

3º Cuaderno PTEC

Evaluación técnica y aseguramiento de la innovación

Elaborado por



Grupo de Trabajo de Impulso a la Innovación

Con la colaboración de



Cofinanciado por



octubre 2017

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- DEFINICIONES	5
3.- REGLAMENTO Y NORMATIVA	8
4.- EL RIESGO	13
5.- EL ASEGURAMIENTO	14
6.- LA EVALUACIÓN DE LA INNOVACIÓN.....	16
7.- LOS ORGANISMOS EVALUADORES	21
DEFINICIONES.....	21
QUÉ ES UN ORGANISMO EVALUADOR	21
QUÉ DEBERÍA CUMPLIR.....	22
QUÉ SE RECOMIENDA EXIGIRLE.....	23
CENTROS RECONOCIDOS PARA DESARROLLAR PROCEDIMIENTOS	23
8.- EJEMPLOS	25
8.1 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN FORMAL	25
Sistemas de Refuerzo de Estructuras de Edificación de Hormigón Armado. SIKA	25
Fachada ventilada. SAINT GOBAIN.....	31
Elementos de superestructura de ferrocarril de Alta Velocidad en el desierto. MEDINA-LA MECA. LADICIM	34
8.2 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN AD HOC	37
Estructuras con composites. ACCIONA	37
Cubipod. OHL/SATO	43
Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles Bi-Tubo. FCC Construcción	47
Corrosímetro GECOR. GEOCISA e IETCC.....	51
Plataforma de inspección y evaluación de puentes GENIA by TECNALIA – Structural Health Monitoring	54
9.- RECOMENDACIONES.....	59

1.- INTRODUCCIÓN

Existen innumerables definiciones para el término innovación, pero todas ellas coinciden en un aspecto esencial: sin implantación real o sin aplicación práctica exitosa la innovación no puede existir. Las ideas, las invenciones, los avances técnicos y tecnológicos, no pueden considerarse innovaciones si no son capaces de encontrar el camino hacia su aplicación práctica. Es importante que el lector comprenda de partida este matiz, porque las páginas siguientes están orientadas en ese sentido, entendiendo la innovación como la adopción exitosa de nuevos o mejorados productos, servicios o procedimientos, independientemente de que éstos se hayan generado previamente de forma premeditada o “estructurada”, o hayan surgido, como ocurre en numerosas ocasiones en nuestro sector, de forma “desestructurada”, al filo de la ejecución de proyectos concretos de construcción.

Precisamente, este tercer Cuaderno PTEC, bajo el título “La evaluación técnica y el aseguramiento de la innovación en el sector de Construcción”, pretende focalizar en las etapas finales de todo este proceso, y hacerlo además dentro de la realidad de nuestro sector específico, el de la Construcción, en una geografía concreta como es la española. Y trata de hacerlo poniendo sobre la mesa ciertas herramientas, experiencias y reflexiones que, pensamos, pueden contribuir a vencer algunos obstáculos relevantes que impone la realidad de nuestro sector a la innovación.

El cuaderno arranca en su primer capítulo con una serie de definiciones, que creemos necesarias para establecer un mínimo lenguaje común antes de abordar los siguientes epígrafes.

El siguiente apartado está dedicado a la reglamentación, lógicamente, uno de los factores más relevantes de contexto cuando hablamos de innovación en Construcción. No hay que olvidar que un producto innovador de construcción es, al fin y al cabo, un producto de construcción en sí mismo y como tal está afectado, como cualquier otro, por unos códigos y reglamentos, tanto de obligado cumplimiento como de carácter voluntario, a los que debe prestarse la debida atención.

En el cuarto epígrafe intentamos ofrecer al lector una visión técnica sobre el concepto de riesgo, en unos términos que son comúnmente aceptados en el ámbito asegurador, pero que no suelen observarse desde la óptica de la innovación. Comprender qué entiende por riesgo una aseguradora en el ámbito de la Construcción y cómo podría llegar a encajar en ese marco una novedad técnica o tecnológica, puede ser determinante para lograr la implantación final de ésta. Por eso mismo, en el capítulo 5 hemos tratado de ir un poco más allá y aportar unas reflexiones específicas sobre la relación entre aseguramiento e innovación en Construcción.

El apartado 6 está dedicado a las herramientas de evaluación de los productos no tradicionales en la Construcción disponibles en España y, por extensión, en Europa. Tras un breve recorrido histórico y conceptual por las metodologías utilizadas y los organismos involucrados, se abordan los instrumentos formales actualmente disponibles desde una óptica española, a saber: la Evaluación Técnica de Idoneidad (con sus variantes DIT, DIT Plus, DAU y TC), el DITE (ya en desuso) y la Evaluación Técnica Europea (ETE). En cada caso se explican sus principales características, de forma que el lector pueda identificar el instrumento más adecuado para su circunstancia.

Encarando la recta final del cuaderno, el capítulo 7 profundiza en la importante figura de los organismos evaluadores que, como entidades independientes, imparciales y capacitadas para valorar materiales, componentes, sistemas o procedimientos constructivos no empleados anteriormente, pueden aportar el respaldo técnico necesario para valorar y asegurar el riesgo asociado a su primera aplicación real.

El cuaderno concluye, en su octavo epígrafe, con una serie de ejemplos prácticos que permitirán al lector conocer experiencias reales de aplicación de algunas de las herramientas de evaluación y aseguramiento expuestas anteriormente, seguidos de **unas breves** recomendaciones finales que los redactores de estas páginas han recogido en el capítulo 9, con el ánimo de extender su empleo en el sector.

Como se desprende de estas páginas, conseguir que el sector español de la Construcción y, con él, toda la sociedad, se beneficie de la adopción exitosa de nuevos o mejorados productos, servicios y procedimientos es responsabilidad de todos los agentes que intervienen en la cadena de valor, entre los que se encuentran los legisladores, los promotores, las empresas, los organismos de investigación, los organismos evaluadores o los organismos aseguradores.

Las personas que hemos trabajado en la redacción de estas páginas, desde el Grupo de Trabajo de Impulso a la Innovación de la PTEC, coordinado por OHL y Universidad de Cantabria, confiamos en aportar así nuestro granito de arena a estos agentes, para ayudarles en el difícil tránsito de los avances técnicos y tecnológicos hacia la innovación en Construcción.

2.- DEFINICIONES

Certificación: emisión de una declaración por una tercera parte, basada en una decisión tomada después de comprobar que se ha demostrado el cumplimiento de unos requisitos especificados, relativa a productos, procesos, sistemas o personas.

Documento de Evaluación Europeo (DEE): el documento adoptado por la organización de los OET a efectos de la emisión de evaluaciones técnicas europeas. Son realizados por los organismos de evaluación técnica, a petición de un fabricante para productos no cubiertos por norma armonizada.

Un Documento de Evaluación Europeo contendrá:

- Descripción general del producto.
- Lista de características esenciales pertinentes a efectos del uso previsto por el fabricante.
- Métodos y criterios para evaluar las prestaciones del producto respecto a dichas características.
- Los principios para el Control de Producción en Fábrica.

Construcción singular: aquella cuyas características fuerzan a ir más allá del conocimiento técnico empleado en la construcción común. El conocimiento técnico desarrollado puede ser introducido posteriormente en la construcción común.

Ensayo (o prueba): determinación de una o más características de un producto de acuerdo a un procedimiento. El procedimiento ha de ser validado y apropiado.

Entidad certificadora: entidad que lleva a cabo la certificación. Estas entidades deben ser independientes de la organización que auditan, y no haber realizado otros trabajos para ella, como, por ejemplo, consultoría para implementar el sistema que certifican.

European Assessment Document (EAD): véase “Documento de Evaluación Europeo”.

European Technical Assessment (ETA): véase “Evaluación Técnica Europea”.

Evaluación de la conformidad: “demostración de que se cumplen los requisitos especificados relativos a un producto, proceso, sistema, persona u organismo”. (Fuente UNE-EN ISO/IEC 17000:2004).

La actividad de evaluación de la conformidad puede ser “de primera parte” en el caso de que la lleve a cabo la persona u organización que provee el objeto, entendiendo el objeto como un producto, proceso, sistema, persona u organismo; “de segunda parte” en el caso de que la lleve a cabo una persona u organización que tiene interés como usuario en el objeto; “de tercera parte” en el caso de que la lleve a cabo una persona u organismo

independiente de la persona u organización que provee el objeto y de las personas u organizaciones que tienen interés como usuario en el objeto.

Evaluación Técnica de Idoneidad: apreciación técnica favorable por parte de una entidad autorizada para ello por las Administraciones Públicas, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas o procedimientos constructivos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. Las entidades reconocidas por el CTE para la emisión de evaluaciones técnicas de idoneidad son IETcc, ITeC y Tecnalia.

Evaluación Técnica Europea (ETE): evaluación documentada de las prestaciones de un producto de construcción en cuanto a sus características esenciales, con arreglo al correspondiente documento de evaluación. Permite al solicitante el marcado CE del producto.

La evaluación técnica europea será emitida por un Organismo de Evaluación Técnica (OET) a petición del fabricante sobre la base de un documento de evaluación europeo. Incluirá las prestaciones que haya que declarar de las características esenciales y en función del uso previsto, así como los detalles técnicos necesarios para la aplicación del sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.

La Evaluación Técnica Europea ha sustituido al Documento de Idoneidad Técnica Europeo (DITE) tras la entrada en vigor del Reglamento de Productos de Construcción (RPC).

Gerencia de Riesgos: conjunto de medidas destinadas a proteger los elementos y recursos de una empresa contra los daños y pérdidas derivadas de un posible siniestro.

Innovación: de acuerdo con la Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública, es la introducción de un producto, servicio o proceso nuevos o significativamente mejorados, que incluye, aunque no se limita a ellos, los procesos de producción, edificación o construcción, un nuevo método de comercialización o un nuevo método de organización de prácticas empresariales, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores, entre otros con el objetivo de ayudar a resolver desafíos de la sociedad o a apoyar la Estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

El Manual de Oslo define la innovación como la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. Los cambios innovadores se realizan mediante la aplicación de nuevos conocimientos y tecnología que pueden ser desarrollados internamente, en colaboración externa o adquiridos mediante servicios de asesoramiento o por compra de tecnología.

Las actividades de innovación incluyen todas las actuaciones científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales que conducen a la innovación. Se consideran tanto las actividades que hayan producido éxito, como las que estén en curso o las realizadas

dentro de proyectos cancelados por falta de viabilidad. La innovación implica la utilización de un nuevo conocimiento o de una nueva combinación de conocimientos existentes.

Finalmente, la norma UNE 166000 define la innovación como la actividad cuyo resultado es la obtención de nuevos productos o procesos, o mejoras sustancialmente significativas de los ya existentes.

Innovación tecnológica: la norma UNE 166000 la define como la actividad de incorporación, en el desarrollo de un nuevo producto o proceso, de tecnologías básicas existentes y disponibles en el mercado.

Laboratorio de ensayo: entidad que realiza pruebas o ensayos, y que cuenta para ello con personal y equipamiento adecuado, aplicando procedimientos validados y apropiados.

Laboratorio de ensayo acreditado: laboratorio de ensayo cuya competencia técnica está evaluada por una entidad de acreditación (en España la Entidad Nacional de acreditación, ENAC) de acuerdo a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025. La evaluación se realiza para un alcance (ensayos o familias de ensayos) determinado.

Organismo de Evaluación Técnica (OET): Organismo designado por un Estado Miembro para la elaboración de Documentos de Evaluación Europeo y para la emisión de Evaluaciones Técnicas Europeas en aquellas áreas para las cuales haya sido designado. Los OET se agrupan en la European Organisation for Technical Assessment (EOTA).

Prototipo: objeto o sistema diseñado para una demostración de cualquier tipo y producido fuera de un sistema de fabricación estable. Permite probar el objeto o sistema antes de que entre en producción para así detectar errores, deficiencias, etc.

Riesgo: en terminología aseguradora, es la posible ocurrencia por azar de un acontecimiento que produce una necesidad económica y cuya aparición real o existencia se previene y garantiza en una póliza de seguros y obliga al asegurador a efectuar la prestación, normalmente indemnización, que le corresponde.

Seguro: operación financiera, por la que el asegurado, en caso de materialización del riesgo recibirá una prestación económica por parte del asegurador, quién transforma el riesgo en base a las leyes de la estadística en un gasto periódico, presupuestable y soportable (prima de riesgo).

Sistema constructivo, o producto de construcción, innovador: sistema, o producto, no tradicional y por tanto con una aptitud de empleo que no puede ser ratificada por la práctica. También se dice de aquellos productos que, por su corto tiempo de presencia en el mercado, no están dentro del alcance de ninguna norma.

Technical Assessment Body (TAB): véase “Organismo de Evaluación Técnica”.

Technological Readiness Level (TRL): Indicación de la madurez de una tecnología. De forma general se expresa como TRL X, donde “X” corresponde a un número entre 1, o en algún

caso 0, y 9. Los niveles, y la definición de cada uno de ellos, dependen de la Agencia, Departamento o entidad que los haya implementado, aunque en general niveles TRL bajos como 1 o 2 indican tecnologías en fase de investigación básica y niveles altos, como 8 o 9, tecnologías cercanas al mercado y probadas.

Tomando la definición de la Comisión Europea, los niveles van de TRL 1 (nivel más bajo, se formulan los principios básicos) a TRL 9 (nivel más alto, la tecnología está probada y funcionando en su entorno habitual).

TRL 9	System ready for full scale deployment
TRL 8	System incorporated in commercial design
TRL 7	Integrated pilot system demonstrated
TRL 6	Prototype system verified
TRL 5	Laboratory testing of integrated system
TRL 4	Laboratory testing of prototype component or process
TRL 3	Critical function; proof of concept established
TRL 2	Technology concept and/or application formulated
TRL 1	Basic principles observed and reported

Tabla de TRLs según la Comisión Europea

3.- REGLAMENTO Y NORMATIVA

No existe una reglamentación específica aplicable exclusivamente a los productos de construcción innovadores. Los productos de construcción innovadores son, antes que nada, productos de construcción y como tales están sujetos a la misma reglamentación y normativa que cualquier otro producto de construcción.

Afortunadamente para la implantación de la innovación, la reglamentación en construcción ha evolucionado de códigos prescriptivos, que aceptaban exclusivamente lo ya probado en la práctica constructiva tradicional, a códigos prestacionales, donde lo importante es que el producto proporcione una serie de prestaciones consideradas el mínimo exigible para asegurar la calidad de la edificación, independientemente de cual sea la solución constructiva empleada para alcanzarlas.

Es cierto que aquellas soluciones consideradas tradicionales pueden llegar a ahorrarse el “peso de la prueba” y ser aceptadas directamente al estar incluidas en Catálogos de

Soluciones, Documentos reconocidos o Decisiones de la Comisión Europea, pero la reglamentación actual proporciona mecanismos que permiten evaluar las soluciones innovadoras, de tal forma que su uso pueda ser aceptado.

En nuestro país, la reglamentación de obligado cumplimiento, y que tanto productos innovadores como tradicionales deben cumplir, es la siguiente:

- **Ley de Ordenación de la Edificación**, Ley 38/1999 de 5 de noviembre (LOE). Básicamente regula el proceso edificatorio, buscando asegurar la calidad con la inclusión de los Requisitos Básicos de la Edificación. Aunque no menciona al producto innovador, sí sienta las bases de la evaluación de los productos al incluir aspectos como la obligatoriedad de los productos de cumplir las exigencias de la normativa técnica aplicable o la verificación en la recepción en obra de dichos productos *“mediante ensayos y pruebas”*.
- **Código Técnico de la Edificación** (R.D. 314/2006 de 17 de marzo) (CTE). Marco normativo en el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, desarrollando en parte la LOE. Es importante recalcar de nuevo su enfoque prestacional, no cerrado a soluciones constructivas preestablecidas.

Su Artículo 5, apartado 5.2, merece ser citado por su mención concreta a los productos innovadores: *“Se considerarán conformes al CTE los productos, equipos y sistemas innovadores que demuestren que las exigencias básicas del CTE referentes a los elementos constructivos en los que intervienen, mediante una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto, (...)”*. Es por tanto este Artículo el que habilita la evaluación, y el uso, de productos innovadores. Establece además el CTE las condiciones que deben cumplir los organismos reconocidos para la emisión de este tipo de evaluaciones, básicamente imparcialidad, objetividad y experiencia contrastada.

- **Reglamento (EU) 305/2011 de Productos de Construcción**. Reglamento de obligado cumplimiento en toda la Unión Europea. Fija las condiciones para la libre circulación de los productos de construcción (marcado CE). Da una gran importancia a obtener una declaración fiable de las prestaciones de los productos, recayendo en el prescriptor la responsabilidad de decidir si son o no adecuados para su proyecto, en función de los niveles de prestación requeridos en el mismo.

Aunque no cita expresamente los productos innovadores, sí establece una vía voluntaria para la evaluación de aquellos productos no cubiertos por norma armonizada, la cual se entiende de aplicación a productos innovadores ya que rara vez están cubiertos por normas existentes. Esta vía pasa por el desarrollo de Documentos de Evaluación Europeo (DEE) específicos para el binomio producto/uso previsto y de la emisión de una Evaluación Técnica Europea (ETE) que cubra el producto, basada en el DEE desarrollado.

El RPC sienta las bases del proceso de elaboración de los DEE y de las ETes, estableciendo los requisitos para la designación de Organismos para su elaboración, prácticamente los mismos requisitos generales que los solicitados por el CTE.

- **Normas armonizadas** (hEN). Normas elaboradas por el CEN, con anexo ZA, y de obligada aplicación una vez han sido citadas como obligatorias para marcado CE en el Diario Oficial de la Unión Europea y una vez que ha finalizado su periodo de coexistencia. Son la base de la Declaración de Prestaciones y, muy importante, un producto cubierto por una de estas normas está obligado a llevar marcado CE y no puede ser comercializado sin él.

Hay que tener en cuenta que, como ya hemos mencionado antes, un producto de construcción innovador, y a pesar de haber en este momento más de 500 normas armonizadas, rara vez está cubierto totalmente por una norma armonizada existente.

- Además, son de obligado cumplimiento **otras reglamentaciones técnicas de carácter básico**, como las Instrucciones de hormigón (EHE), la norma de construcción sismorresistente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI), Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), otras normativas reglamentarias de seguridad industrial etc., que coexisten con el CTE y que en principio son referencias externas al mismo. Asimismo, puede existir normativa autonómica y local que complementen las exigencias del CTE.

Generalmente estas reglamentaciones han sido redactadas (p. ej. RITE) o está en proyecto su modificación (p. ej. RIPCI) con un enfoque prestacional, reconociendo en su articulado la posibilidad de la innovación y estableciendo mecanismos similares al CTE (evaluación de la idoneidad para el uso por organismos reconocidos) para permitir la instalación del producto.

Algunos organismos contratantes también tienen su propia normativa de aplicación al respecto. ADIF, por ejemplo, dispone de un procedimiento específico para la acreditación y recepción de productos ferroviarios, de obligado cumplimiento para todos los productos ofertados a ADIF que, por sus características, sean considerados como críticos. Con este procedimiento se acredita que el producto cumple con todos los requisitos de la Especificación Técnica que le afecta. En el caso de productos procedentes de proyectos de innovación, se carece de Especificación Técnica con la que acreditarse y se hace entonces necesaria la solicitud previa de esta especificación de acuerdo con el Procedimiento para la Redacción y Aprobación de Normativa Técnica. Puede obtenerse más información sobre estos procedimientos y normativa técnica en:

http://adif.es/es_ES/empresas_servicios/normativa_tecnica/normativa_tecnica.shtml

En **obras civiles** es necesario tomar en consideración distinta normativa según el tipo de construcciones, algunas de las cuales son también aplicables a obras de edificación. A título de ejemplo, se citan el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3, las normas ROM en obras marítimas, la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, la Instrucción de acero estructural EAE, la Instrucción para la recepción de cementos RC-16, los Eurocódigos de estructuras, etc.

De **carácter voluntario**, existen normas EN, UNE, ISO..., normas que desarrollan o bien los requisitos de aplicación al producto o bien métodos de ensayo para su evaluación pero que, por lo general y dado el proceso de elaboración de este tipo de normas, se limitan a contemplar productos que llevan tiempo en el mercado y, por tanto, existe una experiencia en su empleo.

También en el ámbito voluntario se pueden encontrar marcas y sellos de calidad, que de forma general deberían ir más allá de las exigencias normativas, bien por la implantación de límites más estrictos o por la inclusión de nuevas exigencias técnicas y de calidad no cubiertas por las normas. Algunas de estas marcas voluntarias están reconocidas por las reglamentaciones nacionales, por ejemplo, el CTE.

En este marco reglamentario, y de forma general, un producto de construcción innovador puede ser puesto en el mercado al no estar sujeto al marcado CE obligatorio, pero deberá proporcionar información de sus prestaciones *“mediante ensayos y pruebas”*, bien realizadas bajo la responsabilidad del fabricante (ficha técnica) o bien en la recepción del producto. Para facilitar su implantación se han previsto, en el marco del CTE y de otras reglamentaciones técnicas nacionales, las evaluaciones de idoneidad, evaluaciones a realizar por Organismos reconocidos. En el caso de que el fabricante desee marcar CE un producto innovador por las ventajas que el reconocimiento del marcado CE aporta a nivel europeo, existe la vía del Documento de Evaluación Técnica y la Evaluación Técnica Europea, también a elaborar por Organismos designados para ello.

Complementariamente a esta normativa indicada, entendemos que también es relevante observar la **legislación asociada a los procesos de Compra Pública Innovadora (CPI)**, que se vienen institucionalizando y generalizando en la UE en los últimos años. Estos procesos pueden servir como importantes catalizadores para la innovación en el sector de la construcción, en sus tres modalidades: Compra Pública Precomercial, Compra Pública de Tecnología Innovadora o la más reciente Asociación para la Innovación. La evolución de la normativa más relevante en materia de CPI en España es la siguiente:

- 2004. Directivas europeas sobre compras públicas que apoyan la CPI.
- 2007. Ley de Contratos del Sector Público - LCSP (texto refundido de 2011).
- 2010-2011. Normativas favorables del lado de la I+D: Acuerdo de Consejo de Ministros (2010), Ley de Economía Sostenible (2011) y Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (2011). Acuerdos de Consejo de Ministros (2010 y 2011).

- 2010-2020. Peso creciente en las políticas europeas, tanto en las de innovación (Horizonte 2020) como en las de salud, vinculado a los retos sociales: envejecimiento, cronicidad, etc.
- 2014. Directivas europeas para regular la CPI dentro del concepto de contratación estratégica – modalidad de contratación “asociación para la innovación”, que permite encadenar procesos de compra precomercial y comercial.
- 2017. Transposición de las directivas en la reforma de la LCSP. La “asociación para la innovación” como procedimiento de contratación se incorpora a la Ley en la subsección 6ª (artículos 177 a 182). El texto de la Ley española de contratos del sector público se aprobó en el mes de julio en el Congreso de los Diputados. Tras pasar por su tramitación en el Senado, a fecha de redacción de este informe el texto se encuentra de vuelta en el Congreso.

Finalmente, conviene también señalar el propósito de la Comisión Europea de presentar una guía sobre compra pública e innovación. En el momento de redacción de este informe, la Comisión Europea tiene abierta una consulta pública sobre un borrador de guía en este sentido.

4.- EL RIESGO

En terminología aseguradora, el riesgo es la posible **ocurrencia por azar** de un acontecimiento que produce una necesidad económica y cuya aparición real o existencia se previene y garantiza en una póliza de seguros y obliga al asegurador a efectuar la prestación, normalmente indemnización, que le corresponde.

El **riesgo**, para serlo, tiene que cumplir con las siguientes características esenciales:

- Incierto o aleatorio. El conocimiento de su existencia, haría desaparecer la aleatoriedad. Hay veces que se sabe que ocurrirá, pero no se sabe cuándo.
- Posible. Ha de existir posibilidad de riesgo. El siniestro debe poder existir. Con dos limitaciones extremas (frecuencia e imposibilidad).
- Concreto. El riesgo ha de ser analizado y valorado. Medido y cuantificado.
- Lícito. No puede ir contra las reglas morales o de orden público, ni en perjuicio de terceros.
- Fortuito. Debe provenir de un acto ajeno a la voluntad humana de producirlo.
- Contenido económico. La necesidad económica se satisface con la indemnización.

La **Gerencia de Riesgos** es el conjunto de medidas destinadas a proteger los elementos y recursos de una organización contra los daños y pérdidas derivadas de un posible siniestro.

Los aspectos básicos de la gerencia de riesgos son los siguientes:

- Identificación, análisis y cuantificación del riesgo.
- Medición de los costes y gastos financieros susceptibles de protección
- Elaboración de planes de emergencia y recuperación y reconstrucción en caso de siniestro.
- Análisis de la evolución constante de los riesgos.

El gerente de riesgos de la empresa, tendrá que tomar la decisión sobre qué hacer con el riesgo. Una vez identificado, reducido o eliminado y controlado, podrá Ignorarlo (con la incertidumbre de su aparición), Asumirlo o auto asegurarse (valorando la masa patrimonial disponible para ello) o Transferirlo (mediante por ejemplo una póliza de seguro).

5.- EL ASEGURAMIENTO

El seguro es una operación financiera, por la que el asegurado, en caso de materialización del riesgo, recibirá una prestación económica por parte del asegurador, quién transforma el riesgo en base a las leyes de la estadística en un gasto periódico, presupuestable y soportable (prima de riesgo).

La única forma por tanto de transformar el riesgo en una cobertura de seguro, pasa por una identificación, análisis y cuantificación, es decir un conocimiento y una evaluación por parte del asegurador del riesgo que se le desea transferir.

Por la propia definición de riesgo, éste debe ser posible, pero con dos limitaciones en ambos extremos: en un lado la imposibilidad de ocurrencia y en el otro la frecuencia. Este último umbral es el que merece una más amplia reflexión, pues la frecuencia estaría más cerca de un servicio de conservación, mantenimiento o post venta que de una cobertura aseguradora. En cualquier caso, el seguro no es la fórmula para asegurar lo previsible, sólo se debe transferir el fallo o defecto imprevisible.

En el caso de la Innovación nos movemos en un terreno muy relacionado con la investigación y el desarrollo del producto o sistema, pero la gerencia de riesgos también es análisis de la evolución constante de los riesgos. En estos casos existen unos límites difíciles de concretar: ¿dónde empieza lo imprevisible y dónde termina la investigación y el desarrollo? ¿se puede acotar el riesgo? El problema principal es definir a priori, al contratar la póliza, qué es lo que se va a considerar siniestro, al ser imprevisible y por tanto asegurable, y qué es un riesgo empresarial o de desarrollo de producto.

La calidad debe preceder al seguro y no seguirlo. El seguro no debe ser el garante de la calidad, aunque de manera indirecta se pueda ver así. Deberían existir entidades de evaluación que sean capaces de medir esta innovación de tal manera que la incorporación al mercado sea factible. Sólo la ausencia de información podría hacer que el seguro se convirtiera en una barrera a la innovación. Desde el sector asegurador, se ha dado solución a los retos planteados en este terreno, pero eso sí, es necesario que todos los implicados empleemos nuestros mejores recursos.

En el sector asegurador existen diferentes soluciones o tipos de seguros, en función de las necesidades de sus clientes. A grandes rasgos, podríamos encontrarnos una primera clasificación de tipos de seguros: de Responsabilidad Civil o de Daños Materiales. La diferencia más importante entre unos y otros, es que en el caso de los primeros se tiene que demostrar la culpabilidad del asegurado para que la compañía pueda indemnizar, mientras que en los seguros de Daños Materiales, la propia aparición del daño inicia el proceso de tramitación y en su caso indemnización del siniestro. En los primeros se pretende asegurar el daño que pueda sufrir el patrimonio del asegurado a consecuencia de

la reclamación que le realice un tercero por la responsabilidad que pueda incurrir y en los segundos es la reparación de la pérdida en el patrimonio propiedad del asegurado.

En el sector de la Construcción, considerando todo lo anterior, podríamos encontrarnos los siguientes seguros:

- **Todo Riesgo Construcción.** Asegura los daños materiales a la obra durante la fase de ejecución.
- **Seguro de Daños a la Edificación (decenal).** Asegura los daños materiales en el edificio, durante los primeros diez años, desde la recepción de la obra.
- **Seguros de Responsabilidad Civil.** Aseguran los daños que se produzcan a terceros durante la fase de construcción, incluso después de finalizar los trabajos. Hay otros tipos de seguros de RC en función del objeto asegurado:
 - **Profesional,** en el que se asegura la responsabilidad civil del desarrollo profesional de los técnicos, facultativos administrativos, sanitarios, etc.
 - **De productos,** en donde se asegura la reclamación de un consumidor por los daños sufridos en su persona como consecuencia de los defectos o vicios en un producto.
- **Otros** como pérdidas de beneficio, caución, etc.

La repercusión de la innovación en el sector de seguros es importante y, por tipos de seguros, ha tenido una mayor repercusión en los seguros de Daños a la Edificación (decenal) debido principalmente a la obligación de asegurar que establece la LOE al promotor de viviendas, a la especial duración de la cobertura de estos seguros (diez años) y sobre todo a la necesaria presencia de un sistema de auditoría y evaluación del proceso de edificación mediante entidades independientes, los Organismos de Control Técnico (OCT), de todas las fases e intervinientes en el proceso de edificación.

6.- LA EVALUACIÓN DE LA INNOVACIÓN

La evaluación de los productos no tradicionales en la Construcción se implantó inicialmente en Francia después de la segunda guerra mundial, tiempos en los que había muchísimos edificios e infraestructuras que reconstruir y mucha actividad industrial que aportaba soluciones no tradicionales para la edificación y la vida pública. Reconstruir era perentorio, pero había una industria también devastada que no podía suministrar con la suficiente rapidez los materiales y sistemas constructivos que la sociedad demandaba, por lo que se desarrollaron muchos nuevos sistemas de los que se desconocía su funcionalidad y durabilidad. Sin embargo, la seguridad del usuario debía ser garantizada por el Estado de alguna manera.

El centro pionero en implantar una sistemática para la evaluación de todos los productos y sistemas innovadores fue el CSTB: *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*, que sentó las bases del ahora conocido como *AVIS Technique* e invitó a sus homólogos de otros países a implantarlo. Así se creó la actual UEAtc (Unión Europea del “Agreement” Técnico en la Construcción), germen de todos los demás organismos que se han creado después a lo largo de décadas a nivel europeo (EOTA) e internacional (WFTAO). La sesión constituyente de la UEAtc se celebró en el Instituto Eduardo Torroja en 1960 bajo la presidencia del propio E. Torroja. La UEAtc resulta en la actualidad de la agrupación a nivel europeo de un instituto por país.

Varios aspectos son muy destacables de la metodología que se utilizó desde el principio para evaluar productos y sistemas sin normas y no tradicionales:

- La evaluación debería ser solo sobre los aspectos básicos para no hacer impracticable e inasumible económicamente la evaluación (es decir, se identificaron los requisitos básicos actuales recogidos en el Reglamento de Productos de la Construcción).
- Se diseñaban, en caso de ser necesario, ensayos específicos para calificar esos requisitos básicos que deberían cumplir los productos, incluidos los correspondientes a verificar la durabilidad en condiciones reales.
- No sólo se ensayaban las prestaciones, sino que la puesta en obra era parte esencial de la evaluación.
- Toda evaluación era ratificada por una Comisión de Expertos formada por las Administraciones y los representantes profesionales relacionados al estilo de los organismos de Normalización, pero con el objetivo único de confirmar o no la evaluación presentada por los técnicos de cada Instituto evaluador.

La UEAtc siempre se ha mantenido como un organismo de carácter voluntario que tiene unos estatutos muy breves y que se mantiene por el acuerdo renovado periódicamente de sus miembros.

En la actualidad la evaluación de productos innovadores en la construcción ha dado lugar a muchos desarrollos dentro de la propia UEAtc, de sus miembros nacionales, así como de los organismos europeos e internacionales que se han creado bajo su inspiración. Esta realidad es una muestra de que el procedimiento de evaluación de sistemas no tradicionales tal y como lo ha entendido la UEAtc es una metodología válida y generalizable a la evaluación de cualquier innovación y se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Identificación inequívoca del producto y sus aplicaciones y puesta en obra por parte del fabricante.
2. Identificación de los requisitos básicos que el producto debe cumplir ratificados por la Comisión de Expertos creada ad-hoc para el producto.
3. Normativa aplicable y límites de utilización.
4. Visita a la fábrica para comprobación de la correcta fabricación del producto.
5. Ensayos y sus resultados.
6. Evaluación, por la Comisión de Expertos, del informe de evaluación de los técnicos.
7. Seguimiento anual de la correcta fabricación durante los años que la evaluación favorable esté vigente.

A continuación se resumen las características de los distintos “certificados” que se pueden emitir sobre los productos y sistemas no tradicionales o sin normativa que los regulen.

La **Evaluación Técnica de Idoneidad** es un procedimiento, de carácter voluntario que evalúa la idoneidad de empleo de un producto innovador. Es aplicable tanto a edificación como a obra civil y a materiales, sistemas o procedimiento constructivos.

Pueden ser objeto de evaluaciones técnicas de idoneidad aquellos materiales, sistemas o procedimientos constructivos para los que no se han desarrollado normas que regulen tanto las características o prestaciones del producto como su empleo o puesta en obra.

También se contempla el caso de productos cubiertos por una norma, pero que no cubre aspectos que pueden ser relevantes para el producto, por ejemplo debido a la existencia de exigencias reglamentarias nacionales no recogidas por la norma. También es posible la elaboración de evaluaciones técnicas de idoneidad para que aquellos productos de construcción a los que, dado su grado de innovación, no se les puede aplicar directamente los métodos de evaluación de prestaciones previstos por la norma de aplicación.

Además, deberán satisfacer las siguientes condiciones:

- Materiales y equipos fabricados industrialmente o procedimientos que hayan sido empleados en aplicaciones reales.
- Materiales o sistemas perfectamente identificables.
- Materiales o sistemas que estén previstos para un empleo determinado e inequívoco.

La evaluación se otorga para un empleo determinado. La concesión tiene en cuenta un comportamiento favorable ante la exigencia global de durabilidad y además el mantenimiento por el fabricante de las condiciones de autocontrol de la producción y su compromiso a prestar asistencia técnica en la puesta en obra.

Un valor añadido de la evaluación técnica favorable de idoneidad es su carácter nacional, ya que algunos aspectos como los climáticos, las exigencias de confort o el alcance de los seguros, por ejemplo, requieren una respuesta en el ámbito de lo nacional. De ese alcance nacional surge otra de las denominaciones habituales para este tipo de documentos a lo largo de Europa: aprobación nacional o *“national approval”*.

El CTE reconoce las evaluaciones técnicas de idoneidad emitidas por las entidades autorizadas para ello por las Administraciones Públicas como una vía para garantizar el cumplimiento de las exigencias básicas referentes a los elementos constructivos. Para ello fija una serie de criterios que han de ser cumplidos por dichas entidades y que está en línea con los detallados en el capítulo 7 de este Cuaderno: imparcialidad y objetividad, competencia técnica y experiencia, existencia de un Reglamento técnico que regule el proceso de concesión, participación en el proceso de los diferentes agentes de la edificación y obra civil, vigilancia del mantenimiento de las características de los productos objeto de evaluación y divulgación de los documentos emitidos.

A día de hoy, a nivel nacional, existen tres entidades autorizadas por el Ministerio de Vivienda y reconocidas por el CTE para la emisión de evaluaciones de idoneidad técnica. Estas tres entidades son IETcc, ITeC y Tecnalía. Los documentos emitidos por las tres entidades siguen un esquema similar al propuesto por la metodología de evaluación definida por la UEAtc pero, en función del organismo que la elabora, estas evaluaciones se presentan al mercado con denominaciones diferentes:

- IETcc: **Documento de Idoneidad Técnica (DIT)**, aplicable a aquellos productos sin norma, y **Documento de Idoneidad Técnica Plus (DIT plus)**, aplicable aquellos productos con norma pero que son evaluados para características adicionales.
- ITeC: **Documento de Adecuación al Uso (DAU)**, aplicable tanto a productos sin norma como a productos con norma evaluados para características adicionales.
- TECNALIA: **Documento Technical Conformity (TC)**, aplicable tanto a productos sin norma como a productos con norma evaluados para características adicionales.

El **Documento de Idoneidad Técnica Europeo DITE** (*European Technical Approval - ETA*) emitido por los institutos miembros de la EOTA, constituye por definición una evaluación técnica favorable de la idoneidad de un producto para el uso asignado, fundamentado en el cumplimiento de los Requisitos Esenciales previstos para las obras en las que se utilice dicho producto.

Desde el 1 de julio de 2013 no es posible la concesión ni la renovación de documentos DITE debido a la entrada en vigor del Reglamento de Productos de Construcción. Desde esta fecha el DITE se ha sustituido por la Evaluación Técnica Europea (ETE).

La **Evaluación Técnica Europea ETE** (*European Technical Assessment-ETA*), emitida por los institutos miembros de la EOTA, según se recoge en el Reglamento de Productos de Construcción 305/2011/CEE, es la evaluación documentada de las prestaciones de un producto de construcción en cuanto a sus características esenciales, con arreglo a su correspondiente Documento de Evaluación Europeo.

Una Evaluación Técnica Europea (ETE) puede ser emitida en los siguientes casos:

- El producto no entra en el ámbito de aplicación de ninguna norma existente,
- Al menos para una característica esencial del producto el método de evaluación previsto en la norma armonizada no es adecuado,
- La norma armonizada no prevé ningún método de evaluación para alguna característica esencial de dicho producto.

Hay que recalcar que, para la emisión de una ETE, es necesaria la existencia de un Documento de Evaluación Europea (DEE) que cubra el producto y su uso previsto y, en caso de no existir, es necesaria su elaboración, que corre a cargo de los Organismos de Evaluación Técnica, actuando conjuntamente en el seno de la EOTA.

Algunas las principales características de la ETE son:

- Es la base que debe utilizar el fabricante para preparar la Declaración de Prestaciones.
- Es el primer paso previo para que el fabricante adquiera el derecho al mercado CE de su producto cuando no hay Norma Armonizada. Una vez obtenida, deberá emitir la Declaración de Prestaciones y si procede, el correspondiente certificado relativo a la Evaluación y Verificación de la Constancia de las Prestaciones.
- Se emite por un Organismo de Evaluación Técnica (OET), a petición de un fabricante y sobre la base de un Documento de Evaluación Europeo que habrá sido previamente redactado. Los organismos designados para ello a nivel nacional son IETcc, ITeC y Tecnalia.
- No tiene límite de validez temporal.

- Durante el periodo de validez de los DITEs existentes éstos compartirán el mercado con las nuevas ETEs. A partir del 1 de julio de 2018, y dado el periodo de validez de máximo 5 años de aplicación a las DITEs, no habrá DITEs en vigor.

El contenido de la ETE obedece al interés del fabricante en los aspectos que desea declarar en función del uso previsto en tanto que en el DITE eran todos aquellos necesarios para evaluar la idoneidad técnica en función del uso previsto. La ETE, por tanto, no incluye la evaluación de la aptitud de empleo, ya que sólo se listan características en función del uso previsto.

Todos los procedimientos aquí presentados tienen carácter voluntario. La elección de uno u otro depende esencialmente del mercado al que se orienta el producto que se evalúa.

Las evaluaciones técnicas de idoneidad están orientadas al mercado nacional y guardan una íntima relación con el Código Técnico de la Edificación, aunque su reconocimiento va más allá del CTE y son oficialmente reconocidas como elemento de evaluación de la idoneidad técnica en otros ámbitos. Sin embargo, la ETE es válida en toda Europa, permitiendo el mercado CE del producto con las ventajas que eso conlleva, principalmente la libre circulación del producto en la UE.

Por otro lado, las evaluaciones técnicas de idoneidad evalúan la puesta en obra del producto y siempre están sometidas a un seguimiento, como mínimo anual, que asegura la regularidad y homogeneidad del producto evaluado. La ETE, en cambio, no siempre evalúa la puesta en obra, aunque en muchos casos las prestaciones declaradas están íntimamente ligadas al modo de puesta en obra.

Asimismo, en función del Sistema de Evaluación y Verificación de la Constancia de las prestaciones que haya sido definido por la Comisión Europea para el producto objeto de la ETE, y al igual que sucede en el mercado CE bajo norma armonizada, la producción y sus controles pueden no estar sometidos a ningún tipo de seguimiento por tercera parte, recayendo en el fabricante la responsabilidad de informar al OET de los cambios en el producto que puedan dar lugar a la retirada de la ETE emitida.

Complementariamente a los instrumentos formales que se han descrito en este capítulo, no hay que olvidar que el desarrollador de la innovación, en función de las particularidades de cada caso, puede decantarse también por otros métodos de evaluación que le permitan aportar garantías técnicas suficientes de cara a su aplicación en obra. Así, herramientas como el contraste por expertos externos o los procesos “ad-hoc” son también facilitadores de la innovación en Construcción. Para todo ello, es fundamental la participación de organismos independientes y capacitados, que puedan cumplir la función de evaluadores, tal como se explica en el apartado siguiente.

7.- LOS ORGANISMOS EVALUADORES

La innovación en la construcción implica utilizar un nuevo material o componente, aplicar un procedimiento o usar un proceso novedoso como solución, no implementada con anterioridad, en una obra civil o edificación. El titular de la innovación, el promotor, el proyectista, la propiedad y el asegurador podrán disponer de un Organismo Evaluador que, como se ampliará más adelante, dispondrá de la capacidad de evaluar el riesgo que asume el titular de la obra en la que aquella se aplica, riesgo que será asegurado por una póliza teniendo en cuenta la evaluación de la innovación realizada por este organismo.

En los siguientes apartados se hará una definición más detallada de Organismo Evaluador de la Innovación, qué requisitos debe cumplir para poder desempeñar esta función y qué se le debe exigir.

DEFINICIONES

En términos generales, un Organismo Evaluador de la Innovación es una entidad imparcial, objetiva y con experiencia contrastada, con capacidad para valorar materiales, componentes, sistemas o procedimientos constructivos no empleados con anterioridad en una construcción.

La titularidad de la innovación puede coincidir o no con el titular o promotor de la obra, pudiendo tener la misma carácter público o privado. En cualquiera de los casos, la innovación por la utilización de un nuevo material o componente, procedimiento o proceso novedoso, no empleado con anterioridad, deberá ser validada previamente a su implementación. Es el Organismo Evaluador el responsable de esto último.

La innovación puede estar referida al proyecto o a los procedimientos constructivos y preferiblemente deberá ser validada con anterioridad a la adjudicación de la obra o edificación. Esta innovación en la construcción, independientemente de quien ostente la titularidad de la misma y cuando ésta suponga un claro beneficio, deberá estar fomentada e impulsada por la administración correspondiente.

El Organismo Evaluador evalúa y valida los productos y procesos innovadores que, en general, no estarán regulados o normalizados. Al menos, en el ámbito en el que se pretenden aplicar. Al mismo tiempo, la validación de éstos deberá favorecer la implantación de estas actividades o productos innovadores.

QUÉ ES UN ORGANISMO EVALUADOR

El Organismo Evaluador tiene la responsabilidad de caracterizar y analizar los materiales, sistemas o procedimientos constructivos innovadores, no sujetos a regulación en el ámbito de su utilización, a petición de y para capacitar al titular de la obra y al asegurador de la misma a evaluar los beneficios y el riesgo que puedan derivarse de la implantación de la

innovación evaluada. De forma generalizada, la validación realizada por el Organismo Evaluador ha de perseguir la minimización del riesgo que se ha de asumir.

En el caso de que se trate de un material o componente innovador, el Organismo Evaluador podrá verificar, frente los organismos responsables de la obra, edificación y aseguramiento, las características del mismo declaradas o no por el fabricante y en base a ello evaluar la necesidad de esta innovación.

En el caso de una innovación en un proceso constructivo o una metodología, el Organismo Evaluador analizará las consecuencias que se deriven de la implantación de la misma frente a los organismos responsables de la obra, edificación y aseguramiento, quienes, posteriormente, serán los encargados de la valoración de la misma.

En cualquiera de los casos, la evaluación de la innovación y de las consecuencias que se puedan derivar de ella será responsabilidad del Organismo Evaluador. Éste podrá estar formado por un experto, un comité de expertos u organismo de reconocido prestigio o acreditado, según el impacto de la innovación a evaluar. La evaluación se realizará en base al conocimiento, la experiencia y las caracterizaciones necesarias –especialmente en el caso de los materiales o los componentes–, en unos tiempos razonables, teniendo en cuenta el apremio de la construcción, estimando la idoneidad de la innovación, y que será posteriormente valorada por los titulares de la obra, la edificación y el aseguramiento. Por ejemplo, un laboratorio acreditado por ENAC, podría hacer las veces de Organismo Evaluador en el marco de los materiales, métodos o ensayos para los que esté acreditado y en otros en los que pudiera demostrar competencia cuando no existiera regulación al respecto. Téngase en cuenta que la innovación suele ir más allá del ámbito normalizado y, en consecuencia, más allá de las normativas que una acreditación estipula.

QUÉ DEBERÍA CUMPLIR

Para que el Organismo Evaluador pueda ser reconocido por el titular de la obra, edificación y aseguramiento debe ser independiente, imparcial y objetivo, poseer personal capacitado, medios materiales y equipamiento debidamente calibrado y mantenido, así como reconocido prestigio o experiencia contrastada en la caracterización y análisis de los materiales, sistemas o procedimientos constructivos innovadores que se han de evaluar. En particular, deberá cumplir las siguientes exigencias y capacidades:

- El Organismo Evaluador deberá disponer de un personal técnico-científico con una formación adecuada y con experiencia en la actividad a evaluar. En términos generales el Organismo Evaluador será un Laboratorio con autonomía, independencia y amplia experiencia contrastada en actividades relacionadas con la innovación que evalúe.
- El Organismo Evaluador dispondrá de equipos, instalaciones y medios de ensayo de acuerdo a los requerimientos exigibles para la validación. Estos equipamientos deberán

estar calibrados y debidamente mantenidos siendo utilizados siguiendo unos métodos y procedimientos técnicamente válidos.

- El Organismo Evaluador y cualquier organismo al que el primero pueda recurrir deberán ser independientes y carentes de conflictos de interés.
- Preferentemente el Organismo Evaluador dispondrá de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), capacidad para realizar evaluaciones técnicas de idoneidad o competencia contrastada cuando no existiera regulación.

QUÉ SE RECOMIENDA EXIGIRLE

El Organismo Evaluador puede ser público o privado. En este último caso, el centro privado de validación deberá cumplir los requisitos y someterse a las inspecciones y autorizaciones que establezca la Administración General del Estado, cuando dichas innovaciones se quieran aplicar en obras públicas de titularidad estatal. El titular de la obra pública dispondrá de unidades especializadas a través de las cuales pueda validar las innovaciones, ya sea las realizadas por dicho promotor público, ya sean las realizadas por el sector privado.

En el caso en el que la innovación sea validada por otro organismo público o por entidades privadas autorizadas por los titulares, le ha de corresponder al centro público competente valorar si dicha validación es suficiente o si exigen alguna otra complementaria. En el caso en el que el titular de la obra o edificación sea privado, podrá disponer igualmente de los Organismos Evaluadores públicos o privados para la validación de la innovación.

La aplicación reiterada en el tiempo de una innovación le va restando a ésta dicha característica, de forma que al cabo de poco tiempo se convierte, si ha cubierto las expectativas, en usos y costumbres plenamente incorporados al mercado. A partir de ese momento cabe plantearse su normalización e inclusión en instrucciones y especificaciones técnicas, según proceda. En ese sentido, una innovación concreta, no sujeta a patente, tiene una vida efímera.

Una de las misiones del Organismo Evaluador ha de ser la de desarrollar recomendaciones, estudios prenormativos y colaborar en la difusión de la innovación. Asimismo, deberá tener como misión la transferencia tecnológica en materia de innovación para garantizar la universalización del conocimiento en todo el sector utilizando las herramientas que pone a su disposición la administración y entidades como la Plataforma Tecnológica de la Construcción (PTEC).

CENTROS RECONOCIDOS PARA DESARROLLAR PROCEDIMIENTOS

La innovación suele surgir de la investigación pública o privada, de la colaboración entre las empresas y centros de investigación y de la propia experiencia en la construcción. Por ello, los organismos con capacidad para desarrollar procedimientos serán, en primer lugar, aquellas unidades de las administraciones públicas especializadas en la innovación que

evalúen, como lo son el CEDEX y el IETCC. Y, en segundo lugar, otros organismos competentes en la temática que se evalúe, de carácter público como los laboratorios y departamentos universitarios, o de carácter privado como centros u organismos que, mediante certificaciones, acreditaciones o experiencia contrastada, demuestren capacidad de evaluación de la innovación. En este último caso, todos los laboratorios acreditados por la Entidad Española de Acreditación (ENAC) en los ensayos requeridos para la evaluación de una innovación concreta podrán ser Organismos Evaluadores.

8.- EJEMPLOS

8.1 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN FORMAL

Sistemas de Refuerzo de Estructuras de Edificación de Hormigón Armado. SIKA

Descripción de la tecnología

Los sistemas SIKA® CARBODUR® consisten en la adhesión superficial de un laminado consistente en una placa pultruida de fibra de carbono con matriz de resina termoestable.

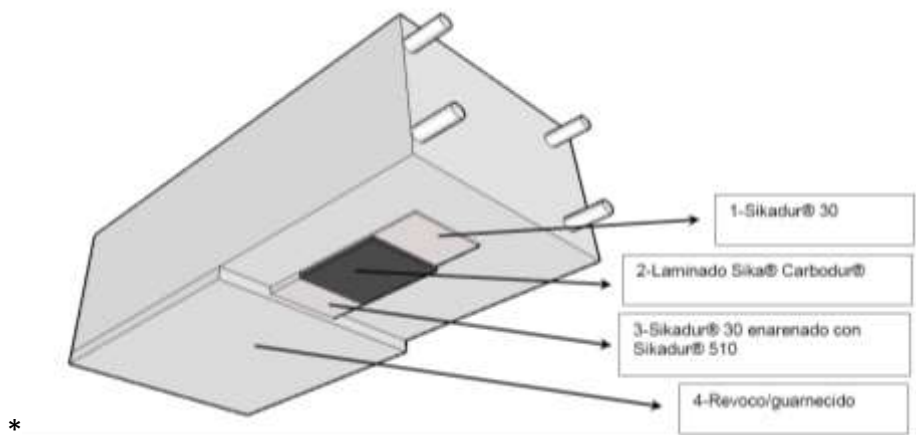
Dicho sistema es empleado para la reparación, recuperación de capacidad portante o incremento de resistencias de elementos estructurales de hormigón armado.

Los materiales y componentes son:

- Laminados SIKA® CARBODUR® E Y SIKA® CARBODUR® S
- Adhesivos epoxídicos SIKADUR®30 y SIKADUR®-330
- Tejido de carbono SIKAWRAP® C



Y algunos de sus productos complementarios, destinados a la protección del sistema de refuerzo y acabado estético de la ejecución son: SIKADUR®31 CF, SIKADUR®32 N, SIKADUR®41 CF, SIKADUR®510, SIKADUR®42 anclajes, SIKADUR®52 inyección, SIKA® MONOTOP® 412 S, SIKA® MONOTOP® 412 SFG, SIKAGARD® 670 W ELASTOCOLOR.



*

Revestimiento con revoco o guarnecido de yeso del sistema Sika® Carbodur®



Imagen real de sistema Sika® Carbodur® acabado.

Los principales campos de aplicación son los siguientes:

- **Incrementos de cargas.**
 - Incremento de la capacidad resistente en losas y vigas.
 - Aumento de la capacidad de puentes para soportar un aumento de cargas axiales.
 - Instalación de maquinaria pesada.
- **Defectos del proyecto o de la ejecución.**
 - Dimensiones insuficientes de los elementos estructurales.
 - Armadura insuficiente o mal colocada.
 - Mala disposición de los elementos estructurales.
 - Materiales de baja calidad.
- **Renovación de estructuras antiguas.**
 - Conocimientos de insuficiencias del método de cálculo empleado.
 - Consideración de refuerzos frente a solicitaciones dinámicas.

- Envejecimiento de los materiales con pérdida de sus características iniciales.
- Adecuación del proyecto inicial a nuevas normas más exigentes.
- **Cambios en la propia forma de la estructura.**
 - Apertura de huecos en forjados.
 - Eliminación de pilares o muros de carga.
- **Daños en la estructura.**
 - Impactos sobre la estructura.
 - Incendios.
 - Corrosión y pérdida de sección de las armaduras del hormigón.
 - Sismo.
- **Necesidad de mejora en las condiciones en servicio.**
 - Reducción en la tensión de las armaduras.
 - Disminución en las deformaciones y flechas, utilizando laminados de alto módulo.
 - Disminución de la abertura de las fisuras.
 - Reducción de la fatiga.

La aplicación de los materiales deberá ser llevada a cabo por empresas cualificadas en la reparación y refuerzo estructural, convenientemente homologadas por SIKA SAU.

SIKA SAU proporcionará las herramientas necesarias para realizar el proyecto de ejecución; bajo solicitud podrá proporcionar asistencia técnica durante la redacción del proyecto o la fase de ejecución.

Las temperaturas (ambiente y soporte) estarán comprendidas entre +8 °C y +35 °C durante la ejecución de los trabajos con adhesivo SIKADUR®-30, y entre +10 °C y +35 °C durante la ejecución de los trabajos con adhesivo SIKADUR®-330. El SIKADUR®-300 es aplicable en un rango de temperaturas comprendido entre 15 y 40°C.

La humedad máxima del soporte será del 4 %. Además, la temperatura durante la aplicación deberá ser al menos +3 °C por encima de la punta de rocío. Dicha comprobación se realizará a primera hora de la mañana, repitiendo dicha comprobación cada hora en caso de humedad ambiental alta (superior al 80 %).

Temperaturas superiores limitan sensiblemente el tiempo de trabajo de los materiales, dificultando su puesta en obra. En caso de preverse la ejecución de los trabajos a

temperaturas próximas a los límites indicados, es recomendable atemperar los productos a valores próximos a los 20°C durante las horas anteriores a su aplicación.

Proceso de implantación

Para asegurar la viabilidad del Sistema Sika®Carbodur® y su correcta introducción en el mercado, se inició la validación de las prestaciones del sistema propuesto a través de un Documento de Idoneidad Técnica (Nº 604/14) con el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, miembro de la Unión Europea para la Evaluación de la Idoneidad Técnica (UEAtc).

En dicho proceso se evalúa de forma holística todas las posibles fuentes de incertidumbre o error y se definen las acciones, con un nivel de intensidad proporcional a cada área requerida para poder así acotar dichas incertidumbres.

- 1.- Definir las condiciones generales o requisitos mínimos exigibles a los proyectos que contemplen esta solución.
- 2.- Condiciones de cálculo.
- 3.- Condiciones de fabricación y control de calidad.
- 4.- Condiciones de utilización y puesta en obra.
- 5.- Ámbito de validez.

Estas “condiciones de contorno” a las que hay que dar respuesta, vienen recogidas y compiladas en la Memoria Técnica del Sistema, en donde de forma exhaustiva se desglosan las características de los materiales por separados que componen el sistema Sika®Carbodur® y prestaciones del sistema Sika®Carbodur® tras su puesta en obra.

Además de dicha caracterización de materiales y sistema, se aporta una explicación detallada de las diferentes etapas y fases del proceso de aplicación y puesta en obra, así como en etapas posteriores de vigilancia y verificación del nivel de prestaciones del sistema Sika®Carbodur® implementado.

No obstante, resulta fundamental para una correcta introducción un programa de formación y homologación de posibles aplicadores del sistema, con material didáctico diseñado “ad hoc” para esta aplicación, así como formaciones teórico-prácticas para adquirir la capacitación a la hora de instalar el sistema Sika®Carbodur®.

Son igualmente necesarias el desarrollar una serie de herramientas que facilitan el acceso a la información así como aquellas cuya finalidad sea la de reducir las incertidumbres del sistema, tales como:

- Software de cálculo

http://www.sika.com/en/solutions_products/construction-markets/sika-structural-strengthening-solutions/carbodur-software/download-v3.html

- Documentación técnica sobre sistema Sika® Carbodur®.
http://www.sika.com/en/solutions_products/construction-markets/sika-structural-strengthening-solutions/competence-bonding-strengthening.html
- Material audiovisual con carácter formativo.
- <https://www.youtube.com/user/SikaESP>

Dónde se ha implantado

Se resumen las referencias de obra que se utilizaron para la consecución del DIT. Existen mayor número de referencias a posteriori, pero se pretende dar una idea del trabajo de documentación y soporte que dicho proceso de validación y verificación requirió.

Con el sistema SIKA® CARBODUR® E:

Centro Comercial Corte Ingles-Castellana, Calle de Raimundo Fernandez Villaverde, Madrid. 500 m. 2005.

Oficina del Instituto Nacional de la Seguridad Social (INSS) en Barakaldo, Avda. Murrieta. 400 m. 2010.

Oficinas centrales de la Agencia Tributaria de Navarra (Pamplona). 200 m. 2011.

Parking Castilleja de la Cuesta, Avda. del Rey Don Juan Carlos I (Sevilla). 800 m. 2011.

51 viviendas de VPO en Cud6n, Cantabria. 150m.2011.

Estación AVE Zaragoza-Delicias. 3000 m. 2008.

Obras realizadas con el sistema SIKA® CARBODUR® S:

Viviendas calle Filadors (Tarragona). 820 m. 1999.

Edificio Iberia calle Marfa de Molina (Madrid). 815 m. 1999.

Instituto Seguridad Social (Leganes). 2400 m. 2007.

Palacios de las Artes (Valencia). 1150 m. 2008.

Ciudad de la Justicia (Valencia). 544 m. 2002.

Estadio Santiago Bernabeu (Madrid). 800 m. 2003.

Referencias de obras realizadas con el sistema SIKAWRAP® C:

Edificio Isaac Peral (Cartagena). 700 m. 1999.

Fira Montjuich 2 (Barcelona). 130 m. 2000.

Mercado Municipal (Alcazar de San Juan). 300 m. 2001.

Estadio San Moix (Mallorca). 650 m. 2001.

Ikea (Barcelona). 500 m. 2002.

Archivos de la Seguridad Social (Barcelona). 3900 m. 2003.

C.C. Nassica (Madrid). 1600 m. 2008.

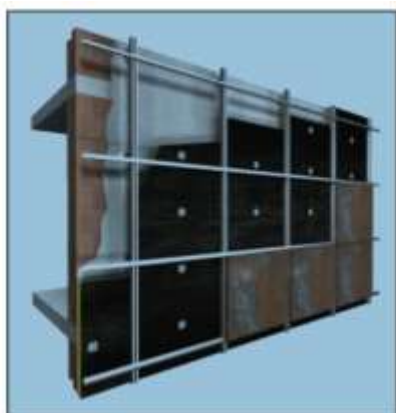
Rectorado UPV (Vizcaya). 450 m. 2008.

Fachada ventilada. SAINT GOBAIN

Descripción de la tecnología

Los orígenes de la fachada ventilada actual se remontan al siglo pasado en Inglaterra mediante los denominados *Cavity Wall* que en sus inicios eran un muro de doble hoja, cada una de ellas de medio pie, entre las que se dejaba una cavidad. La hoja interior era portante y por lo tanto apoyada entre los forjados. La hoja exterior se sujetaba a la primera a través de grapas de acero.

La principal función de este tipo de fachadas era la de evacuar la humedad por ventilación que atravesaba la hoja exterior a través de la cámara de aire. Este concepto ha evolucionado hasta las fachadas ventiladas como las conocemos hoy en día, cuya estructura se muestra en la siguiente imagen:



- Hoja exterior
- Cámara de Aire
- Aislamiento
- Subestructura Perfilera Auxiliar
- Subestructura Ménsulas
- Hoja interior o muro base

Componentes de una fachada ventilada

Recientemente, SAINT-GOBAIN ISOVER, a través de un proceso de eco-innovación, ha diseñado un sistema para fachadas ventiladas. La implementación de medidas pasivas de este tipo conduce a una drástica disminución de la demanda energética de calefacción y refrigeración y aporta, al mismo tiempo, una mejora en las condiciones de confort en el interior de los edificios. Para llegar a los Edificios de Energía Casi Nula, es necesario disminuir la demanda energética como paso previo a la definición de otra serie de medidas que garanticen las necesidades energéticas del edificio.

Una de las soluciones de aislamiento por el exterior que proporciona un mayor ahorro energético (debido a que se minimizan los puentes térmicos de los frentes de forjado) y un mayor confort acústico es la instalación de una fachada ventilada. Para instalar este tipo de fachadas, sobre la pared exterior del edificio se ancla una subestructura metálica, generalmente de acero galvanizado o aluminio, destinada a soportar la hoja exterior de acabado. Dicha estructura deja una cámara de aire de unos pocos centímetros entre el aislamiento y las placas que conforman la segunda piel por la que el aire puede circular y

que le confiere sus especiales características. Además, las juntas entre las placas de terminación suelen ser abiertas, permitiendo también el flujo de aire a través de las mismas.

Los materiales utilizados como aislamiento en este tipo de sistemas son los que le confieren la capacidad de aislamiento, evitando las pérdidas energéticas a través del muro. Durante el proceso de eco-innovación, además de dotar al sistema del correspondiente aislamiento acústico, se buscaba desarrollar un nuevo material de altas prestaciones acústicas y de protección contra incendios integrando un análisis de ciclo de vida del mismo desde la cuna a la tumba.

Proceso de implantación

Como se ha comentado, para el proceso de implementación se ha seguido el procedimiento de eco-innovación definido por el grupo SAINT-GOBAIN. Este proceso se pone en marcha en el seno de la empresa en el año 2012 dentro de su política de eco-innovación motivado por la necesidad de favorecer el desarrollo sostenible reclamado por la creciente y rápida urbanización en los países más poblados del mundo.

Actualmente el grupo se encuentra desplegando este enfoque en los principales sistemas en desarrollo en su fase de I+D. El trabajo en la fase de I+D+i en soluciones con un menor impacto ambiental es un motor de la innovación real para cumplir con las expectativas de ecosostenibilidad en los productos y sistemas puestos en el mercado. El enfoque de la eco-innovación en SAINT-GOBAIN está basado en tres principios y cuatro factores clave que quedan recogidos en el siguiente esquema:

Los tres principios:

	Enfoque basado en el Análisis del Ciclo de Vida: Se consideran todas las etapas del ciclo de vida de un producto o una solución desde la cuna a la tumba integrando todas las fases desde la extracción de las materias primas hasta el final de vida.
	Enfoque basado en el Multicriterio: Se consideran todos los aspectos ambientales asociados a las actividades, productos, servicios y sistemas que pueden dar lugar a impactos ambientales: desde el consumo de energía y agua, las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de residuos, etc.
	Enfoque Sistémico El modo de abordar los productos y sistemas que forman parte del edificio: no puede ser aislado, sino que tienen que verse como parte de un todo. No es la suma de cada uno de los productos y sistemas que componen el edificio, sino un conjunto de elementos que se encuentran en interacción, de forma integral (distribución interior, fachadas, sistemas de climatización, etc).

Los cuatro factores clave:

	Comenzar desde el inicio en la fase de desarrollo Es básico e inherente al proceso de ECO-INNOVACIÓN integrar los conceptos de ECOSOSTENIBILIDAD en las fases más tempranas del proyecto.
	Trabajo cruzado funcionalmente Es necesario que todas las funciones claves implicadas en el proceso de diseño y desarrollo se impliquen en el proceso de ecoinnovación (desde compras, pasando por producción, calidad, logística, etc).
	Orientación al cliente El modo de abordar los productos y sistemas que forman parte del edificio: debe de estar siempre orientado a satisfacer las necesidades y expectativas del cliente desde todos los puntos de vista.
	Creatividad Existen muchas vías en el concepto de eco-innovación, desde el trabajo seleccionando las materias primas, los embalajes, optimizando los procesos logísticos, etc... cuando abordamos el proceso de eco-innovación es necesario integrar en todas las fases ideas y conceptos de alta creatividad.

El sistema dispone, entre otras de la siguiente documentación técnica reconocida relacionada con la eco-innovación:

- **Declaración ambiental de producto con la máxima certificación nacional/internacional (ISO 14025):**

Nº registro The International EPD® System: S-P-00756

Nº registro AENOR GlobalEPD: GlobalEPD-IntEPD-S-P-00756

Nº registro Ecoplatform: ECO EPD 00000244

- **Documento de Idoneidad Técnica**

Instituto de ciencias de la Construcción Eduardo Torroja 608/14

- **EPD Climate declaration**

The International EPD® System: S-P-00756

- **Rating System Leed, Verde**

GBCe NBP2014RTEV

Ejemplos de implantación



Bloque de viviendas Zaragoza



*Edificio oficinas Madrid -
Complejo cuatro torres*



Hotel Princesa Sofia Barcelona

Elementos de superestructura de ferrocarril de Alta Velocidad en el desierto. MEDINA-LA MECA. LADICIM

Descripción de la tecnología

Componentes de alta responsabilidad, como lo son las traviesas de hormigón, los carriles y sus soldaduras, así como las sujeciones que aseguran la unión entre ellos, se encuentran regulados en el mercado europeo según la normativa vigente. Las normas UNE-EN_13146, UNE-EN_13230 y UNE-EN_13481 recogen la mayor parte de los ensayos que han de realizarse sobre los productos ferroviarios de alta velocidad. El Laboratorio de la División de Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad de Cantabria (LADICIM), como entidad evaluadora, realiza estos ensayos al amparo de una acreditación otorgada por la Entidad Española de Acreditación (ENAC). En el LADICIM se han contrastado la bondad de traviesas, sujeciones y carriles para diversos fabricantes y ha trabajado en el desarrollo de alguno de los productos. A través de esta entidad los materiales objeto de estudio en este ejemplo han sido contrastados para su uso en las condiciones que exige la Unión Europea. No obstante, el consorcio de empresas a las que se le asigna la construcción del tren de alta velocidad Medina-La Meca necesitaba validar la citada tecnología a las condiciones meteorológicas de Arabia Saudí y, en particular, a las del desierto.

La propuesta innovadora de adaptación de la normativa y especificaciones técnicas de producto, producido en España y Alemania, que regulan el control de suministro de los elementos de la superestructura de vía de ferrocarril, a condiciones ambientales adversas en zonas desérticas, consistió en la evaluación del efecto de altas temperaturas y de la presencia de arena como agente abrasivo.

Se consideró el efecto de los ambientes agresivos sobre el comportamiento de:

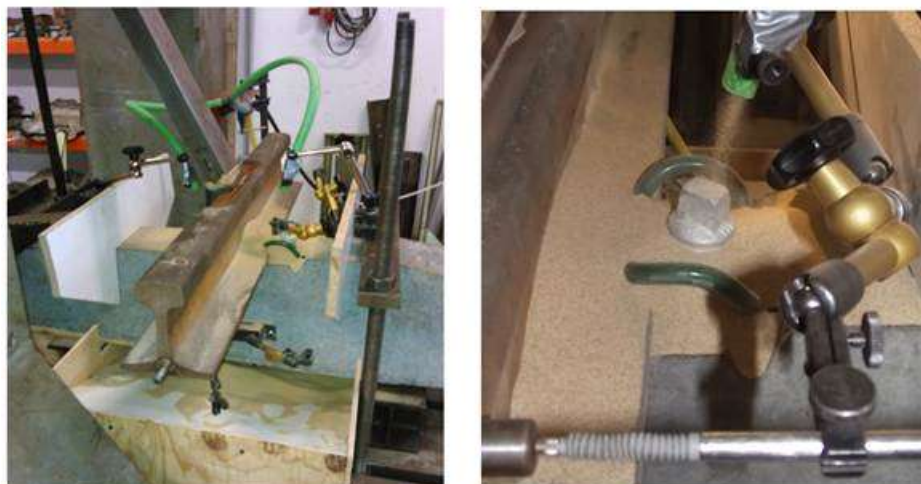
- Traviesas
- Carriles
- Sistemas de sujeción

Validación técnica

Se propuso incorporar en los procesos ensayos normalizados con condiciones que determinasen y regulasen la resistencia al desgaste de los elementos de la superestructura en presencia de arena depositada como consecuencia de tormentas típicas de áreas desérticas. Se ha comprobado que el efecto abrasivo, producido por el rozamiento de la arena con los componentes, genera en éstos un importante desgaste cuya evolución debería ser acotada.

En la siguiente figura se muestra el montaje de ensayo normalizado de certificación del producto, para el cual el LADICIM se encuentra acreditado, habiendo introducido unas nuevas condiciones de ensayo en las que se simule la presencia de arena del desierto con

el objetivo de validar el producto o, en su defecto, conocer el alcance del efecto de las nuevas condiciones sobre los componentes que van a ser puestos en obra.



Ensayo de simulación de paso por vía, ensayo normalizado, en condiciones pésimas de presencia de arena.

La siguiente figura muestra el resultado del efecto de desgaste provocado por la presencia de arena entre la placa acodada y la propia traviesa de hormigón.



Desgaste producido por la arena del desierto sobre la traviesa de hormigón.

Estos dos aspectos comentados deberían de ser claves para asegurar la innovación que supone emplear un producto, ya contrastado en condiciones controladas, en una aplicación novedosa por desconocida y potencialmente hostil desde el punto de vista ambiental.

Complementariamente, desde el LADICIM, se **propuso** el uso de materiales con cambio de fase (PCM) para refrigerar las piezas poliméricas de sujeción de carril. El objetivo **fue** mantener su comportamiento mecánico y prolongar la vida útil bajo alta temperatura, ocasionada por la ambiental a la que se suma la producida por el efecto de las cargas dinámicas de la vía fluctuantes generadas al paso de los trenes. Con el uso del PCM

inorgánico hidratado adecuado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), la temperatura de pico registrada en la vía de hasta 70°C , que supera la de transición vítrea de los polímeros empleados en los topes laterales de carril, es reducida a $48,5^\circ\text{C}$, valor de funcionalidad óptimo para los topes aislantes (Patentado LADICIM).

Implantación de la innovación

Los elementos ferroviarios certificados para el mercado europeo, fabricados en España y Alemania, han sido evaluados para su utilización bajo las condiciones meteorológicas de Arabia Saudí y, en especial, para las condiciones de desierto arenoso. Esta innovación ha sido utilizada en más de 400 km de vía de alta velocidad entre Medina y La Meca, entre los que 40 km son desérticas extremas.

8.2 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN AD HOC

Estructuras con composites. ACCIONA

Explicación de la tecnología.

ACCIONA desarrolla desde hace 20 años la tecnología necesaria para el diseño y fabricación de materiales compuestos aplicados a la construcción. El uso de estos materiales para la fabricación de estructuras nuevas o rehabilitación de existentes tales como puentes o pasarelas, supone importantes ventajas en cuanto a la reducción de los costes de mantenimiento que a menudo se dan en estas estructuras como consecuencia de los procesos de corrosión de acero. Pero además de esta ventaja, que se acentúa en ambientes agresivos costeros, fríos, o estructuras marinas o ambientes salinos, otras de sus ventajas más destacables son el carácter Inalterable e Impermeable, la facilidad de puesta en obra y medios de elevación ligeros para montaje, así como las altas prestaciones de estas estructuras con peso reducido.

El peso de los materiales compuestos, que generalmente se encuentra entre 15 y 20kN/m³, permite la fabricación de puentes que pesan menos que las correspondientes soluciones análogas pero realizadas en hormigón o acero. La ligereza de los materiales simplifica toda operación de transporte e instalación. Por tanto, esto representa una gran oportunidad para la aplicación de estos materiales en lugares de difícil acceso. Además, gracias a su ligereza, estas estructuras también ofrecen ventajas en regiones propensas a actividad sísmica puesto que tienen una menor fuerza de inercia a nivel de forjado. Los forjados ligeros de las vigas de materiales compuestos pueden también contribuir a reducir los costes de la subestructura del puente, sobre todo en los suelos con baja capacidad de carga.

El empleo de estas estructuras en materiales compuestos también favorece la introducción de estructuras prefabricadas en obra civil reduciendo los plazos de ejecución y congestiones y mejorando los aspectos de seguridad de las mismas.

El proceso de construcción de vigas de puentes en materiales compuestos se puede acelerar aún más mediante soluciones añadidas basadas también en estos materiales tales como el uso de encofrados, la estabilización de muros y el empleo de fibra corta en lugar de acero.

Para concluir, además de todo lo anterior, el empleo de materiales compuestos en obra civil está especialmente indicado para zonas urbanas. Relacionado con esto, ACCIONA participó en proyectos europeos de investigación del pasado programa de investigación FP7 tales como PANTURA y TRANS-IND, que tuvieron como objetivo mejorar los procesos de producción y construcción de prefabricados para estructuras de obra civil reduciendo las actividades de trabajo, máquinas y costes para lograr un uso más eficiente de recursos y reducir las emisiones de carbono asociadas a dichos trabajos.

Sin embargo, a pesar de todas las ventajas anteriormente expuestas, las principales barreras identificadas para la implantación de estos materiales son:

- Novedad del material
- Falta de normativa o respaldo a la propiedad
- Desconfianza del comportamiento en el tiempo: durabilidad y vida útil
- Falta de referencias
- Ausencia de incentivos o motivaciones para la implantación o introducción de tecnología en obra
- Tradición
- Y la multitud de agentes intervinientes...
 - ✓ Administración (o propiedad correspondiente)
 - ✓ Dirección facultativa
 - ✓ Ingeniería / estudios de arquitectura
 - ✓ Y las propias empresas (múltiples departamentos).

Implantación de la tecnología

En cuanto a la implantación de la tecnología, no existe un procedimiento o vía única para implantación en obra.

Los pasos que se han seguido dentro de ACCIONA han sido diferentes en cada caso, dependiendo de quién fuera el cliente, y también de las referencias previas. Según éstas aumentan, los requisitos adicionales debido al carácter innovador de la tecnología se suavizan. En general, si la obra está ya siendo ejecutada se presenta a la dirección de obra una propuesta de actuación innovadora que incluye:

- Preparación de un dossier inicial informativo, incluyendo:
 - ✓ Descripción de la investigación realizada
 - ✓ Experiencias en otros campos
 - ✓ Ensayos realizados (propios)
 - ✓ Propuesta técnica (prediseño, cálculos, etc)
- Si es requerido, se buscan opiniones expertas externas que avalen la propuesta realizada, bien mediante su propia experiencia, bien mediante ensayos realizados ex-profeso (IETcc, CEDEX, CBI, JRC-ELSA, etc.).

- Si la dirección de obra acepta la propuesta innovadora, se redacta proyecto y se ejecutan los trabajos de producción y fabricación de los elementos, e instalación en obra.
- Monitorización (si aplica).

Ejemplos de implantación

El conocimiento de ACCIONA sobre materiales compuestos y su aplicación a construcción, le ha permitido la ejecución de muy diversas estructuras tales como:

- 3 puentes carreteros (1 de ellos fuera de España)
- 3 pasarelas peatonales
- 1 faro para el puerto de Valencia
- Placas de impermeabilización para túneles
- Diversas estructuras auxiliares (escaleras de emergencia, barras FRP)
- Numerosos (+50) refuerzos de estructuras existentes (varios a nivel internacional)

Algunos de estos proyectos más destacables se describen en más detalle a continuación.

Puente en la autovía del Cantábrico - Asturias (tramo Vegarrozadas - Soto del Barco) en 2004

En España, en 2004 se construyó el primer puente vehicular con vigas en materiales compuestos a lo largo de la carretera que conduce al aeropuerto de Asturias. Se trató de un puente de cuatro tramos con sus tres vigas de fibra de carbono de 46 m continuas sobre los tres soportes intermedios. Las vigas tienen una sección transversal trapezoidal y fueron construidas envolviendo pre-impregnado de fibra de carbono en un molde del poliuretano.

Fueron fabricadas en Madrid y luego transportadas en camión hasta el lugar de trabajo, situado en Asturias. Para facilitar el transporte, cada una de las vigas fue dividida en dos piezas que se unieron en el lugar de trabajo con adhesivo. La ligereza de las vigas, de 4.6 Tn cada una, permitió posicionar cada una de ellas sobre los soportes de una sola vez (Figura 1b), completando la operación en 3 horas.

Para acelerar aún más el proceso de construcción del puente, se utilizaron encofrados de fibra de vidrio. Estos encofrados se conectaron a las vigas en el taller, para ser colocados en la posición final al mismo tiempo que las vigas.

Durante la fase de diseño surgió la problemática inicial de los pre-impregnados disponibles en el mercado estaban desarrollados para la industria aeroespacial, y no específicamente para las estructuras de puentes consideradas, lo que afectó negativamente al coste del puente. Además, las vigas de materiales compuestos con secciones transversales cercanas,

ideales desde el punto de vista mecánico, implicaron el uso de moldes permanentes en el lugar de ejecución de la obra lo que de nuevo resultó en un aumento de costes.



(a)



(b)

(a) Vista de las vigas de materiales compuestos en el Puente de Asturias Autovía del Cantábrico - Asturias (tramo Vegarrozadas - Soto del Barco); (b) Posicionamiento de una de las vigas de materiales compuestos durante la fase de construcción.

Pasarela peatonal sobre río Júcar en Cuenca. Año 2011.

Es completamente diferente de los puentes de viga del ejemplo anterior. En este caso se presenta una tipología de pasarela peatonal con cinta estresada.

Este proyecto ofreció la posibilidad de estudiar el comportamiento de los cables de fibra de carbono en vista de sus futuras aplicaciones en otros tipos de puentes tales como puentes suspendidos. La pasarela tiene una longitud total de aproximadamente 216 m y está formada por tres vanos de 72 m. Su sección transversal está compuesta por una losa de hormigón armado de 0,25 m de espesor que está soportada sobre 16 cables de fibra de carbono con un diámetro de 42 mm (Figura 2b).

Cada cable tiene una longitud de 44 m con terminaciones en forma de anillo. En consecuencia, se unieron cinco cables para cubrir la distancia entre los dos extremos. Estos cables se fabricaron colocando dos anillos de acero inoxidable a una distancia igual a la longitud final de los cables y enrollando la fibra de carbono preimpregnada.

La sección transversal de los cables se formó y consolidó con una película de plástico que se contrae cuando se calienta. Como último paso, los cables fueron curados en un horno y cubiertos con fibras de aramida para protegerlos de impactos accidentales durante su manipulación. El lanzamiento del cable fue sencillo dada su ligereza.



(a)



(b)

(a) Vista de la Pasarela peatonal sobre el río Júcar en Cuenca; (b) Vista d la pasarela peatonal justo después del cableado en material compuesto desplegado.

Faro Puerto de Valencia. 2015.

Se trata del primer faro del mundo construido íntegramente en composites y se autoalimenta con energías renovables. Ha sido el resultado es una infraestructura portuaria de vanguardia más ligera, sostenible y duradera que un faro tradicional.

Los procesos de producción de materiales compuestos empleados en la fabricación de las piezas requeridas del faro fueron:

- El proceso de **INFUSIÓN** consiste en la utilización de vacío para lograr la impregnación de las fibras del laminado. Se trata de un proceso muy adecuado para la realización de piezas de grandes dimensiones y de cierto espesor.
- El proceso de **RTM (Resin Transfer Moulding)** consiste en la inyección de resina a presión en el interior de un molde cerrado y calefactado en el que previamente se ha dispuesto la fibra seca, de modo que la fibra queda totalmente impregnada y la pieza presenta una geometría virtualmente perfecta.
- El proceso de **PULTRUSIÓN** consiste en la fabricación de perfiles en sección constante en forma continua para lo cual las fibras pasan por un sistema de impregnación en resina y después pasa a un molde donde se produce el curado del material y por tanto la forma final.

De esta manera, los componentes fundamentales del faro fueron:

- Los pilares y travesaños obtenidos en fibra de vidrio y carbono, que se obtuvieron mediante procesos de pultrusión.
- Los forjados en fibra de vidrio y poliuretano, que se obtuvieron por infusión. El sistema estructural consta de cinco forjados que cumplen la doble función de conectar los tubos perimetrales y unirlos con el núcleo de la escalera, así como con las plataformas de descanso requeridas por la normativa actual de edificación (CTE).

- Los 126 peldaños y 4 descansillos, que fueron igualmente fabricados en fibra de vidrio y poliuretano, pero por procesos RTM. Los peldaños de la escalera de caracol presentan una estructura tipo sándwich en la cual dos pieles de 6mm de espesor envuelven un núcleo de poliuretano ligero.
- Los 32 nudos necesarios fueron fabricados en fibra de vidrio y carbono por procesos de infusión. Su función fundamental fue la de transmitir los momentos de los tubos verticales a los tubos transversales. Los nudos de empotramiento constaron de dos mitades no simétricas que tenían que adherirse durante el montaje abrazando los tubos verticales y horizontales y una serie de refuerzos.
- Las 120 cuñas en fibra de vidrio se obtuvieron de nuevo por RTM. Su función fue la de conectar los forjados con los pilares y constaron de tres piezas separadas idénticas que conformaban un tronco de cono de 200mm de altura.

Antes del envío de las piezas a obra, se sometieron las diferentes piezas anteriormente indicadas a los procesos de calidad necesarios que constaron en la realización de controles visuales y dimensionales a cada elemento fabricado, ensayos fisicoquímicos a la materia prima, elemento final y ensayos mecánicos que validen la funcionalidad del elemento final.



(a)



(b)

Faro de Valencia. a) Posicionamiento para elevación del faro. b) Vista del faro ya instalado.

Cubipod. OHL/SATO

La tecnología Cubipod



Cubipod (www.cubipod.com) es un elemento innovador para la construcción de diques en talud. Desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia en colaboración con OHL y su filial SATO especializada en obras marítimas, se trata de un bloque cúbico que incorpora protuberancias en las caras para impedir el acople cara contra cara y aumentar la fricción con la capa inferior.

Cubipod es una pieza masiva, no esbelta, que permite la construcción de mantos de abrigo monocapa o bicapa, con un coste unitario casi tan bajo como el del bloque cúbico convencional. Se fabrica con encofrados tipo flanera (dos puestas/día), se manipula con pinzas de presión dobles y se puede acopiar en disposición cerrada o abierta, de forma análoga a los bloques cúbicos convencionales. Tiene además tendencia al auto-posicionado aleatorio y presenta porosidades uniformes.

Cubipod mantiene así las ventajas del bloque cúbico tradicional (robustez, encofrado vertical, acopio denso, facilidad de puesta en obra, etc.), corrigiendo sus desventajas (ahorro de hormigón, menos rebase, sin adoquinamiento, una o dos capas, etc.). Todas estas características permiten ahorros económicos del 40% al 60% en el manto de diques medios-grandes.

Cubipod ha obtenido diversas distinciones por su carácter innovador. Entre ellas, destaca la Mellada de Oro con mención de honor (distintivo extra concedido en contadas ocasiones) recibida en el 39º Salón Internacional de Invenciones de Ginebra (Suiza) en el año 2011.

Tanto la pieza como el encofrado necesario para su fabricación están patentados a nivel internacional, contando OHL además con marcas y know-how que completan la protección de la propiedad industrial del sistema.

El proceso de la primera implantación

La primera aplicación de Cubipod se produjo en 2011, en el marco del proyecto *“Habilitación y mejora de la dársena exterior y abrigo exterior de San Andrés del Puerto de Málaga”*. Esta actuación supuso para la Autoridad Portuaria de Málaga el Premio Nacional de Innovación en su categoría de Compra Pública Innovadora, reconociendo la materialización de la primera aplicación real de una nueva tecnología española con enorme potencial de utilización futura en obras portuarias de todo el mundo.

En el momento de producirse, esta experiencia de compra pública innovadora fue pionera en el sistema portuario español y el pliego del concurso supuso una buena práctica para la compra pública de tecnología innovadora, permitiendo, a través de un procedimiento

ordinario de contratación según lo dispuesto en la LCSP y utilizando el modelo de pliegos habitualmente empleado por las Autoridades Portuarias, incorporar tecnología innovadora en condiciones de libre competencia y garantizando técnicamente la solución adoptada mediante la realización de actividades de I+D previas a su ejecución (en este caso, a través de la ejecución de ensayos a escala del modelo).



Dique de San Andrés del Puerto de Málaga, construido con Cubipod

En las últimas décadas, las distintas autoridades portuarias españolas han proyectado y licitado sus diques de abrigo utilizando casi exclusivamente bloques cúbicos, de distintos pesos en función del tipo de obra. Y a pesar de que los pliegos de condiciones generales de los concursos para construcción de puertos suelen admitir variantes, hasta 2011 nunca se había abierto en España la posibilidad de variantes en la morfología de los elementos constituyentes del manto de abrigo principal.

En el caso del concurso “*Habilitación y mejora de la Dársena Exterior y Abrigo Exterior de San Andrés*” se rompió esta tendencia, admitiéndose por primera vez variantes al Proyecto Base en la morfología del manto exterior de defensa de la sección en talud del dique de abrigo, permitiendo así la consideración de elementos innovadores que pudieran aportar ventajas sobre los habituales bloques cúbicos.

El Pliego no sólo permitía esta variante, sino que explicitaba que la Comisión Técnica valoraría positivamente las posibles mejoras técnicas, constructivas o estéticas (impacto visual) en el caso del manto exterior del dique de abrigo que aportasen las eventuales variantes presentadas.

El criterio fundamental contemplado en las Bases Técnicas para determinar los límites de las modificaciones propuestas por los licitadores era la debida justificación de que, con las

mismas hipótesis de cálculo adoptadas en el Proyecto Base de la Autoridad Portuaria de Málaga, se superasen todos los coeficientes de seguridad mínimos exigidos en la *Recomendaciones para las Obras Marítimas* (Programa ROM).

Como garante de la solvencia técnica de la posible solución innovadora a incorporar al proyecto, la Autoridad Portuaria también se reservaba en el Pliego el requerimiento a la empresa adjudicataria de llevar a cabo, a su coste, los trabajos de I+D necesarios para acreditar la viabilidad de la solución que, finalmente, consistieron en la realización de ensayos de estabilidad en modelo reducido por parte del CEDEX. Estos trabajos permitieron que una tercera parte, de suficiente confianza para la Autoridad Portuaria, validase los resultados de los ensayos previos aportados por OHL en el momento de la presentación de la oferta.

En definitiva, la clave para lograr esta primera implantación del Cubipod se centró en el procedimiento de contratación empleado, a través de un Pliego:

- ✓ adaptado a los usos comunes de las Autoridades Portuarias, en el marco de la LCSP,
- ✓ abierto, mediante la admisibilidad de variantes, a soluciones innovadoras en aspectos tradicionalmente cerrados en este tipo de proyectos,
- ✓ identificando claramente los requisitos y aspectos a valorar en las variantes ofertadas, y
- ✓ garantista técnicamente respecto a la solución a adoptar, al requerir actuaciones específicas de I+D (ensayos) que demostrasen su viabilidad antes de su construcción.

Implantaciones hasta la fecha

Hasta la fecha de redacción de este cuaderno, pueden encontrarse aplicaciones exitosas del Cubipod en los siguientes puertos:

- Dársena Exterior y Abrigo Exterior de San Andrés en el Puerto de Málaga.
- Contradique del Puerto de Punta Langosteira, en La Coruña: fase 1 (diques Norte y Sur) y fase 2 (dique Oeste Langosteira).
- Cierre sur de la Dársena de La Esfinge en Las Palmas de Gran Canaria.
- Puerto de la Marina de Argel (Argelia).

Hay que destacar que en este último proyecto OHL no participa como contratista, suponiendo por tanto, no sólo la primera implantación del Cubipod fuera de España, sino la apertura de un nuevo negocio para OHL de venta de tecnología y servicios técnicos asociados.



Dique Sur del Puerto de Langosteira, de 1.350 m de longitud y 22 m de altura de ola, con Cubípodos de 25 y 45 toneladas.

Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles Bi-Tubo. FCC Construcción

Explicación de la tecnología

El campo de aplicación de esta solución innovadora reside en la instalación de vías férreas sobre placa de hormigón en túnel bi-tubo.

La vía en placa es un tipo de vía férrea que asienta sobre hormigón o asfalto, sustituyendo en su función al balasto convencional. Requiere una mayor precisión en la nivelación, alineación y ancho de vía, ya que la corrección posterior de posibles errores resulta muy costosa. Por otro lado, tiene un mantenimiento menor, en torno al 20%, lo que permite disminuir los tiempos de intervención y, por lo tanto, incrementar la disponibilidad operativa de la infraestructura.



Descripción del Procedimiento

La instalación de vía en placa se desarrolla por etapas:

1. Formación de la sección constructiva. Fundamental los gálibos de los que disponemos.
2. Diseño y realización de playa de vías. Vías para carga de hormigón y traviesas y de taller.
3. Montaje de vía auxiliar por andén de mantenimiento. Vías apartadero cada 3,5 Km.
4. Acopio de traviesas en andén de evacuación. Con ayuda de un mini-tren de transporte.
5. Ejecución de presolera. Por vertido directo desde la hormigonera.

6. Montaje de la vía en placa. Reparto de traviesas, colocación de la vía y hormigonado.
7. Transiciones vía en placa – balasto. Con dos cupones rigidizadores.
8. Barra larga y soldadura. Con mini-tren o con carrilero en retroceso.



Este procedimiento de instalación de vía en placa para túneles de uso ferroviario optimiza las diversas fases constructivas del procedimiento, y permite un incremento considerable de los rendimientos del proceso hasta valores productivos muy superiores a los presentados por los procedimientos habituales.

El proceso de la primera implantación

El proceso de la primera implantación se efectúa en los túneles de San Pedro de 9,5 km en la L.A.V Madrid-Segovia – Valladolid, Tramo Madrid-Miraflores.

1. *¿Cómo surge la idea? Transformar la necesidad en virtud.*

Ante la restricción de espacio que suponen estos túneles para la circulación de camiones y medios mecánicos tradicionales, se opta por el montaje de una vía auxiliar que vertebré la obra conectando los diferentes tajos y que permita el transporte de materiales, hormigón, traviesas y carriles.

Con este nuevo enfoque se diseña una solución que además suponga:

1. Mejorar las condiciones de seguridad, reduciendo el riesgo de arrollamientos y colisiones, al reducirse los vehículos de transporte en movimiento dentro del túnel.
2. Reducir la emisión de gases de combustión, mejorando los factores físicos en el ambiente de trabajo.
3. Aumentar los rendimientos hasta medias de 240 m/días y puntas de 450 m/día.
4. Disminuir tiempo y costes de ejecución como consecuencia del alto rendimiento.

2. *Prediseño*

Tras muchas vueltas a los procedimientos tradicionales, esta idea, proyectada por el equipo de trabajo, se define en un Procedimiento de Ejecución, que se presenta a la Dirección de Obra para su aprobación. Ésta ante una propuesta que reduce plazos y mejora la seguridad, manteniendo la misma calidad en el producto final, aprueba el Procedimiento sin dudarlo.

El Procedimiento de Ejecución presentado ya definía las características y requisitos necesarios de los equipos que cubran las necesidades y posibiliten ejecutar cada etapa constructiva:

1. Esfuerzo de elevación de los pórticos de carril. (Potencia y capacidad portante)
2. Capacidad de los vagones hormigonera del mini-tren para transporte de hormigón.
3. Tracción de las locomotoras, en función de las rampas del proyecto y la carga.
4. Velocidades de las mismas, en función del esfuerzo de tracción anterior.
5. Análisis de tiempos estimados por ciclo, en función de las cargas y velocidades.
6. Cálculo de rendimientos estimados.

3. Cálculo, diseño y selección de equipos.

Una vez conocida la relación entre rendimientos y equipos, se seleccionan los equipos de entre las distintas opciones existentes en el mercado, y se calculan y diseñan otros, no existentes o no adecuados a los requisitos exigidos, cuya fabricación se encarga a colaboradores habituales de reconocida solvencia, exigiendo para todos ellos, el cumplimiento de toda la normativa técnica y de seguridad de aplicación.

4. Elaboración de Propuesta

Una vez finalizada la fase de selección, cálculo y diseño de equipos, se adjuntan los resultados como respaldo a la propuesta Técnica de Ejecución que se presenta a la Dirección de Obra.

5. Ejecución de los trabajos (Innovación Continua)

Durante esta fase afloraron algunos fallos de diseño, situaciones no previstas, que fueron subsanadas y/o mejoradas. El proceso de innovación no se detiene y el aprendizaje adquirido por la experiencia permite la evolución y el ajuste del método. En definitiva, la innovación es permanente y de mejora continua.

6. Monitorización

La medición y el registro de datos durante la ejecución de los trabajos es una parte fundamental del proceso de innovación, ya que permite registrar empíricamente cualquier característica relevante del método in situ.

Implantaciones hasta la fecha

Se ha aplicado con éxito en los siguientes túneles ferroviarios:

- Túneles de Guadarrama (Segovia). Montaje de Vía del nuevo acceso ferroviario Norte-Noroeste, Madrid-Segovia-Valladolid/Medina del Campo. Túnel de Guadarrama.
- Túneles de San Pedro (Madrid). Montaje de vía del nuevo acceso ferroviario al Norte y Noroeste de España. Madrid-Segovia-Valladolid/Medina del Campo. Montaje de vía Madrid-Miraflores de la Sierra.
- Túneles de la Cabrera (Valencia) y Túnel de Torrent (Valencia). Montaje de vía e instalaciones auxiliares en el tramo entre Siete Aguas y Almussafes del nuevo acceso ferroviario de alta velocidad (AVE) Madrid-Castilla la Mancha-Comunitat Valenciana-Región de Murcia.

Este proceso dispone de las siguientes patentes:

- PA-ES 200901421 *Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles bitubo*
- PA-DZ 100350 *Procède d'installation des traverses en beton de chemin de fer en tunnels a double tubes.*
- PA-USA 9157193 *Method for the installation of slab tracks in twin tube tunnels.*
- PA-FR 2010124421 *Method for the installation of slab tracks in twin tube tunnels*
- PA-MEX 339409 *Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles bitubo*
- PA-CANADA 2707321 *Method for the installation of slab tracks in twin tube tunnels*



Corrosímetro GECOR. GEOCISA e IETCC

El equipo GECOR 8 es un corrosímetro para medida en campo de corrosión de armaduras hormigón que incluye cuatro técnicas de medida distintas en un solo equipo.

- **Técnica avanzada de Confinamiento Modulado (MCT)** con controladores de campo eléctrico para estructuras aéreas.
- **Mapeo.** Es un método rápido para medidas de potencial de corrosión y de resistividad eléctrica
- **Técnica de la Atenuación del Potencial (APT)** para estructuras sumergidas o muy húmedas.
- **Técnica de Verificación de la Pasividad (PVT)** para medida de la eficacia de la protección catódica (CP) sin necesidad de desconectar la corriente.

Las técnicas puestas en práctica por el equipo GECOR 8, tienen su origen en las investigaciones realizadas en los años 80 por el IETcc y el CENIM con financiación de la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología). En el año 1989 se aprueba el primer proyecto EUREKA (EUREKA-401) financiado en España para trabajar en el desarrollo de esta tecnología. En el proyecto participan ya la empresa española GEOCISA y el *Swedish Cement and Concrete Research Institute (CBI)*



En Mayo de 1990 se presentó una solicitud de patente en España, que finalmente fue concedida en febrero de 1992, con la empresa GEOCISA y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) como titulares.

Además, a principios de 1993 se presentó una solicitud de patente en Estados Unidos, que fue aprobada a finales de ese mismo año tras un complejo proceso que incluyó la necesidad de defender personalmente la originalidad de la idea ante los funcionarios de la Oficina de Patentes de Estados Unidos.

Como parte de la estrategia de explotación del producto, se optó por conceder una licencia de fabricación y venta del producto a la empresa James Instruments Inc. (EEUU).

El GECOR 08 fue elegido uno de los 20 inventos más importantes del CSIC para el Programa Ingenio y se presentó en el Palacio de la Moncloa en 2005 con motivo del lanzamiento de este Programa.

El equipo GECOR 8 es considerado el más preciso de los que se han comercializado y se considera como referencia. Ha sido sometido a evaluaciones competitivas en EEUU y más recientemente en Francia. Se ha vendido durante más de 25 años en los 5 continentes, tanto por parte de los titulares de la patente como por empresas licenciatarias, permitiendo a los titulares recobrar sobradamente los costes de desarrollo de la tecnología y de los procesos de protección. Como prueba del éxito del equipo se puede indicar que en la actualidad se han desarrollado y se siguen desarrollando nuevas versiones del equipo, como el GECOR 10.

Las principales ventajas señaladas en relación con el proceso de patente son:

- Se ha desarrollado con éxito una colaboración público-privada iniciada en los años 80 y que aún perdura.
- La patente es una herramienta jurídico legal para la explotación de la tecnología que, puede ser empleada por el titular para iniciar un proceso de defensa de sus derechos en caso de copia o reproducción no autorizada.
- La licencia a terceros, especialmente en el caso de colaboradores internacionales (de Estados Unidos en este caso), se hace mucho más viable al existir la figura de la patente que describe y delimita el objeto de un posible acuerdo de licencia o explotación.
- Desde el punto de vista de demostrar capacidad tecnológica, la referencia a la patente es mucho más efectiva que una descripción de tecnologías o equipos.

En cuanto a las principales desventajas:

- Una patente no impide intentos de copia. Ejemplo de esto son los casos identificados ocurridos en EEUU, Francia y Dinamarca.
- El proceso de concesión de la patente es complejo, costoso y lento. Especialmente difícil de asumir por entidades diferentes de grandes empresas o grandes centros de investigación o universidades.
- La potencial defensa supone también un proceso costoso en financiación y tiempo.
- Sólo cubre 20 años, en los que es vigente la patente. En este momento la patente ya no es efectiva al haber superado los 20 años desde su solicitud.

Los investigadores plantearon finalmente como mejoras a los procesos de patente:

- Reducción de la complejidad y los costes.
- Incremento de alcance de los acuerdos internacionales de patente.

- Articular herramientas específicas de protección (sencillas, baratas y rápidas).
- La vigencia temporal de la patente debería estar vinculada al grado de interés industrial o comercial a lo largo del tiempo. Debiendo valorarse que técnicas o conocimientos patentados y no explotados o sin interés quedasen libres antes de 20 años y por otro lado que patentes cuyo contenido se demuestra de interés industrial o comercial pasados 20 años se pudiese prorrogar.

Evaluación técnica:

A la hora de realizar la evaluación técnica de una tecnología objeto de un proceso de patente, tecnología que por definición será novedosa, se encontró con que no existían métodos de evaluación, verificación y calibración del equipo desarrollado y por lo tanto fue necesario desarrollar no sólo la tecnología a patentar sino los métodos necesarios para su evaluación como parte de la propia investigación.

La actual existencia de certificaciones de Eco Diseño o Marcado CE son de utilidad a la hora de introducir en el mercado un nuevo producto, pero se genera el inconveniente de que estos nuevos productos, precisamente por su novedad, no tienen cabida sencilla en los procesos de certificación. El lanzador de la nueva tecnología habitualmente debe recurrir a la colaboración con centros de investigación o laboratorios que realicen una validación experimental de producto y así lo certifiquen como entidades independientes y objetivas.

En el caso del equipo GECOR, la presencia de IETcc en el proceso de desarrollo de tecnología, solicitud y posterior explotación de la patente, aportó la posibilidad de ofrecer el respaldo técnico necesario para el producto más allá de si existían o no procedimientos estandarizados para su validación.

Plataforma de inspección y evaluación de puentes GENIA by TECNALIA – Structural Health Monitoring

Descripción de la tecnología

La Monitorización Estructural (Structural Health Monitoring, SHM) es el proceso de evaluar el estado de salud una estructura a partir de datos procedentes de la instrumentación. Supone cuatro fases o subprocesos:

- Instrumentación: es el conjunto de sensores y sistemas de adquisición de datos que recogen los parámetros estructurales físicos objeto de control y análisis.
- Monitorización: es el servicio, transmisión, publicación web y distribución en tiempo real.
- Análisis: es el conjunto de técnicas que permiten convertir los datos en conocimiento y comprender el comportamiento estructural. Implementación de sistemas de evaluación del estado de la estructura para la detección de daños y su localización.
- Gestión: ayuda a la toma de decisión sobre la actuación y el mantenimiento.

La finalidad de SHM (Structural Health Monitoring) es la detección de daño antes de que evolucione hasta alcanzar un valor límite consiguiendo así los siguientes impactos:

- Prolongación de la vida útil y ahorro económico en su ciclo de vida mediante la detección de daño antes de alcanzar el estado crítico.
- Reducción del tiempo en situación fuera de servicio de la estructura, minorizando el impacto socio-económico.
- Tecnificación/objetivación de los trabajos de inspección.
- Focalización de las inspecciones a zonas susceptibles de daño. Mejora de la eficiencia en los trabajos.

GENIA by TECNALIA se enmarca en la gestión integrada de las infraestructuras a lo largo de su ciclo de vida. Desde el punto de vista de las estructuras, la monitorización estructural adquiere un valor fundamental en la toma de decisiones respecto al diseño, operación y ciclo de vida, y facilita estrategias eficientes, fiables, seguras y optimizadas desde el punto de vista del mantenimiento y vida útil.

El proceso de la primera implantación integral a escala real

Planteamiento del problema

La primera implantación se ha desarrollado sobre el Viaducto de Bolueta (Bilbao). Este viaducto presenta un diseño estructural poco convencional y, además, dispone de un

aparato de vía (bretelle) localizado en el Vano 5 (vano contiguo al arco en la margen derecha) del viaducto. Por estos motivos, Metro de Bilbao (el propietario de la infraestructura), mostró gran interés en que se estudiasen los problemas que pudieran derivarse por el paso de los convoyes reales sobre el viaducto.



Viaducto de Bolueta

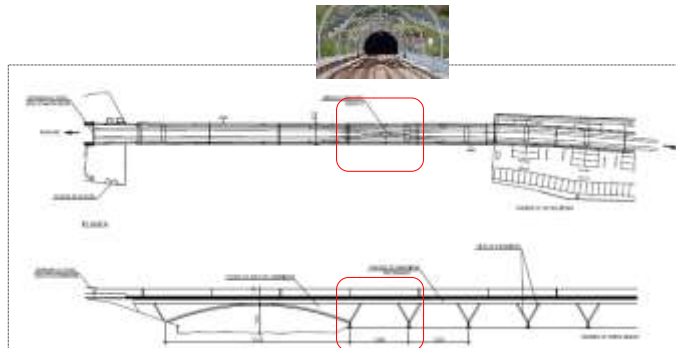
Esta primera implantación viene a demostrar que la experiencia acumulada tanto en el campo del diseño estructural como en el ferroviario justifican por sí mismas la necesidad de retroalimentarse con los datos obtenidos del análisis del

comportamiento real de la estructura una vez puesta en servicio.

El Viaducto

El Viaducto queda inscrito en un acuerdo curvo tanto en planta como en alzado y presenta las siguientes características:

- Fue construido en 2002.
- La estructura es de hormigón armado y pretensado.
- El viaducto consta de un arco sobre el río Nervión de 63 metros de luz, y de viaductos de acceso de 5 vanos (22m+3x24.5m+24m) en la margen derecha y de un vano (19,5 m) en la margen izquierda.



Viaducto de Bolueta. Ubicación de la Bretelle

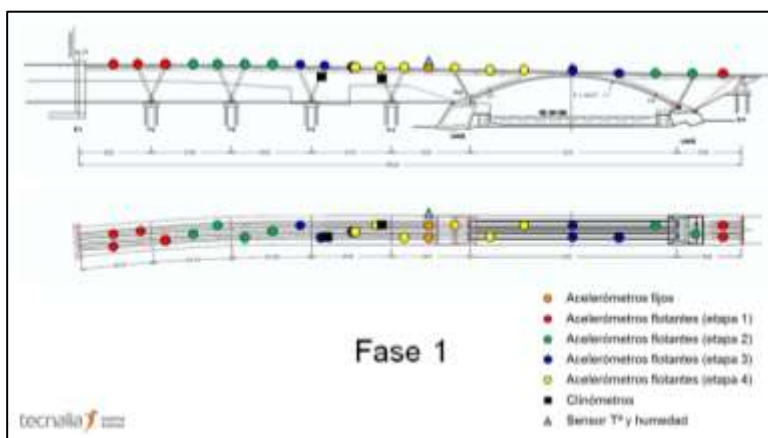
- Las pilas en V son solidarias al tablero y articuladas en la base mediante apoyos de neopreno.
- Los arcos son biempotrados, y se cimentan directamente sobre marga mediante macizos de hormigón. Las pilas inclinadas de los extremos del arco son solidarias de las cimentaciones y del tablero.
- El punto fijo frente a fuerzas horizontales queda materializado en la clave del arco.

Instrumentación

Se han identificado las variables a medir, que no son otras que las aceleraciones (m/s^2) en el tablero del viaducto, producidas por los convoyes a su paso por la bretelle situada en el vano 5.

Por lo tanto, el objetivo de la monitorización es el control del comportamiento dinámico del puente tanto en el dominio del tiempo como de las frecuencias. Las variables dinámicas en el dominio del tiempo (s) son las aceleraciones (m/s^2) y el amortiguamiento. Las variables en el dominio de las frecuencias son, precisamente, las frecuencias de libre oscilación (Hz) al paso de las circulaciones. Con el fin de completar el análisis de la estructura se han medido los desplazamientos (mm) de los apoyos de las pilas 5 y 6; temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad (%) existentes durante las medidas.

El plan de instrumentación consta, en definitiva, de 8 acelerómetros (8 x 3 ejes), 2 clinómetros (2 x 2 direcciones), sensor de temperatura y de humedad, lo que suma un total de 30 canales, para los que se han empleado 2 captadores de datos de 16 canales cada uno. Así mismo, para dotar a



la instalación de autonomía propia se han dispuesto un kit de paneles solares y los datos son enviados a un servidor (FTP) mediante un PC industrial y un router 4G.

Las lecturas se han realizado mediante 4 ventanas temporales diarias de 10 minutos programadas teniendo en cuenta el tráfico y frecuencia de trenes sobre el puente.

Monitorización

La señal eléctrica recibida de los diferentes sensores, una vez establecida la frecuencia de medida, es conducida mediante cableado a dos captadores de señal conectados a un PC industrial en el que se procesa la señal mediante el software CATMAN desarrollado por HBM. CATMAN procesa la señal y reporta los ficheros que contienen la información de los acelerómetros (m/s^2), de los inclinómetros ($^{\circ}$) y de los sensores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad (%) se recogen ambos datos. Estos datos son enviados a un servidor (FTP) mediante un PC industrial y un router 4G para tratarlos en gabinete.

Análisis e interpretación de datos

Conscientes de la complejidad del viaducto y buscando el máximo ajuste entre modelo y realidad, se ha realizado un modelo de cálculo de Elementos Finitos (FEM). Las características principales de este modelo son las siguientes:

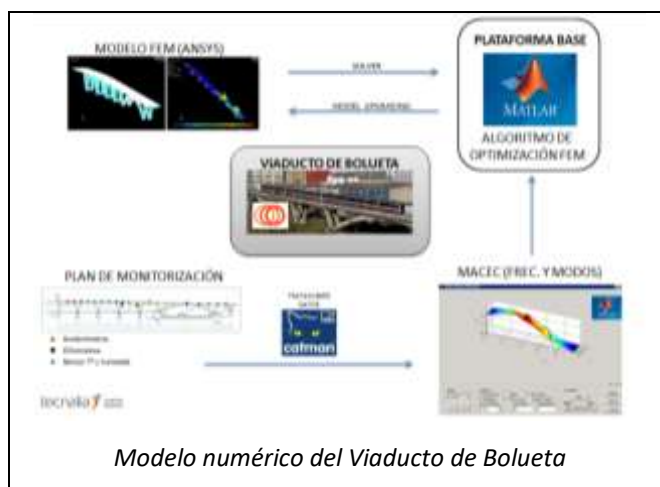
- 30.412 elementos 3D para la definición de los componentes estructurales del Viaducto.
- 9.888 elementos 1D para la definición de masas concentradas (elementos de hormigón bajo vías y en los bordes de los voladizos).
- Comportamiento elástico lineal de los materiales.
- Análisis modal. Se han extraído los 20 primeros modos mediante el método de Block Lanczos.

Una vez modelizado el viaducto, se ha llevado el plan de instrumentación en dos fases:

La 1ª fase es de obtención de datos para la calibración del modelo numérico. Se ha llevado a cabo en cuatro etapas (3 días por etapa) mediante diferentes posiciones para los acelerómetros (dos de ellos se mantienen fijos).

Una vez calibrado el modelo se dio inicio a la 2ª fase para la detección de daños en el viaducto. Esta fase se ha llevado a cabo exclusivamente con 8 acelerómetros en el vano 5 (bretelle) y es a largo plazo.

Para el análisis de las aceleraciones (m/s^2) en el dominio de las frecuencias se ha optado por usar MACEC, una herramienta informática de MATLAB para el análisis modal de estructuras. Esta herramienta permite la extracción de las frecuencias, modos de vibración y coeficientes de amortiguamiento a partir de las aceleraciones medidas en campo. Estos valores se convierten en el objetivo a conseguir con el modelo de



cálculo teórico el cual reajustará sus principales parámetros que caracterizan los materiales (módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, densidad,...) y deformaciones impuestas hasta ajustarse suficientemente a los valores objetivo (los obtenidos mediante la instrumentación). Este ajuste se desarrollará mediante la aplicación de un algoritmo de optimización en elementos finitos (FEM). Una vez alcanzado el ajuste buscado se habrá obtenido un nuevo modelo actualizado a ese instante.

Esta metodología permite que cada vez que se registre el paso de una circulación se pueda conocer las características estructurales parametrizadas en ese instante. La información recogida en cada instante va alimentando un registro histórico que será la base de la gestión.

Gestión

Los datos procedentes de la instrumentación (aceleraciones, temperatura,...) servirán para analizar la evolución de las principales parámetros que caracterizan los materiales (módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, densidad,...) y las posibles deformaciones impuestas.

La evolución en el tiempo de estos parámetros mencionados, junto con los umbrales admisibles (máximos y mínimos), dota a GENIA SHM de las características que se indican a continuación:

- Capacidad de generación de la curva de deterioro de la estructura en el tiempo: Basado en un registro histórico de la información recabada.
- Capacidad de generación de alertas tempranas: Programación de alertas si se rebasan los umbrales admisibles definidos.
- Capacidad predictiva: Estimación de la evolución de los parámetros basándose en la tendencia de los mismos.
- Metodología no invasiva: permite conocer las características resistentes de los materiales en un instante dado sin necesidad de realizar ensayos (destrutivos o no destrutivos).
- Metodología continua-discreta: tiene la capacidad de medir con la frecuencia considerada las características de la estructura (discretizada según sea necesario) y durante el tiempo que dure la campaña de instrumentación.

La validación del procedimiento, tal y como se ha expuesto, se ha realizado considerando la relación realidad y modelo. En consecuencia, se propone un modo de trabajar fructuoso en el que se combina la realidad extraída en campo con un conglomerado de modelos de cálculo. De esta forma, ya no se consideran el modelo y la realidad como modalidades polarizadas, sino que ahora funcionan al mismo nivel, dándose la paradoja que ahora los modelos pasan a ser coproductores de la realidad.

9.- RECOMENDACIONES

Como se ha expuesto a lo largo de este cuaderno, no existe ninguna metodología específica que ayude a acotar el riesgo tecnológico asociado a la implantación de un resultado innovador en una obra y las empresas solventan esta carencia mediante soluciones definidas para cada caso concreto. En algunos casos, la solución pasa por desarrollar una evaluación formal mediante los distintos “certificados” que se pueden emitir sobre los productos y sistemas no tradicionales o sin normativa que los regulen y, en otros, se definen procesos de evaluación ad-hoc.

En consecuencia, desde este Grupo de Trabajo se recomienda avanzar en la articulación de herramientas de evaluación técnica de la innovación que permitan acotar el riesgo tecnológico asumido en la implantación de resultados innovadores. Con este fin y de forma más concreta, se recomienda a los distintos agentes de la innovación en el sector de la Construcción promover acciones encaminadas a:

- Difundir la información sobre herramientas, procedimientos y organismos de evaluación existentes.
- Promover nuevos procedimientos para facilitar la evaluación en productos/procesos que no pueden ser evaluados mediante las herramientas existentes.
- Promover la participación de organismos capacitados en los procesos de evaluación técnica de la innovación.