes de los productos no conformes y las acciones correctivas llevadas a cabo para que no vuelva a suceder.

Siguiendo con el sistema para la elaboración del protocolo, un posible índice del GVP podría ser:

- 1) OBJETO
- 2) ALCANCE
- 3) DOCUMENTACIÓN RELACIONADA
- 4) DEFINICIONES
- 5) PROCEDIMIENTO PARA LA CONCESIÓN DEL DERECHO DE USO DE LA MARCA
 - 5.1) Solicitud y ajuste del alcance de verificación
 - 5.2) Aceptación a trámite
 - 5.3) Ensayos de control de producción del fabricante previos
 - 5.4) Ensayos de verificación previos
 - 5.5) Evaluación del índice de sostenibilidad
 - 5.6) Visita Previa (opcional)
 - 5.7) Inspección de Verificación
 - 5.8) Concesión/ Denegación de la Marca Ampliación del derecho al uso de la Marca
- 6) PROCEDIMIENTO PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PRODUCTOS CON LA MARCA
 - 6.1) Reclamaciones
 - 6.2) Tratamiento de cambios de los datos del titular o del producto
- 7) MARCADO Y ETIQUETADO
 - 7.1) Logotipo de la Marca
 - 7.2) Información de suministro
- 8) RENUNCIA O RETIRADA DE LA MARCA TIPOS DE LABORATORIO Y REQUISITOS PARA LOS MISMOS
 - 9.1) General
 - 9.2) Requisitos adicionales que deben cumplir los laboratorios de autocontrol interno
- 9) PRESTACIONES TÉCNICAS Y ENSAYOS
 - 10.1) Objeto
 - 10.2) Ensayos sobre Producto Acabado
 - 10.3) Criterios de conformidad
- 10) PRESTACIONES RELACIONADAS CON LA SOSTENIBILIDAD
 - 11.1) Objeto
 - 11.2) Diseño de la herramienta evaluadora (si procede)
 - 11.3) Niveles de sostenibilidad del hormigón
- 11) SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Para obtener informe global satisfactorio de la aplicación del GVP se han de superar las siguientes fases:

- auditoría de certificación (durante la que se verificarán los puntos incluidos en el GVP relacionados con el sistema de calidad y el control de producción establecido),
- ensayos para la verificación de las prestaciones técnicas (definidas en el Capítulo 4 de este TFM), y
- clasificación del impacto medioambiental (definido en el Capítulo 5 de este TFM).

3 PRESTACIONES DEL HORMIGÓN

Como se ha comentado en el Capítulo 1 de Introducción, el hormigón no está previsto que vaya a disponer de marcado CE. Las causas fundamentales podrían ser dos:

- No es un producto que habitualmente sea comercializado entre países diferentes (excepto en los casos extremos de las zonas fronterizas). Lo que hace innecesaria la disposición del mencionado *pasaporte europeo*.
- No es un producto fabricado en serie en una instalación industrial y que pueda almacenarse y adquirirse *a posteriori*, para lo que sería necesario tenerlo caracterizado y etiquetado. El hormigón fresco podría definirse como producto semielaborado, no final. En este supuesto llama la atención que las mezclas bituminosas sí deben disponer de marcado CE.

Teniendo en cuenta estos comentarios, pareciera que no se ha basa en un criterio principalmente técnico la ausencia de marcado CE para el hormigón, sino a una ausencia de presión por parte de las asociaciones de fabricantes de hormigón

No obstante, en la práctica, un hormigón fresco adecuado para el uso tiene diferentes prestaciones en función de:

- Funcionamiento estructural, definido en el proyecto de la estructura de hormigón.
- Diseño de la mezcla de materiales componentes del hormigón, basado en:
 - o Transformaciones minerales (“actividad puzolánica y comportamiento hidráulico)
 - o Distribución de los diferentes tamaños de partícula de modo homogéneo
 - o Adhesión de todos los componentes
- Mezcla de componentes y amasado
- Vertido en moldes o encofrados
- Curado
- Condiciones ambientales
- Control de calidad

Las propiedades que influyen a la hora de elegir las prestaciones técnicas están basadas en función del cliente/utilizador del hormigón. Se han tenido en cuenta aspectos como:

- Coste
- Trabajabilidad/Consistencia
- Propiedades mecánicas en diferentes estados
- Durabilidad
- Sostenibilidad
- Estética
- Propiedades físicas (acústicas, termales, densidad,...)

- Responsabilidad

Evaluando la siguiente normativa:

- EN 206-1: CONCRETE. PART 1: Specification, Performance, Production and Conformity
- NORME BELGE NBN B 15-100: Methodology for the assessment and the validation of the fitness for use of cements or additions of type II for concrete
- CUR AANBEVELINGEN, The Netherlands.
- BENOR/ATG (General Technical Approval), Belgium
- DIBt “Sondergenemigung”(special approval), Germany
- EHE-o8
- Swiss Standards

En función de toda esta información, se han seleccionado unos métodos de ensayo, la mayoría están disponibles de un modo habitual en el mercado ya que su metodología de ensayo se encuentra estandarizada.

Los ensayos básicos tienen por objeto describir la función y comportamiento de los conglomerantes hidráulicos en la matriz del hormigón, pero sin la capacidad de demostrar una idoneidad específica al uso.

En conclusión, las prestaciones técnicas a evaluar serán:

- Durabilidad
- Prestaciones reológicas
- Prestaciones físico-mecánicas
- Sostenibilidad

Es importante remarcar que, llegado a este punto, no se persigue garantizar completamente ninguna de las cuatro prestaciones técnicas evaluadas, sino que se evalúa el cumplimiento de los valores declarados para cada una de las propiedades consideradas dentro de cada una de las prestaciones, obtenidas como valor objetivo mediante los ensayos definidos en el siguiente punto.

4 ENSAYOS SELECCIONADOS

Los ensayos utilizados para demostrar las prestaciones técnicas seleccionadas son:

4.1 Durabilidad

La durabilidad, definida habitualmente por el Autor en los proyectos de estructuras de hormigón, se podrá comprobar mediante los siguientes ensayos indicados en la Tabla 8.

Tabla 8: ensayos seleccionados para comprobar la prestación de la durabilidad

Ensayo	Norma de ensayo
Penetración de agua bajo presión	EN 12390-8:2001
Carbonatación	EN 12395:2005
Ataque por sulfatos	SIA 262/1 2003
Migración de cloruros	NT Build 492
Succión capilar	IRAM 1871
Hielo-deshielo	CEN TS 12390-9-EX
Permeabilidad al aire de una superficie de hormigón	SIA 262/1-E

4.2 Prestaciones reológicas

El objetivo de estos ensayos es evaluar la reología del hormigón fresco respecto a lo establecido en el proyecto y los requisitos de diseño.

La trabajabilidad del hormigón se evaluará a través del ensayo de consistencia según se especifica en la norma europea EN 12350-2.

En el caso de hormigón autocompactante, se tendrán en consideración las recomendaciones del Anejo 17 de la EHE-08.

4.3 Prestaciones físico-mecánicas

Las características mecánicas vienen definidas en el proyecto y en el pliego de prescripciones técnicas particulares del mismo. Los ensayos seleccionados son los resumidos en la Tabla 9.

Tabla 9: ensayos para la comprobación de las prestaciones físico-mecánicas

Ensayo	Norma de ensayo
Resistencia a compresión	EN 12390-2
Resistencia a flexión	EN 12390-5
Tracción indirecta	EN 12390-6
Módulo elástico - Young	UNE 83.316:96
Retracción	Procedimiento propio de AIDICO

Como variable que afecta a los resultados, se considerarán diferentes condiciones de curado (tiempo, temperatura y humedad), ya que no sólo estará limitada a la edad de 28 días, humedad relativa > 95% y temperatura 20 ± 2 ° C. Se considerarán edades superiores de curado sea apropiado. Condiciones semihúmedas también podrían ser consideradas para evaluar las prestaciones técnicas en ambientes con humedades más próximas a la realidad.

Existen además otras propiedades físicas que podrán ser evaluadas, según la norma de ensayos que le aplique. Por ejemplo: densidad (norma EN 12350-6), contenido de aire (norma EN 12350-7), conductividad térmica, resistencia al fuego, propiedades acústicas, propiedades estéticas, etcétera.

4.4 Sostenibilidad

En esta parte se va a definir un sistema un sistema de clasificación de los diferentes tipos de hormigón en función de su impacto medioambiental, siempre y cuando se puedan garantizar las mismas prestaciones técnicas. Para conseguir esta clasificación es necesario definir un hormigón de referencia. La sostenibilidad no puede ser entendida como una herramienta de venta o una etiqueta comercial, debe poder medirse y devolvernos valores reales que permitan al usuario disponer de la información necesaria.

La definición del hormigón de referencia es un punto clave, en este TFM se ha seleccionado como hormigón de referencia el que fabricaba la empresa que quería certificar su hormigón con el sistema propuesto, con el fin de medir desde el punto de partida y dar recorrido a una mejora en las condiciones. No obstante, este punto requerirá de un trabajo de investigación específico, según se recomienda en el último capítulo de este trabajo.

Conforme una empresa quiera ir mejorando la clasificación de su hormigón piloto, deberá siempre compararlo con respecto al hormigón que fabricaba habitualmente en la primera evaluación realizada. De este modo puede verse la evolución real en la disminución del impacto medioambiental de los productos fabricados por una empresa.

Cuando el fabricante solicite la certificación para un hormigón, se deben evaluar las dosificaciones del hormigón de partida (referencia) y del hormigón a certificar (piloto). Una vez conocidas las dosificaciones, se procedería a aplicar las herramientas informáticas disponibles en el mercado para medir su impacto ambiental a través de la obtención de los kilogramos de CO₂ emitidos. Para ello también se tendrán en consideración aspectos relevantes como el modo de fabricación (por ejemplo: si es amasado en central industrial o utilizando mezcladoras móviles, etcétera), la distancia o radio geográfico máximos de alcance al que pueden suministrar el hormigón fresco sin modificar el impacto a la sostenibilidad, la utilización de residuos industriales de la zona, etcétera.

Pese a que el hormigón de referencia se fabricará a escala de laboratorio y con los medios de éste, únicamente se modificará en el cálculo de su impacto su diferente dosificación, con el fin de que la comparación sea referencia de cada fabricante en sus condiciones habituales de fabricación. En los cálculos de ambos hormigones será necesario establecer un escalado kilométrico de radio de acción que aportará diferentes cantidades de kilogramos de CO₂ emitidos y que, en consecuencia, podría dar resultados de clasificación diferente del hormigón.

Finalmente, se obtendrán los valores del índice de sostenibilidad del hormigón (SIC):

$SIC_{referencia}$

$SIC_{pilotoN}$, donde N es el número correlativo del hormigón correspondiente al demostrador que se pretende evaluar.

Conocidos los valores del índice de sostenibilidad se procede a comparar los valores aplicando la siguiente expresión:

$$SIC_{referencia}/SIC_{pilotoN}=SC_N$$

En función del valor de SC_N obtenido, el hormigón del piloto N quedaría clasificado como:

- Clase A: $SC_N \geq 2,01$
- Clase B: $1,51 \leq SC_N \leq 2,00$
- Clase C: $1,26 \leq SC_N \leq 1,50$
- Clase D: $1,01 \leq SC_N \leq 1,25$
- Clase E: $SC_N \leq 1,00$

siendo la Clase A la de mejor comportamiento de las prestaciones relacionadas con sostenibilidad y E la clase que debe mejorarse sin dudar por haber clasificado como la de mayor impacto con el medio ambiente.

El fabricante, una vez haya obtenido la clasificación del hormigón piloto, podrá evaluar posibilidades de mejorar la dosificación, método de fabricación, disminución del radio de acción o cualquier componente que ayude a mejorar el índice SIC y, en consecuencia, devuelva mejor resultado de clasificación del impacto.

Este índice es necesario contrastarlo con muchos hormigones y en zonas geográficas diferentes, con el fin de poder evaluar si diferencia coherentemente los hormigones en cualquier caso.

Una vez el sistema de certificación haya llegado a un estado de madurez e implementación generalizada, probablemente muchos hormigones certificados sean de Clase A, por lo que será necesario elevar la exigencia y reevaluar los hormigones frente a la nueva referencia, con el fin de conseguir la mejora continua a través de la retroalimentación del propio sistema, tal y como se sugiere en cualquier sistema de gestión mundial.

CAPÍTULO 6 Verificación práctica de la propuesta de certificación

En este capítulo se van a poner en práctica el proceso de certificación propuesto en el Capítulo 3. Buscando la amplitud del trabajo con el fin de ver ejemplos diversos, se mostrarán tres ejemplos de proceder. El primero es un hormigón convencional, que satisface la reglamentación española EHE-08 y el segundo y tercer ejemplo son hormigones más innovadores por introducir diferentes aplicaciones y materias primas alternativas. Todos ellos obtendrán como resultado final un certificado de prestaciones.

PILOTO 1: fabricación de hormigón HA-25/B/20/IIa

Para la fabricación de este hormigón se seguirán las indicaciones establecidas en la EHE-08, tanto para los tipos y cantidades de materias primas de su dosificación, como para el resto de parámetros que se encuentran regulados. En consecuencia, se obtiene un hormigón fresco sobre el que se realizarán unos ensayos en función de las propiedades declaradas por el fabricante.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de la planta de hormigón, se obtendría la siguiente información declarada por parte del fabricante, como mínimo:

- Resistencia a compresión a 28 días
- Consistencia
- Contenido mínimo de cemento
- Relación a/c
- Contenido máximo de cloruros
- Contenido máximo de finos
- Radio máximo de suministro alrededor de la planta

El hormigón de referencia en esta planta era un producto que cumplía estrictamente la EHE-08 con un cemento CEM I 42.5 R y querían evaluar el impacto de cambiar el cemento por uno con menor contenido en clínker del tipo II. Lo esperable sería que la clasificación fuera mejor de Clase E ya que se reducirán, previsiblemente, las aportaciones de CO₂ del conjunto total.

A través de una inspección a la fábrica y de solicitar toda la información posible, se obtendrían, por un lado los resultados de los ensayos establecidos en la EHE-08 y, por otro lado, la evaluación del impacto a través de la medición del impacto a la sostenibilidad.

Si durante el proceso de certificación se obtuviera algún incumplimiento o desviación respecto a los valores declarados se podrá optar por las dos soluciones siguientes:

- Nueva declaración de los valores por parte del fabricante, ajustándose a los resultados contrastados en los ensayos, o

- Empezar acciones correctivas con el fin de subsanar las deficiencias o incumplimientos detectados.

Del mismo modo, se pueden encontrar desviaciones o incumplimientos durante las inspecciones a la fábrica para verificar el sistema de gestión de calidad propuesto, lo que únicamente podría subsanarse mediante la implantación de acciones correctivas que subsanen dichas no conformidades del sistema.

En la Figura 14 se puede observar un ejemplo del certificado de prestaciones que otorgaría la entidad de certificación una vez concedida la certificación.



No. XXX/AAAA

Otorgado por: (LOGOTIPO ENTIDAD DE CERTIFICACIÓN)

A:

(NOMBRE DE LA EMPRESA)

Para su centro de producción ubicado en:

(UBICACIÓN DE LA CENTRAL)

Para el producto:

HA-25/B/20/IIa

Cuyas prestaciones declaradas son:

Característica	Valor declarado
Resistencia a compresión a 28 días	> 25,6 MPa
Consistencia	Entre 6 y 8 cm
Contenido mínimo de cemento	≥ 80 kg
Relación a/c	0,50
Contenido máximo de cloruros	0,3 % en peso de cemento
Contenido máximo de finos	≤ 60 kg
Radio máximo de suministro alrededor de la planta	≥ 0 km
SIC _{referencia}	XX
SIC _{hormigón certificado}	XX

La evaluación de las prestaciones ha resultado satisfactoria y la clasificación obtenida es:

CLASE C

Válido mientras no se modifiquen las condiciones en las que se evaluó.

Firma, fecha y lugar

Figura 14: certificado de prestaciones del hormigón evaluado, en azul se indican los campos que deben cumplimentarse con los datos reales.

PILOTO 2: fabricación de hormigón ligero utilizando cáscara de coco

A continuación se evalúa un piloto que se ha obtenido del proyecto SUSTCON-EPV en el que se espera poder reutilizar residuos de la zona que puedan aportar nuevas prestaciones, por ejemplo, la obtención de hormigones más ligeros, lo que repercutirán favorablemente en el peso de la estructura y todos los aspectos relacionados con él.

Estas experiencias tuvieron lugar en la empresa Projar, S.L., que es una empresa española, ubicada en Valencia, con más de 30 años de experiencia suministrando productos para centros de jardinería. Projar, S.L. tiene operaciones de negocio en diferentes países del mundo.

Debido a su interés en diversificar sus actividades a otros sectores y reutilización de residuos agrícolas, se consideró que la cáscara de podría ser utilizado como sustituto del árido para la fabricación de hormigón, consiguiéndose un hormigón más ligero que el convencional debido a la baja densidad de este subproducto agrícola.

El árido natural es el componente mayoritario (desde el punto de vista volumétrico) del hormigón. Este uso masivo conlleva sobreexplotación de los recursos naturales, por lo que sustituirlo por cáscara de coco, que además es un residuo agrícola, resulta desde el punto de vista medioambiental un avance tecnológico en los hormigones resultantes, por lo que encaja en la filosofía y definiciones de este trabajo final de máster.

La producción mundial de coco está estimada en 29 billones de toneladas/año. Los principales componentes del coco son: pulpa, cáscara y agua, siendo respectivamente: 28, 47 y 25%, en peso, aproximadamente. La cáscara se subdivide en dos porciones diferentes y, en este sentido, aproximadamente 4 millones de toneladas de cáscara aprovechable para fabricar hormigón se producen anualmente. La composición de la cáscara de coco es principalmente orgánica, basada en celulosa (60-70%), lignina (25-40%), metoxila (4-6%) y ceniza (0,25-0,75%).

Otra información: En todos los países productores, la cáscara de coco se utiliza como combustible. Pero referente a su uso como árido para hormigón, no hay demasiadas referencias que apoyen esta aplicación. Adeyemi et al concluyen que el uso de este material como árido ligero para hormigón con baja resistencia, que se puede utilizar en viviendas de bajo coste de países en vías de desarrollo.

Los principales objetivos a conseguir mediante la aplicación del proceso de certificación son los siguientes:

- Revalorizar un residuo agrícola: cáscara de coco

- Reemplazar la arcilla expandida por cáscara de coco como material constituyente para fabricar hormigones ligeros
- Elaborar algunos elementos prefabricados (pilares) que formarán parte de una vivienda piloto de bajo coste (ver Figura 15 y 16).

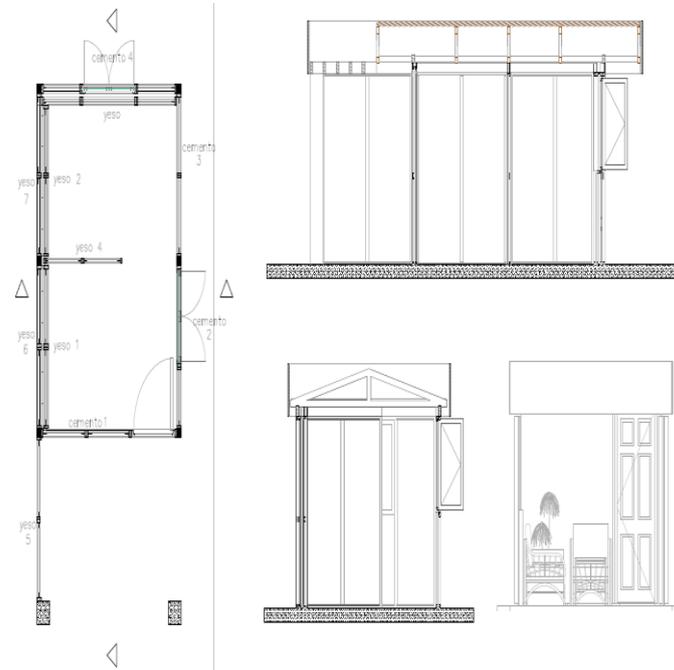


Figura 15: planos de la vivienda piloto de bajo coste

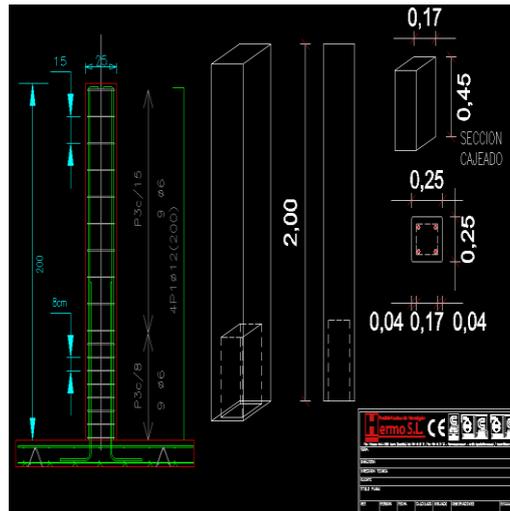


Figura 16: planos de pilares (arriba), armadura pasiva en molde encofrado (derecha b)

Los pasos a seguir fueron:

- Obtener el diseño de la mezcla para fabricar hormigón ligero con cáscara de coco, comparando las prestaciones con los hormigones de referencia.
- Verificar el proceso de fabricación de hormigón con cáscara de coco.

El diseño de la mezcla fue elaborado a escala de laboratorio por AIDICO-Instituto Tecnológico de la Construcción, mientras que los pilares fueron elaborados en la empresa de prefabricados HERMO, S.L. La vivienda de bajo coste fue fabricada con los medios de la empresa Projar, S.L.

Se proporcionó un estudio con los primeros resultados, con el fin de evaluar la influencia de la cáscara de coco como árido ligero. Para esto, diferentes diseños de mezclas fueron formuladas y propiedades como la densidad, consistencia, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y otras fueron evaluadas. Este estudio se publicó en XXXVII IAHS Congreso Mundial de Viviendas celebrado en Santander (España) en octubre de 2010. Este estudio proporcionó las bases para

elegir un diseño de mezcla para fabricar hormigón ligero con cáscara de coco como árido ligero.

Requisitos de diseño del hormigón

- Tipo de hormigón: hormigón ligero, densidad < 2000 Kg/m³
- Trabajabilidad (asentamiento): Plástico 3-6 cm
- Resistencia a la compresión: C25/C30, según la norma europea EN 206-1
- Módulo elástico >10 GPa
- Tipo de clase de exposición XC2, según la norma europea EN 206-1
- Prestaciones de durabilidad: penetración de agua, coeficiente de migración de cloruros, carbonatación y hielo-deshielo mejores que el hormigón convencional de referencia.

Diseño de la mezcla con cáscara de coco

En la Tabla 10 se indica la dosificación utilizada para la mezcla del hormigón que se pretende comprobar, el hormigón piloto.

Tabla 10: dosificación del hormigón con cáscara de coco

Componente	Tipo	Kg/m³
CEM I 52.5R	Cemento	534
CHRYSO®Fluid Premia 360	Aditivo	0,26
Cáscara de coco 5/10	Grava	420
Polvo de cáscara de coco	Finos	9,4
Árido sin finos 0/6	Arena	828
Agua	Agua	210,2

Diseño de la mezcla para el hormigón de referencia: C25/C30, clase de exposición XC2

Para la dosificación del hormigón de referencia, se seleccionaron los materiales y cantidades resumidos en la Tabla 11, fundamentada en la dosificación habitual de la empresa; dosificación que deseaba mejorar desde el punto de vista de impacto medio ambiental utilizando cáscara de coco.

Tabla 11: dosificación del hormigón de referencia

Componente	Tipo	Kg/m ³
I 52.5R/SR	Cemento	280
Árido calizo 0/4	Arena	878
Árido calizo 4/16	Grava	1074
Agua	Agua	168

Todos los materiales se pesaron manualmente excepto el cemento y la arena, que fueron pesados y añadidos automáticamente por las dosificadoras de la planta de fabricación. La cáscara de coco se pesó en pequeños contenedores, de 15 Kg cada uno, y se saturaron con agua (se añadieron 17 L a cada contenedor, ver Figura 17). La cáscara de coco estuvo humedeciéndose durante 5 horas, absorbió 7,5% de agua.

El proceso de mezcla se realizó como se indica a continuación:

1. La cáscara de coco (sin agua) se añadió a la mezcladora junto con el polvo de cáscara de coco.
2. La arena natural se añadió en modo automático a la mezcladora.
3. La mezcla de áridos obtenida se homogeneizó mediante mezclado.
4. Se añadió el cemento y el agua
5. Se ajustó la consistencia de la mezcla añadiéndole una cantidad extra de agua.



Figura 17: saturación con agua de la cáscara de coco



A



b



C



d

Figura 18: proceso de mezclado en planta de prefabricados (Prefabricados HERMO SL)

Los moldes para la fabricación de los pilares fueron rellenos con la mezcla de hormigón preparada. Al mismo tiempo, se tomaron muestras relleno moldes de probetas cilíndricas para ensayar y evaluar las prestaciones técnicas obtenidas (ver Figura 19).



Figura 19: proceso de llenado de moldes de pilares y probetas de laboratorio

Los pilares fueron desmoldados y transportados a la empresa Projar S.L. con el fin de colocarlos en el piloto de casa prefabricada de bajo coste.



Figura 20: proceso de desencofrado y transporte

En el laboratorio de AIDICO-Instituto Tecnológico de la Construcción se realizaron los ensayos que se resumen a continuación:

- Densidad (UNE EN 12390-7)
- Resistencia a compresión (EN 12390-4)
- Módulo de elasticidad de Young (UNE 83316)
- Penetración de agua bajo presión (EN 12390-8)
- Coeficiente de migración de cloruros determinado por experimentos de migración de estado-no-estacionario (NT Build 492)
- Hielo-deshielo (UNE CEN TS 12390-9)
- Ensayo de carbonatación (UNE EN 13295)

En la Tabla 12 se resumen los resultados obtenidos para los hormigones ensayados.

Tabla 12: dosificación del hormigón de referencia

	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m ³)	R _{compresión} (MPa)			Módulo Elástico (GPa)
			7d	28d	60d	
Hormigón ligero	10.0	1855	26.3	32.1	34.8	11.0
Referencia	9.5	2354	27.5	33.1	36.5	27.7

	Coeficiente de migración de cloruros 10 ⁻¹² m ² /s	Penetración máxima de agua mm	Penetración media de agua mm	Hielo-deshielo Pérdida masa (%) 56d		Carbonatación, 90d (mm)
				agua	NaCl 3%	
Hormigón ligero	9.8	50	40	0.3	3.0	0.3
Referencia	23.5	60	50	1.2	79.5	1.2

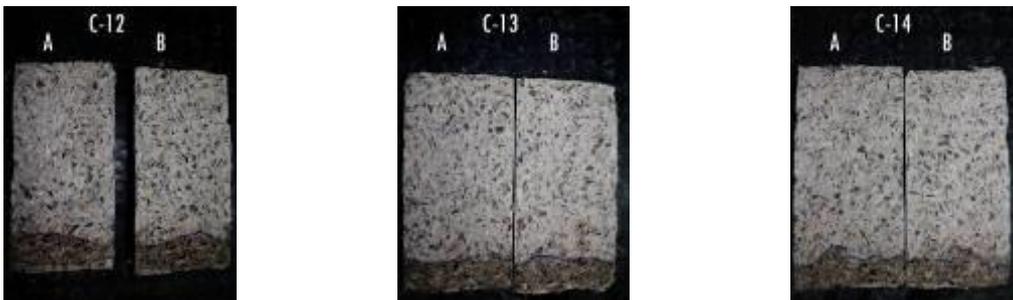


Figura 21: ensayo de penetración de agua bajo presión



Figura 22: coeficiente de migración de cloruros determinado por experimentos de migración de estado-no-estacionario



Figura 23: ensayo de carbonatación

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el índice de sostenibilidad del hormigón, que han sido calculados mediante los datos del proyecto europeo SUSTCON-EPV, resultando:

$$SIC_{\text{referencia}} = 343,1 \text{ Kg CO}_2$$

$$SIC_{\text{coco}} = 486,2 \text{ Kg CO}_2$$

Realizando los cálculos necesarios, se clasificaron los hormigones como:

$$SC_{\text{coco}} = 0,71 \text{ por lo tanto el hormigón codificado como SCC-1 sería de Clase E}$$

Por lo tanto, se extraen las siguientes conclusiones inmediatas referentes a la aplicación del procedimiento de certificación a este hormigón:

- La resistencia a compresión del hormigón ligero es equivalente a la del hormigón de referencia. De hecho, de acuerdo a la reglamentación española, el diseño de la mezcla con cáscara de coco podría utilizarse como hormigón ligero estructural porque se supera el valor mínimo requerido (15-20 MPa).
- El valor del módulo elástico es inferior al del hormigón de referencia. Sin embargo, el valor satisface los requisitos del proyecto y, por tanto, los valores declarados por el fabricante
- Se obtuvo mejor durabilidad en términos de coeficiente de migración de cloruros y de carbonatación, comparándolo con el hormigón de referencia. Además, la misma tendencia se obtuvo para la penetración de agua bajo presión y el ensayo de hielo-deshielo.
- En el hormigón fabricado con coco se ha empeorado el impacto medioambiental, pese a que parecía *a priori* que al utilizarse un residuo de otra industria y disminuir la cantidad de materias primas naturales reduciría dicho impacto, por tanto, se han aumentado las emisiones de CO₂, ya que los valores de SC son inferiores a la unidad. Las causas fundamentales podrían ser dos:

- que fue necesario utilizar más cemento en la dosificación para garantizar las prestaciones técnicas, y
 - que las características físicas de la cáscara de coco como árido dificultaron mucho la manipulación de la mezcla con el fin de obtener la homogeneidad requerida, lo que hizo necesaria una mayor energía eléctrica de la amasadora.
- Las prestaciones técnicas son equivalentes, en rasgos generales y sin considerar la prestación de la sostenibilidad, pero con el valor añadido de haberse transformado en un hormigón ligero, con las ventajas asociadas que este aspecto conlleva.

El resultado de aplicación del GVP fue satisfactorio en general, el certificado de prestaciones debería haberse emitido con clasificación de impacto a la sostenibilidad Clase E, pero el fabricante desearía aplicar acciones correctivas relacionadas con la dosificación fundamentalmente para mejorar la clasificación. Esas acciones correctivas deberían ir encaminadas a modificar la dosificación disminuyendo la cantidad de cemento o probando con un cemento con menos clínker ya que, otra variable que influye mucho en el impacto al medio ambiente es el transporte, que no aplica en este caso debido a que se trata de una central de hormigón prefabricado.



Figura 24: pilares de hormigón ligero utilizando cáscara de coco como árido fueron colocados en la estructura de una vivienda prefabricada de bajo coste.

La mala clasificación de impacto ambiental también se debió Al haberse realizado las pruebas en una empresa de prefabricados de hormigón con certificación ISO 9001 para sus sistemas productivos, la parte C del protocolo general de verificación se considera convalidada.

En conclusión, no podría certificarse el hormigón puesto que no se ha obtenido el resultado de mejora del impacto medioambiental, hasta que no se estudiaran modificaciones en las dosificaciones enfocadas a disminuir el porcentaje de clínker de la mezcla diseñada.

PILOTO 3: fabricación de hormigón autocompactante para aplicaciones en elementos prefabricados de hormigón no estructural (bancos y vallas)

En este piloto la empresa peticionaria de la marca solicitaría comparar su hormigón convencional (referencia) con un hormigón nuevo, que fundamentalmente supondría la sustitución del cemento utilizado por otro con *filler* calizo y escorias siderúrgicas.

Prefabricados HERMO, S.L. es una empresa española de prefabricados de hormigón, ubicada en Vinaroz (Castellón), con más de 30 años de experiencia en la fabricación de productos prefabricados de hormigón estructurales y no estructurales.



Figura 25: fotografías de la empresa Prefabricados Hermo, S.L.

Prefabricados HERMO, S.L. es consciente de la importancia de fabricar productos más respetuosos con el medioambiente, de ahí su interés en la sostenibilidad como parte del negocio.

El peticionario comentó la importancia que le dan sus clientes a las prestaciones relacionadas con la prestación de sostenibilidad, por lo que su máximo interés estaba en mantener las prestaciones técnicas del hormigón, obteniendo una muy buena clasificación de impacto al medio ambiente, como mínimo Clase B.

A continuación se detallan dos clientes del fabricante de hormigón que le habrían trasladado esos requisitos de *producto sostenible*.

CLIENTE 1: Ciudad de Vinaroz, a través del Ayuntamiento de la ciudad.

PROYECTO: vallas fabricadas con hormigón sostenible.



Figura 26: valla fabricada con hormigón suministrado por HERMO

CLIENTE 2: privado

PROYECTO: Valla decorativa alrededor de una casa, fabricada con hormigón sostenible

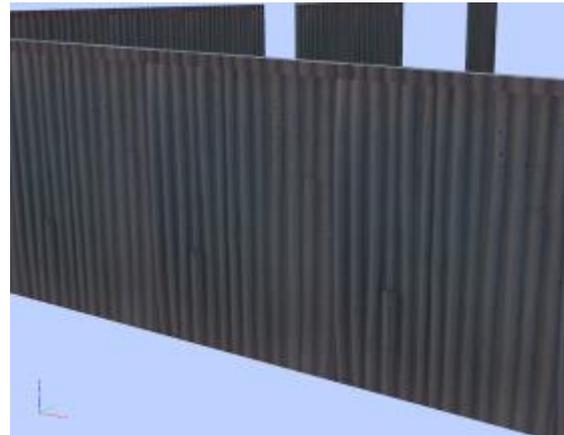
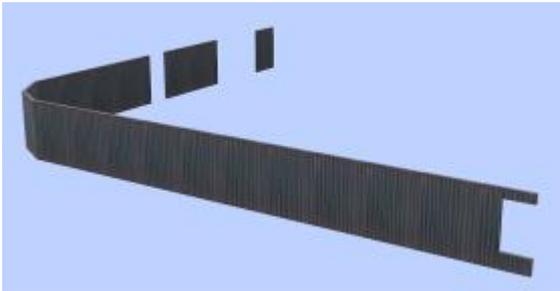


FIGURA 27: detalle de la decoración superficial de la valla

El fabricante decidió probar y ensayar la mezcla convencional de hormigón autocompactante y una mezcla alternativa sustituyendo el cemento Portland convencional por filler calizo (materia prima natural) y escoria siderúrgica de alto horno granulada (GGBFS, sus siglas en inglés), que es un residuo de la industria siderúrgica.

El uso de escoria siderúrgica no está permitido por la reglamentación española en vigor, EHE-08, para la fabricación de hormigón, como adición al hormigón. Sin embargo, su uso es habitual en otros países europeos ya que está contemplado en la norma europea EN 206 y además es un producto que dispone de marcado CE, por lo que sus prestaciones mínimas de homogeneidad están contrastadas ya que el sistema de evaluación de la constancia de las prestaciones que le aplica es el más exigente, el 1+.

En definitiva, el principal objetivo es diseñar una mezcla de hormigón más sostenible para hormigón de uso no estructural con prestaciones técnicas equivalentes al hormigón convencional habitual del fabricante..

Resultados preliminares

Últimamente, se ha avanzado mucho en el sector en el diseño de dosificaciones más sostenibles, mediante el uso de adiciones de bajo impacto medioambiental para fabricar hormigones autocompactantes. Se espera obtener, en consecuencia, una mejor clasificación del hormigón innovador a probar.

Diseño de la mezcla con escoria

- Tipo de hormigón: hormigón autocompactante
- Trabajabilidad (escurrimiento): $T_{50} > 600$ y $V_{\text{tiempo embudo}} < 5$ s
- Resistencia a compresión: C12/C15, conforme a EN 206-1
- Módulo de elasticidad > 20 GPa
- Clase de exposición: tipo Xo, conforme a EN 206-1
- Prestaciones de durabilidad: penetración de agua bajo presión, coeficiente de migración de cloruros, carbonatación, hielo-deshielo, porosidad, resistencia a sulfatos y absorción de agua por capilaridad. Todos estos parámetros iguales o mejores que el hormigón de referencia (C20/C25, clase de exposición XC1).

Diseño de la mezcla con escoria siderúrgica y filler calizo

Se diseñaron dos fórmulas de hormigón autocompactante utilizando GGBRS y filler calizo con los tipos de materiales y cantidades que se indican en la Tabla 13.

Tabla 13: dosificación del hormigón innovador a probar

Componente	Tipo	Kg/m ³	
		SCC-1	SCC-2
CEM I 52.5R	Cemento	60	100
Filler calizo	Filler	281	213
Escoria siderúrgica	Adición	144	201
CHRYSO®Fluid Premia 360	Aditivo	1.6	2.1
Árido 6/12	Grava	796	796
Árido sin finos 0/6	Arena	1068	1062
Agua	agua	160	156

Diseño de la mezcla para el hormigón de referencia: C20/C25, clase de exposición XC1

En la Tabla 14 se establecen las cantidades y tipos de materias primas utilizadas en la fórmula escogida para el hormigón de referencia, el habitual del fabricante respecto al que se medirá el hormigón autocompactante nuevo.

Tabla 14: dosificación del hormigón de referencia

Componente	Tipo	Kg/m³
CEM I 52.5R/SR	Cemento	280
Árido calizo 0/4	Arena	878
Árido calizo 4/16	Grava	1074
Agua	Agua	168

Para la obtención de los hormigones a medir se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones en la fabricación de las mezclas:

- La escoria siderúrgica se pesó manualmente. El resto de componentes se pesaron y añadieron automáticamente a la mezcladora.
- Las propiedades reológicas se midieron utilizando el equipo Reómetro 4C (ver Figura 28), ofreciendo valor de rendimiento, viscosidad y T_{50} .



a



b



c



d

Figura 28: proceso de fabricación y evaluación del hormigón: a) pesado manual de la escoria siderúrgica, b) Reómetro 4C, c) escurrimiento del hormigón autocompactante, d) fabricación de probetas para los ensayos de hormigón



a



b



c



d

Figura 29: moldes y proceso de curado de la formula SCC-2: a) Molde de banco, b) Curado del hormigón en del molde del banco, c) Molde de valla, d) Curado del hormigón en el molde de valla

A continuación se listan los ensayos realizados:

- Densidad (UNE EN 12390-7)
- Resistencia a compresión (EN 12390-4)
- Módulo de elasticidad de Young (UNE 83316)
- Penetración de agua bajo presión (EN 12390-8)
- Coeficiente de migración de cloruros determinado por experimentos de migración de estado-no-estacionario (NT Build 492)
- Hielo-deshielo (UNE CEN TS 12390-9)
- Ensayo de carbonatación (UNE EN 13295)
- Porosidad (ASTM C642)
- Absorción de agua por capilaridad (IRAM 1871)
- Evaluación del ataque por sulfatos (SIA 262/1 Anexo D)

Los resultados obtenidos para los ensayos realizados, se resumen en la Tabla 15, a continuación.

Tabla 15: resumen de resultados obtenidos en los ensayos

	T_{50}	V_{embudo}	Densidad	$R_{\text{compresión}}$ (MPa)			Módulo Elástico
	(cm)	(s)	(Kg/m ³)	7d	28d	60d	(GPa)
SCC-1	630	2	2300	12.5	17.8	21.0	22.4
SCC-2	640	3	2250	4.8	17.8	26.3	23.0
Referencia	nd	nd	2354	27.5	33.1	36.5	27.7

	Porosidad	Absorción de agua por capilaridad	Resistencia a sulfatos
	%	(g/m ² ·s ^{1/2})	(‰)
SCC-1	18.8	9.2	nd
SCC-2	19.0	6.2	0.8
Referencia	14.7	5.6	2.2

nd: no determinado

	Coefficiente de migración de cloruros	Penetración máxima de agua	Penetración de media de agua	Hielo-deshielo Pérdida de masa 56d	Carbonatación, 90d
	10^{-12} m ² /s	mm	Mm	agua NaCl 3%	(mm)
SCC-1	15.3	140	130	8.4	41.5
SCC-2	13.7	78	70	0.8	8.3
Referencia	23.5	60	50	1.2	79.5

SCC-1



Agua desionizada



Disolución NaCl 3%

SCC-2



Agua desionizada



Disolución NaCl 3%

Figura 30: probetas del ensayo de hielo-deshielo (UNE CEN TS 12390-9)

SCC-1



SCC-2



Figura 31: probetas resultado del ensayo de carbonatación (UNE13295)

En el siguiente paso, se evaluó el índice de sostenibilidad del hormigón, utilizándose los resultados del proyecto europeo SUSTCON-EPV, resultando como se indica a continuación:

$$SIC_{\text{referencia}} = 343,1 \text{ Kg CO}_2$$

$$SIC_{\text{SCC-1}} = 145,8 \text{ Kg CO}_2$$

$$SIC_{\text{SCC-2}} = 177,6 \text{ Kg CO}_2$$

Realizando los cálculos necesarios, se clasificaron los hormigones como:

$SC_{\text{SCC-1}} = 2,06$; por lo tanto el hormigón codificado como SCC-1 sería de Clase A

$SC_{\text{SCC-2}} = 1,69$; por lo tanto el hormigón codificado como SCC-1 sería de Clase B

Si recapitulamos las conclusiones que cabe extraer a la luz de los resultados, podríamos decir que:

- La clasificación de impacto al medio ambiente, es decir, de evaluación de la prestación relacionada con la sostenibilidad ha resultado satisfactoria con las expectativas del fabricante, ya que en ambas dosificaciones se ha obtenido una clasificación como mínimo B.
- El diseño de la mezcla SCC-1 se rechazó debido a que sus prestaciones técnicas no satisfacen los requisitos establecidos en el proyecto y, en consecuencia, cabría rediseñarla para subsanar los incumplimientos o replantearse las prestaciones declaradas por otras de menor exigencia.
- La mezcla SCC-2, en general, presenta mejores prestaciones en durabilidad, evidenciado en la mayoría de resultados de los ensayos relacionados, por ejemplo: resistencia a sulfatos, hielo-deshielo y resistencia a la migración de cloruros que el hormigón de referencia. Sin embargo, presenta una porosidad superior que se ve reflejada en el ensayo de absorción de agua bajo presión y por capilaridad, lo que cabría subsanarse con acciones correctivas a través de

nuevas dosificaciones o modificación/eliminación de estas prestaciones declaradas del certificado.

- La mezcla SCC-2 satisface los requisitos de resistencia mecánica a compresión.
- La menor alcalinidad del SCC-2 debido al menor contenido en Cemento Portland se ve reflejada en el ensayo de carbonatación comparándolo con el hormigón de referencia.

En este caso, algunos valores indicadores de las prestaciones están por debajo de los obtenidos en el hormigón de referencia. Sin embargo, esa predisposición a la corrosión de las armaduras debida al efecto de la carbonatación podría estar compensada por el mejor resultado de resistencia a la migración de cloruros respecto al hormigón de referencia.

Es muy importante colocar la armadura pasiva correctamente dentro del molde/encofrado, considerando los recubrimientos que marca la reglamentación para los elementos prefabricados de hormigón. Asimismo, es recomendable la monitorización e inspección visual de los elementos fabricados con la mezcla SCC-2 a lo largo de la vida del elemento.



Figura 32: algunos ejemplos de resultados del producto prefabricado de hormigón terminado.

Finalmente, se concluye que podría concederse un certificado de prestaciones para cada una de las dosificaciones evaluadas, equivalente al de la Figura 14, con las prestaciones declaradas por el fabricante, entre las que se incluiría la autocompactabilidad y la muy buena clasificación de impacto ambiental, lo que sin duda sería muy bien aceptado por sus clientes, favoreciendo el objetivo fundamental del sistema: facilitar la puesta en el mercado de los productos basados en prestaciones. Los procesos de fabricación de los hormigones probados se llevaron a cabo en una empresa con certificación ISO 9001, por lo que la parte de sistema de gestión del protocolo de verificación estaría cubierta.

CAPÍTULO 7 Conclusiones y futuras líneas de investigación

1 CONCLUSIONES

En este capítulo se van a presentar las conclusiones generales con el fin de evaluar si es posible aplicar la certificación de prestaciones diseñada en este TFM, para el producto hormigón, obteniéndose finalmente un sello o *marcado* de calidad con el valor añadido de clasificar los hormigones en función de su impacto ambiental.

Fruto del estudio del estado del arte actual en materia de certificación se concluye que:

- El Mercado CE no contempla, ni está previsto que lo haga a medio plazo, al producto hormigón, pese a que sí que es obligatorio para productos equivalentes como los morteros, las mezclas bituminosas o los elementos prefabricados de hormigón. En la mayoría de los casos es suficiente con un certificado de control de producción en fábrica, sistema de evaluación de la consistencia de las prestaciones 2+, por parte de una tercera parte independiente, que no contrasta las propiedades técnicas del producto. En conclusión, para el hormigón sería más interesante adoptar un sistema 1+ ó un sistema 1, que prevea la realización de ensayos por una tercera parte independiente, habitualmente un laboratorio acreditado.
- El sistema ETV está implementándose a gran velocidad en Europa, después de adoptarse las tendencias mundiales de países como Canadá o Japón, además está siendo muy apoyado, directamente y a través de subvenciones, por la Comisión Europea, por lo que adoptarlo para un nuevo sistema de certificación de prestaciones facilitaría la introducción de producto innovadores en el mercado.
- La definición de las prestaciones técnicas del hormigón nos revela que aunque las tendencias internacionales van en la misma dirección, es decir, hacia tener en cuenta las mismas características del producto, todavía hay mucha divergencia en los métodos de ensayo y especificaciones reguladas. Esto es lógico si se tiene en cuenta que el hormigón es un producto regional, que se entrega al cliente relativamente cerca del punto donde se ha fabricado (en el caso de hormigón preparado o premezclado). En este punto y dado que hay gran ausencia de homogeneidad en los requisitos relacionados con todo el proceso de elaboración del hormigón, lo más interesante es centrarse en las características del producto final, tal y como se ha realizado en este TFM.

Fruto de la observación de la aplicación del procedimiento de verificación/certificación definido en los casos estudiados se puede concluir que:

- Los hormigones convencionales tienen posibilidad de mejorar sus prestaciones y poder disponer del *marcado* definido en este TFM.
- En ocasiones sustituir materias primas naturales por subproductos o residuos industriales de otros sectores, no da lugar a hormigones más sostenibles.
- Los factores que más perjudican al impacto medioambiental y, en consecuencia, desemboca en una peor clasificación sostenible, son el contenido de clínker en el cemento utilizado en la dosificación y el transporte, por tanto, es importante tener en cuenta las dosificaciones y el radio geográfico de actuación de la planta de la planta de hormigón ya que, controlándolos se puede repercutir favorablemente en la clasificación del nivel de contribución del hormigón a la sostenibilidad.
- Es necesario tener en consideración factores más amplios que los que se han considerado en este TFM, como por ejemplo, la vida útil solicitada en el proyecto para la estructura de hormigón, que debería ser muy superior a la del hormigón de referencia con el fin de beneficiar la clasificación del hormigón desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Por último, las conclusiones generales que se extraen de este TFM son:

- Es posible adaptar el sistema ETV a una certificación de prestaciones *ad hoc* para el hormigón, contando con el respaldo internacional y la colaboración de los agentes implicados, incluidos los organismos oficiales.

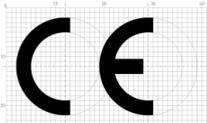
A continuación se muestran algunas conclusiones más centradas en::

- Comparativa entre Mercado CE y sistema ETV
- Prestaciones técnicas del hormigón
- Resultados de los casos estudiados

1.1 Mercado CE vs. ETV

Los resultados demuestran que tanto los agentes implicados como el proceso de funcionamiento son paralelos, tienen muchos puntos comunes, que se resumen en la Tabla 16, donde se pueden observar que ambos sistemas tienen contemplados puntos equivalentes. Por tanto, sería posible obtener el sello o *marcado* del hormigón con el procedimiento contemplado en este TFM y que utiliza gran parte del sistema implantado actualmente para el mercado CE.

Tabla 16: comparativa mercado CE y sistema ETV

	Marcado CE	ETV
Definición de las reglas de funcionamiento	RPC + Grupos de OO.NN. europeos	Documentos Grupo Director + Grupos de trabajo técnicos
Requisitos técnicos	Normas armonizadas	GVP
Prestaciones técnicas iniciales	Ensayos de tipo	Ensayos
Certificado de prestaciones	DdP + Certificado Organismo notificado (según sistema de evaluación de consistencia de las prestaciones) + etiquetado CE	Certificado del organismo verificador
Máximo órgano garante de todo el sistema	Comisión Europea DG Enterprise and Industry	Comisión Europea - DG Environment a través del Grupo Director
Entidad acreditación	ENAC en España	ENAC en España
Entidad certificación	Organismo Notificado	Organismo Verificador
Laboratorio contraste	Organismo Notificado	Laboratorio de ensayo acreditado
Norma acreditación entidad de certificación	ISO 17021, ISO 17020, EN 45011	ISO 17020
Norma acreditación laboratorio	ISO 17025	ISO 17025
Garante de la calidad del producto respecto a las prestaciones certificadas	Fabricante/Vendedor	Fabricante
Logotipo general		

Los esquemas de funcionamiento también son muy similares, como se puede observar en la Figura 33 correspondiente al sistema ETV, inmediatamente se puede comprobar con la Tabla 16 la equivalencia en el sistema para la obtención/concesión del Mercado CE.

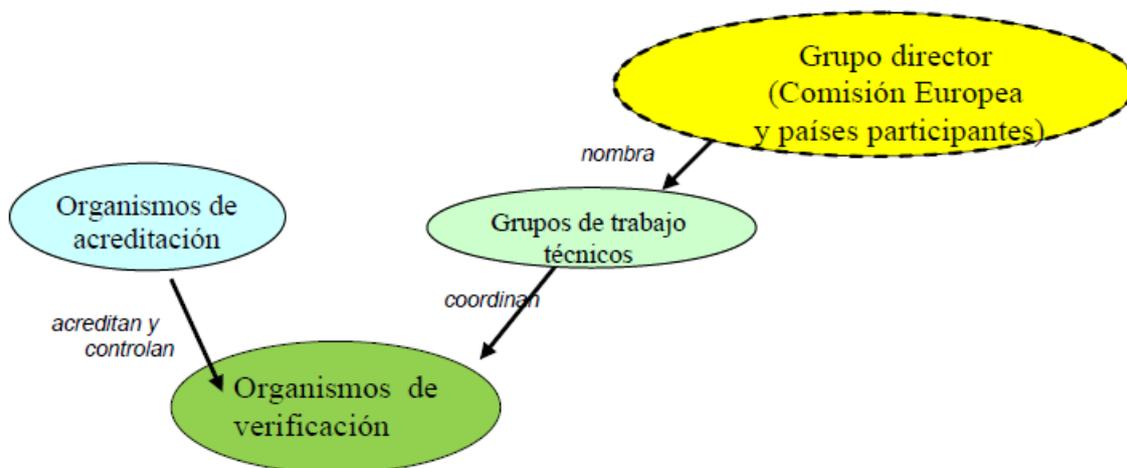


Figura 33: interrelación entre los agentes para el funcionamiento del sistema ETV

Además, ambos sistemas están pensados para declarar prestaciones técnicas denominadas esenciales en el mercado CE, para que el usuario o comprador pueda saber *a priori* si el producto etiquetado va a satisfacer sus necesidades. También en ambos casos la prestación relacionada con la sostenibilidad se tiene en consideración, aunque toma más protagonismo en el sistema desarrollado en este TFM. Por tanto, en ambos casos el enfoque es a satisfacer las expectativas del cliente, a través de un lenguaje común y reconocido internacionalmente que facilite la inclusión en el mercado.

1.2 Prestaciones técnicas del hormigón

Después de estudiar los intereses de los clientes y que marcan las demandas del mercado se concluye que las prestaciones relacionadas con las cuatro características:

- mecánicas,
- reológicas
- relacionadas con la durabilidad del producto, y
- relacionadas con la sostenibilidad

son las más interesantes para comenzar debido a que, de un modo u otro, tienen regulaciones en cualquier país.

Las características mecánicas vienen dadas por el proyecto, donde el Autor establece las condiciones para que el producto funcione correctamente dentro de la estructura completa. En el caso de las propiedades reológicas existe una relación más clara con el receptor del producto fresco para su colocación en los moldes o encofrados, no directamente con el usuario final o cliente, pero sí que puede afectar finalmente a aspectos como el aspecto estético, etcétera.

Y las propiedades relacionadas con la durabilidad de las estructuras darán la publicidad al producto una vez colocado ya que a lo largo del tiempo se verá si es necesario o no realizar mantenimientos correctivos o reparadores del hormigón endurecido, cuestión del todo desagradable para el usuario final y de mala publicidad en el mercado. Además, un producto más duradero es un producto más sostenible.

2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A raíz de las conclusiones de este TFM, se pueden plantear las siguientes líneas de investigación:

- Definición de prestaciones técnicas del hormigón, con aceptación internacional y valoradas por los clientes.

- Guía para la redacción de un protocolo general de verificación, GVP, específico para el producto hormigón.
- Diseño de una declaración de prestaciones, internacionalmente aceptada, para respaldar los hormigones certificados que buscan demostrar que son más respetuosos con el medioambiente.
- Sistema de clasificación de los hormigones en función de su impacto medioambiental teniendo en cuenta más factores además de la emisión de CO₂ y que contemple aspectos de futuro, no únicamente del momento mismo de la fabricación como son los hormigones de larga vida y mínimo mantenimiento preventivo, lo que repercutiría favorablemente en el impacto medioambiental de la estructura resultante.
- Definición de un hormigón de referencia internacional, frente al que poder comparar cualquier hormigón del que se pretenda saber si es más o menos sostenible. Probablemente habría que definir diferentes hormigones de referencia en diferentes regiones geográficas debido a que influyen muchos aspectos locales, por ejemplo: las materias primas. Sin este hormigón de referencia es muy difícil poder establecer la base o punto de partida sobre el que ir progresando en una mejor clasificación de impacto medioambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rodríguez Valenzuela, S. Artículo “Ecoetiquetado del hormigón elaborado”. Revista Hormigonar n.26, páginas 94-96. Argentina, 2012. ISBN I663-608X
- [2] Rodríguez Valenzuela, S. Conferencia “Innovación en sostenibilidad de productos de construcción: ecoetiquetado del hormigón premezclado”. Asamblea anual de la Federación Iberoamericana de Hormigón Premezclado, Brasilia – Brasil, 2011.
- [3] Rodríguez Valenzuela, S. Ponencia de congreso “Retos tecnológicos del hormigón: nanotecnología y sostenibilidad”. Reunión del Concreto – RC-12, Cartagena de Indias – Colombia, 2012.
- [4] Rodríguez Valenzuela, S. Conferencia “Innovación tecnológica en la industria del concreto”. 23 Encuentro nacional de la industria de hormigón premezclado, AMIC. Cancún – México, 2012.
- [5] Torrent, R. Conferencia “Tendencias en normas de hormigón: de prescriptivas a prestacionales”. XII Congreso Iberoamericano de Hormigón Premezclado. Mar del Plata - Argentina, 2010.
- [6] Luis M. Ordóñez Belloc, David Martínez, Cristina Suesta, Ángel López Buendía. “Cemento supersulfatado como alternativa al cemento Portland convencional para el desarrollo de hormigones autocompactantes sostenibles”. 1er Congreso Español sobre Hormigón Autocompactante, España, 2008.
- [7] Calero, M., Lladosa, Z., Haas, M. “A first approach of sustainability index for number 1 construction material: concrete. Page 23. BSA2012. Porto. 2012. ISBN 978-989-95671-7-7 y e-ISBN 978-989-95671-6-0.
- [8] Haas, M. “Environmental Building Index as a tool for the management. Sustainable Buildings Proceedings” Maastricht 22-25 October 2000. Pages 686-688. ISBN: 90-75365-36-5.
- [9] Girbés I., Ordóñez, L.M., Alquiles J., Florencio, B., Luján, J.L., López, Buendía A., Martí P. “Demostrable a escala industrial de la aplicación de HAC con lodos de Corte de Mármol”. 2º Congreso Ibérico sobre el Hormigón Autocompactante, Guimaraes, Portugal, 2010.
- [10] Ordóñez, L. M., Aliques, J., García Sanfélix, S. “Actividad hidráulica de escoria granulada de altos hornos ultrafina para el desarrollo de materiales de construcción de bajo impacto medioambiental”. II Simposio Aprovechamiento de Residuos Agro-industriales como Fuente Sostenible de Materiales de Construcción, Valencia, España, 2010.
- [11] Rubio - Hernández F. J., Velázquez-Navarro J. F., Ordóñez - Belloc L.M. “Rheology of concrete: a study case based upon the use of the concrete equivalent mortar”. Materials and Structures, DOI 10.1617/s11527-012-9915-1, July 2012.
- [12] Grimwood B. E. “Coconut Palm Products. Their processing in developing countries”. FAO, 1975.

- [13] Ramaswamy S. D., Murthy C. K., Nagaraj T. S. "Use of waste materials and industrial by-products in concrete construction. New concrete materials". Ed. R. N. Swamy, pp. 137-149, 1983.
- [14] Adeyemi AY. "An investigation into the suitability of coconut shells as aggregates in concrete production". Journal of Environment Design and Management, 17-26, 1998.
- [15] François de Larrard. Structures Granulaires et formulation des Bétons. Études et Recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 2000.
- [16] Reglamento (UE) 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo del 2011.
- [17] RPC-Productos de Construcción. Mercado CE ¿cómo se comprueba? Versión 3, noviembre 2013.
- [18] Reglamento (UE) N° 305/2011, Productos de construcción. "Preguntas frecuentes". 30 de mayo de 2013.
- [19] ERMCO Guide to EN 206:2013 Rev. Number 2. 8 May 2013.
- [20] ETV – Programa piloto de verificación de tecnologías ambientales de la UE. Protocolo general de verificación. Versión 1.0 – 15 de diciembre de 2011.
- [21] EU ETV pilot programme. Frequently Asked Questions.
- [22] Directiva 89/106/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1988, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre productos de construcción.
- [23] Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) aprobada por Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.
- [24] Norma europea UNE EN 206-1:2008 "Hormigón. Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad".
- [25] Norma europea UNE EN 196-1:2005 "Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas."
- [26] Norma europea UNE EN 480-8:1997 "Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del extracto seco convencional".
- [27] Norma europea UNE EN 12350-2:2006 "Ensayo de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento".
- [28] Norma europea UNE EN 12350-6:2006 "Ensayo de hormigón fresco. Parte 6: Determinación de la densidad".
- [29] Norma europea UNE EN 12390-7:2001 "Ensayos de hormigón endurecido. Densidad del hormigón endurecido".
- [30] Norma europea UNE EN 12390-3:2003 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas".
- [31] Norma europea UNEEN 12390-6:2001 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Determinación de la resistencia a tracción indirecta de probetas".
- [32] Norma europea UNE EN 12390-5:2001 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5: Determinación de la resistencia a flexión de probetas".
- [33] Norma europea UNE EN 12390-8:2001 "Ensayos de hormigón endurecido. Profundidad de penetración de agua bajo presión".
- [34] Norma europea UNE EN 1097-2 "Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación".

- [35] Norma europea UNE EN 933-3:1997 “Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas”.
- [36] Norma española UNE 80106:1986 “Métodos de ensayo de cementos. Ensayos físicos. Determinación de la finura con el permeabilímetro Blaine”.
- [37] Norma española UNE 83133:1990 “Áridos para hormigones. Determinación de las densidades, coeficiente de absorción y contenido de agua en el árido fino”.
- [38] Norma española UNE 83134:1990 “Áridos para hormigones. Determinación de las densidades, porosidad, coeficiente de absorción y contenido en agua del árido grueso”.
- [39] Norma americana ACI C318 “Standard Specification for Gypsum Formboard”.
- [40] Norma mexicana NMX-C-403-ONNCCE-1999 “Concreto Hidráulico de Uso Estructural”.