

TX ACTIVE: FOTOCATALISIS CONTRA LA CONTAMINACION

Laplaza Guerra Agustín

Dpto. de asistencia Técnica y Prescripción FYM.

Vía de los Poblados 1, Edificio C, 6ª Planta. 28033 Madrid

e-mail:

a.laplaza@fym.es

RESÚMEN

El cemento es el material más utilizado en el sector de la construcción presente de manera continua en casi todos los espacios de nuestra vida diaria, los cuales soportan unos niveles de contaminación elevados. Aprovechando la capacidad de absorción de contaminantes orgánicos e inorgánicos de los fabricados con cemento, Italcementi ha desarrollado TX Active, principio activo con propiedades fotocatalíticas.

La fotoquímica desempeña un importante papel tanto en los procesos químicos, biológicos y medioambientales. La demanda de un medio ambiente más limpio y la búsqueda de la mejora de la calidad de vida hacen que la idea de la luz con una finalidad medioambiental se haya convertido una línea de investigación muy importante.

La tecnología fotoquímica aplicada a los materiales de construcción puede ser una buena solución, la intensa investigación en este campo ha sentado las bases para su amplia aplicación en varios sectores industriales.

En particular, la reducción de la contaminación constituye una prometedora línea de trabajo y desarrollo, dentro de este reto, Italcementi ha desarrollado cementos fotocatalíticos capaz de responder a las preocupaciones medioambientales mediante la aplicación del principio TX Active® en los materiales de construcción, dotando a los materiales de capacidad autolimpiante y descontaminante.

Palabras clave: TX Active, cemento fotocatalítico, dióxido de titanio, materiales descontaminantes y autolimpiantes, NOx óxidos de nitrógeno.

1.Italcementi Group.

Con una capacidad de producción anual de aproximadamente 75 millones de toneladas de cemento, el grupo Italcementi es el quinto productor de cemento del mundo.

La empresa matriz, Italcementi, SpA, es una de las diez empresas industriales más importantes de Italia y cotiza en la Bolsa de Valores italiana.

Las empresas del grupo Italcementi aúnan la pericia, los conocimientos técnicos y la cultura de 22 países de 4 continentes. El grupo cuenta con una red industrial formada por 59 fabricas de cemento, 11 explotaciones de árido, 5 terminales, 350 plantas de hormigón y 90 canteras de áridos. En 2010, las ventas del grupo ascendieron a cerca de 4.800 millones de euros.

Italcementi, fundada en 1864, obtuvo un importante prestigio internacional con la adquisición de Ciments Français en 1992.

Tras un período de reorganización e integración que culminó con la adopción de una única identidad corporativa para todas las filiales del grupo, el grupo Italcementi, de reciente constitución, empezó a diversificar geográficamente su actividad a través de una serie de adquisiciones en países emergentes como Bulgaria, Marruecos, Kazajistán, Tailandia y la India, así como mediante el inicio de sus operaciones en Norteamérica. Como parte del plan para potenciar aún más su presencia en la zona del Mediterráneo, en 2005 el grupo incrementó sus inversiones en Egipto, con lo que se convirtió en el líder del mercado. En 2006 Italcementi adquirió pleno control de las actividades desarrolladas en la India y firmó un acuerdo para fortalecer su posición en Kazajistán. En 2007, aumentó su presencia en Asia y Oriente Medio a través de las operaciones llevadas a cabo en China, Kuwait y Arabia Saudí.

Como miembro del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), el grupo Italcementi ha suscrito el Programa de acción de la Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento, el primer compromiso formal que vincula a varias empresas líderes del sector del cemento en un programa de acción cuyos objetivos consisten en satisfacer las necesidades actuales al tiempo que se protegen las de las generaciones futuras. Para consolidar su compromiso con estas cuestiones, el grupo asumió la copresidencia de la Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento durante el período 2006-2007.

Además, Italcementi ha sido incluida en el Anuario de sostenibilidad 2011, la publicación más exhaustiva sobre sostenibilidad corporativa publicada anualmente por SAM (Sustainable Asset Management), y se ha adherido al Pacto Mundial de las Naciones Unidas, una iniciativa estratégica promovida por las Naciones Unidas para alinear las operaciones y los planes de las empresas con principios universalmente aceptados en los ámbitos de los derechos humanos, el trabajo, el medio ambiente y la ética.

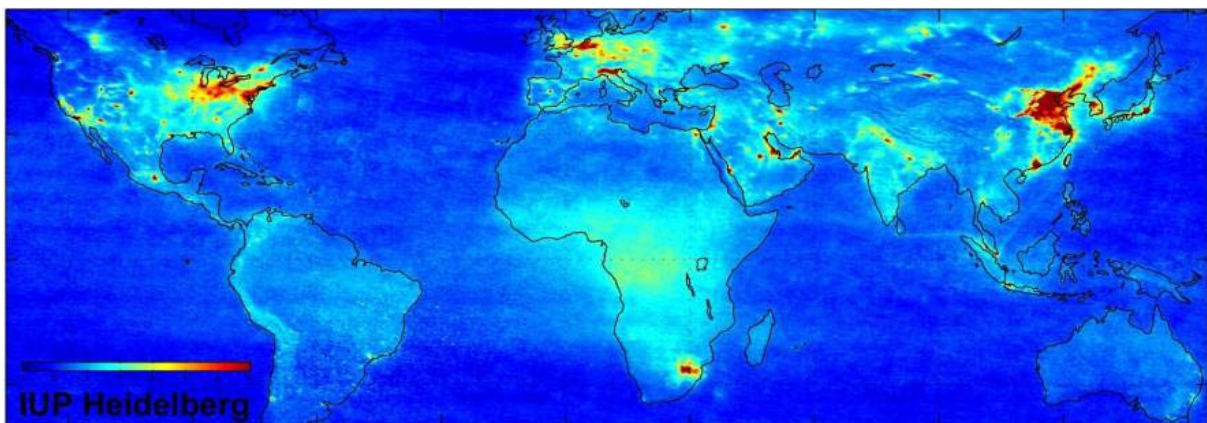
A través de las actividades de sus centros de investigación e innovación en Italia y Francia, los más avanzados de Europa, el grupo pretende anticiparse a las tendencias y los requisitos del mercado dando prioridad a cuestiones medioambientales y a la optimización de los recursos.

2. La Contaminación Atmosférica

Hace unas meses saltó la alarma social en varias ciudades españolas que sufrieron episodios de altos niveles de contaminación en el aire y no es para menos. Existen centenares de investigaciones que evalúan los efectos adversos de la polución en la salud humana. Respirar aire nocivo aumenta el número de fallecimientos, de ingresos hospitalarios y de visitas a urgencias, especialmente por causas respiratorias y cardiovasculares, y diariamente introducimos en nuestro organismo más de 10.000 litros de aire.

Esta contaminación también puede desencadenar un aumento de enfermedades crónicas que originan otras enfermedades y que acortan la vida de las personas que las padecen. Estudios epidemiológicos indican que no existiría un umbral por debajo del cual no se pueda hablar de ausencia de efectos.

La contaminación atmosférica no se limita a las áreas metropolitanas, sino que es «migratoria» por naturaleza. En el mapa atmosférico global de alta resolución del Envisat, que muestra la contaminación por dióxido de nitrógeno, es posible ver el impacto de las actividades humanas en la calidad del aire de todo el mundo: «las distribuciones altas en columna atmosférica de dióxido de nitrógeno se asocian a ciudades importantes de Norteamérica, Europa y el noreste de la China, junto con otros lugares como Ciudad de México en Centroamérica y las centrales de energía de carbón de Sudáfrica situadas próximas las unas a las otras cerca de la meseta de Highveld, al este del país. También por todo el sudeste asiático y gran parte de África se puede observar dióxido de nitrógeno producido por la quema de biomasa y se pueden ver rastros de barcos en algunos lugares (por ejemplo, el mar Rojo y el océano Índico entre el extremo meridional de India e Indonesia).



(Source University of Heidelberg, Germany -

Fig 1. La imagen muestra la densidad de la columna vertical (VCD) de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en la troposfera entre Enero 2003 y Julio 2004
SCIAMACHY Equipment en ESA satélite. La escala es 1015 moléculas/ cm^2 .

Mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimaba entre 300.000 y 700.000 las muertes prematuras, hoy en día cifra esa cantidad en dos millones, las muertes prematuras que cada año son atribuibles a la contaminación atmosférica, en España se calcula que esta causa 16.000 muertes prematuras. Actuando sobre las

PM y reduciendo los niveles de partículas finas a 20 microgramos por metro cúbico, se evitarían más de 11.000 fallecimientos.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA), en las enmiendas de 1990 a la Ley del Aire Limpio, cita 188 «contaminantes atmosféricos tóxicos» de origen tanto orgánico como inorgánico. Aunque los contaminantes pueden ser naturales o generados por el hombre y pueden tomar la forma de partículas sólidas, líquidas o gases, las sustancias contaminantes liberadas a la biosfera son generadas, principalmente, por actividades humanas.

Los principales agentes responsables de la contaminación atmosférica son los vehículos, las fábricas, las refinerías y las centrales de energía, los combustibles de calefacciones domésticas y las incineradoras de residuos, en especial si no están equipadas con sistemas para la eliminación de polvo y la purificación de gases. Los agentes contaminantes también pueden derivar del uso de pesticidas en áreas rurales, y del polvo generado por la minería y la agricultura.

Es necesario conocer que la contaminación atmosférica también puede tener origen natural; por ejemplo, puede proceder de polvos producidos por los fuertes vientos que soplan en los desiertos, por la arena, las cenizas y el polvo procedentes de explosiones volcánicas y por núcleos de agua salada del mar llevados a la orilla por vientos fuertes.

Además, la contaminación procedente de gases naturales puede ser causada por explosiones volcánicas, fumarolas, marismas o materia en descomposición. Una vez las sustancias contaminantes son aerotransportadas por los vientos y las corrientes ascendentes, las partículas gruesas vuelven rápidamente a la superficie de la tierra por la acción de la gravedad (precipitación), mientras que las finas son eliminadas de la atmósfera por la precipitación de lluvia (arrastradas por el agua de la lluvia).

Los contaminantes principales son el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos nítricos (NO_x), el monóxido de carbono (CO), el ozono, el benceno, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), la PM10 (partículas finas < 10 micrómetros de tamaño) y el plomo.

3. Fotocatálisis.

La fuerza desencadenante de la reacción es la energía solar, que llega a la superficie de la Tierra y que equivale aproximadamente a 10.000 veces el consumo anual de energía en todo el mundo la búsqueda de la conversión eficiente de toda esta energía en tecnologías útiles (es decir: acondicionamiento térmico, transporte, producción industrial, etc.) es una de las oportunidades más importantes para el desarrollo tecnológico.

La fotocatálisis es un fenómeno natural similar a la fotosíntesis, por el que una sustancia llamada *fotocatalizador*, mediante la acción de la luz natural o artificial, provoca un fuerte proceso de oxidación y convierte sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas en compuestos totalmente inocuos.

La fotocatálisis es, por lo tanto, un acelerador de los procesos de oxidación que ya existen en la naturaleza, potencia una descomposición más rápida de los contaminantes y evita su acumulación.

En la última década, se han realizado muchos estudios, experimentos y pruebas por parte de CTG, el centro técnico del grupo Italcementi, en colaboración con

universidades y centros de investigación regionales de distintos países (como el CNR, Centro Nacional de Investigación de la Contaminación del Aire de Italia, los laboratorios regionales del oeste de París, etc.).

En cada ocasión, la efectividad de los materiales cementicios fotocatalíticos fue evidente.

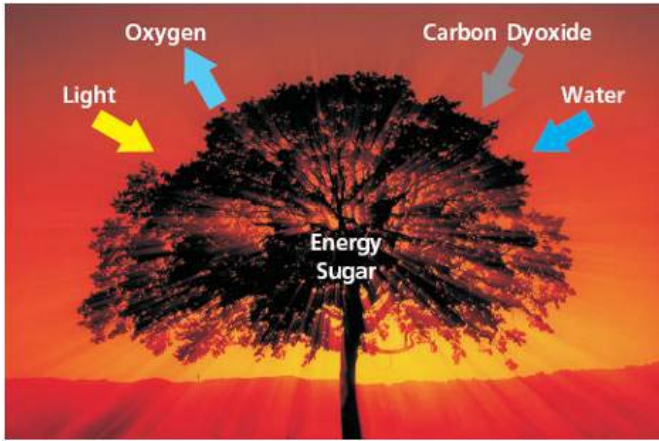


Fig 2 Fotosíntesis

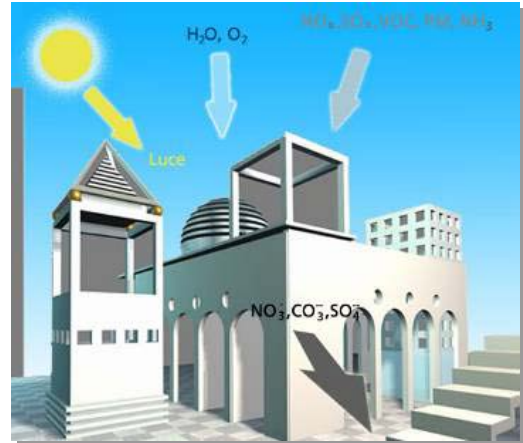


Fig 3. Ciudad Fotocatalítica

Los ensayos de laboratorio mostraron cómo basta con una radiación de 3 minutos para obtener una reducción de los agentes contaminantes de hasta el 75%; experimentos a gran escala confirmaron valores de reducción incluso mayores.

El principio fotocatalítico de TX Active® es la base de los cementos y los conglomerantes fotoactivos diseñados y patentados por Italcementi. Se utiliza para la fabricación de una amplia gama de materiales a base de cemento (desde pinturas hasta morteros y elementos prefabricados) con los que se pueden hacer pavimentos, enlucidos y cualquier tipo de estructura horizontal o vertical y revestimientos.

TX Active, es un catalizador de las reacciones y por tanto no se consume durante la reacción y sus efectos no se agotan con el tiempo.

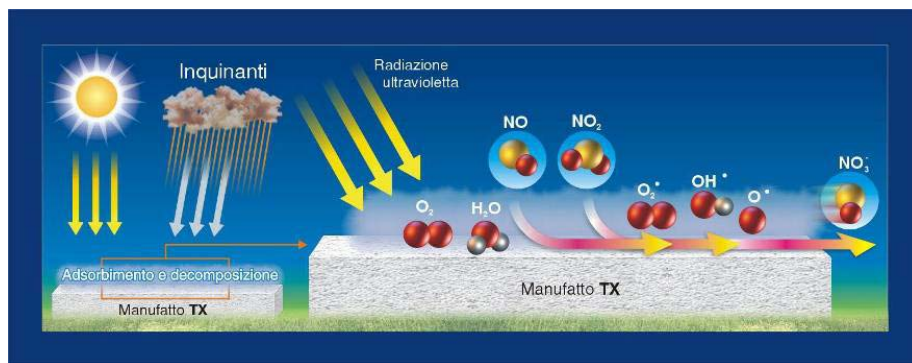


Fig4. Mecanismo de la fotocatalisis aplicado a los materiales fabricados con cementos fotocatalíticos TX Active

4. LA GAMA TX ACTIVE®

La gama de cementos y conglomerantes fotocatalíticos está formada por dos familias que se diferencian por el tipo de prestaciones que ofrecen, en concreto, de descontaminación (aire más limpio) y estéticas (edificios más limpios).

Estos productos pueden ser blancos, grises o colorearse con pigmentos inorgánicos para obtener un aspecto distintivo.

4.1 TX ARIA®, la línea medioambiental: combatiendo la contaminación

TX Aria® es el conglomerante específico para pinturas, morteros y enlucidos, yesos, hormigón para elementos de construcción fotoactivos, y puede reducir las sustancias nocivas que producen las actividades humanas, las fábricas, los coches y los sistemas de calefacción doméstica.

TX Aria® se puede aplicar a estructuras horizontales, como por ejemplo:

Suelos de hormigón.

Adoquines de hormigón.

Pavimentos y calzadas de carreteras y calles a base de cemento.

Placas de hormigón para cubiertas.

Pinturas para señalización de carreteras.

Tejas de hormigón...

En estructuras verticales:

Morteros y revestimientos.

GRC, mobiliario urbano

Pinturas a base de cemento.

Paneles y placas de hormigón arquitectónico.

Barreras de hormigón antirruído y de seguridad para carreteras y autopistas...

Y en túneles, para mejorar la calidad del aire ambiental y mejorar la seguridad:

Pinturas base cemento (al silicato).

Paneles placas y dovelas de hormigón.

Capas de rodadura de hormigón.

TX Aria® es la primera forma activa de combatir la acumulación de sustancias responsables de la niebla contaminante.

4.2 TX ARCA®, la línea arquitectónica: conserva la estética

En Europa, TX Arca® es el cemento que cumple los requisitos específicos de la norma EN 197-1 para la realización de obras arquitectónicas de prestigio. Las características estéticas del hormigón, tanto prefabricado como hecho en obra, se mejoran y preservan a lo largo del tiempo.

Las superficies expuestas a la atmósfera se manchan por la sedimentación de compuestos pigmentados orgánicos –es decir, gases de escape de vehículos a motor, contaminantes orgánicos de actividades tanto industriales como cotidianas del hogar, moho, etc. Además, una humedad elevada y la rugosidad de las superficies fomentan su crecimiento.

El funcionamiento de la fotocatalisis no consiste solamente en la eliminación de estas moléculas orgánicas, sino que indirectamente también permite reducir el efecto negativo de la suciedad representada por partículas de polvo comunes. Estas últimas, de hecho, utilizan las moléculas orgánicas para adherirse a las superficies; al no tener estas moléculas, la adhesión es mínima y su eliminación resulta más fácil. Por último, para optimizar la acción limpiadora, es útil tener superficies lisas y con la mínima porosidad.

La descomposición de los microorganismos responsables de las manchas de las fachadas de los edificios, cuyo crecimiento se ve alentado por la acumulación de grasa, polvo y lluvia, permite mantener las superficies siempre limpias y mantener inalterado el brillo distintivo propio de la gama de cementos de TX Active®.

El cemento TX Arca® fue desarrollado en 1996 para cumplir las especificaciones estrictas de Richard Meier para la construcción de la iglesia *Dives in Misericordia* en Roma. Pureza blanca, brillo y conservación de las cualidades estéticas con el paso del tiempo. Desde entonces, el cemento TX Arca® ha sido el cemento principal de las obras arquitectónicas de prestigio, para las que tanto la calidad del material como el estilo son igualmente importantes y significativos. Los hormigones blancos producidos con TX Arca® tienen las mismas prestaciones fisicomecánicas que los hormigones tradicionales.

Además, ofrecen un brillo extraordinario y la capacidad de preservar su color, de modo que aseguran la belleza original durante el tiempo.

5. Ejemplos de proyectos realizados con cementos TX Active.

5.1 Ciudad de la Música y las Bellas Artes de Chambéry (Francia)

Situada en un barrio residencial, se compone de dos edificios cuya estructura está realizada con elementos prefabricados que hacen de enrejados autoportantes de los elementos de fachada. Se trata de un polo cultural de referencia de la ciudad de Chambéry.

Para este proyecto, se han realizado un seguimiento de 191 puntos, distribuidos en los cuatro puntos cardinales y entre los dos edificios, además de a distintas alturas (es decir, planta baja y primera planta) a lo largo del tiempo, utilizando el mismo sistema colorimétrico CIELAB que en el proyecto previo, la iglesia *Dives in Misericordia* de Roma.



Fig5 Ciudad de la Música y las Bellas Artes



Fig. 6. Toma de medidas

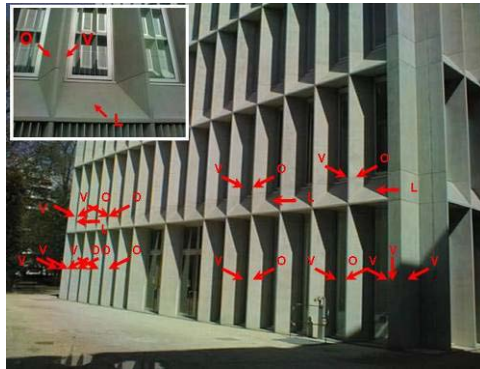


Fig 7. Puntos de control

Después de aproximadamente 8 años de control, los resultados de Chambéry son excelentes. Los valores registrados para los dos edificios permanecen constantes, incluso en distintas posiciones de las fachadas (oeste/norte/este/sur) y los valores de L^* y b^* son representativos del hormigón gris.

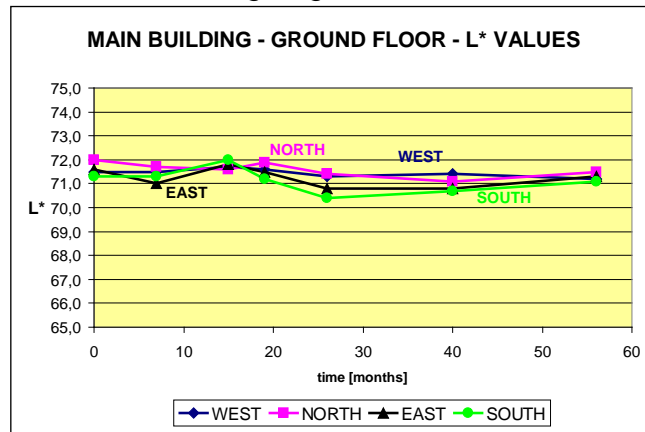


Tabla 1. Medidas de Luminancia

5.2 Calle Borgo Palazzo de Bérgamo (Italia)

El proyecto implicó la remodelación de aproximadamente 500 m de la calle Borgo Palazzo de Bérgamo, lo que suponía una superficie activa de aproximadamente 7.000 m² con adoquines de pavimentación grises para la calzada y rojos para las aceras.



Fig 8. Calle Borgo Palazzo

Se realizaron dos campañas de seguimiento medioambiental con una duración de dos semanas cada una, la primera durante noviembre de 2006 y la segunda en enero de 2007, para controlar el nivel de contaminación y se compararon con un tramo asfáltico de referencia a lo largo de la misma calle. Los resultados del ensayo mostraron una disminución de la contaminación entre el 30 y el 40%. Si consideramos una calle de 500 m de largo, con un tráfico de 400 coches/hora, y productos TX ARIA® a lo largo de ambos lados, los beneficios de la disminución de la contaminación son comparables a una reducción del tráfico de 150 coches/hora. En otras palabras, la polución producida por un coche de cada tres se neutraliza por la acción descontaminante de TX ARIA®.

Recientemente se ha realizado un ensayo interesante para valorar el rendimiento a medio plazo de los adoquines de pavimentación instalados en la calle Borgo Palazzo.

Se extrajeron algunos adoquines de la calle y de la acera para ensayarlos, utilizando un método no destructivo derivado del método estándar NOx que ya se ha descrito.

Hay que tener en cuenta que los resultados numéricos en términos de efectividad descontaminante no son comparables con los mismos valores que se pueden derivar de métodos estándar.



Fig 9. Toma de muestras

El adoquín se ensayó primero «tal cual» (adoquín sucio, instalado), a continuación tras un ciclo de lavado, limpiado y secado, se comparó por último con un adoquín similar disponible en el almacén para una eventual sustitución (en existencias).

De hecho, la ilustración 6 muestra que los adoquines recuperan sus características descontaminantes iniciales, si son lavados, limpiados y secados antes del ensayo.

La presencia de suciedad (como manchas de grasas etc...) pueden reducir ligeramente la superficie activa del adoquín por lo que, para obtener unos buenos rendimientos descontaminantes para estos tipos de aplicaciones, se recomienda llevar a cabo un programa regular de limpieza de pavimentos.

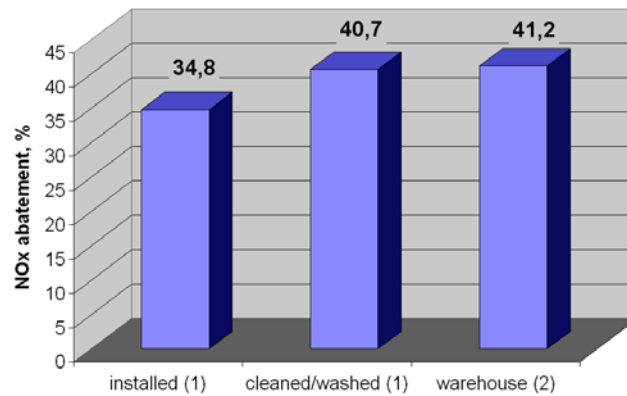


Tabla 2. Porcentajes de descontaminación para adoquines de pavimentación de carreteras, con distintas condiciones de limpieza.

5.3. Túnel Umberto I de Roma (Italia)

Ubicado en el centro de Roma, el túnel Umberto I es uno de los proyectos más brillantes que se han concebido para mejorar el tráfico urbano de Roma. Se construyó a principios del siglo XX para conectar la calle Tritone con la avenida Nazionale por debajo del palacio del Quirinale (residencia oficial del presidente de la República Italiana) creando una ruta directa entre Piazza di Spagna y la avenida Nazionale. Con ello, la circulación rodada entre el distrito de Flaminio y el de Esquilino ha mejorado mucho, lo que ha resultado un tráfico más fluido desde la estación de ferrocarril de Termini hasta el centro histórico de Roma.



Fig. 11: Entrada desde la avenida Nazionale

El túnel, de aproximadamente 348 m de largo, 17 m de ancho y 9 m de alto, estaba en malas condiciones en cuanto a normas de seguridad relativas a la iluminación y los sistemas eléctricos y el mantenimiento de las bóvedas, como muestra la siguiente fotografía tomada antes de las obras de remodelación.



Fig. 12. Foto tomada antes de la reforma

En consecuencia, durante agosto de 2007, el túnel sufrió una restauración que duró un mes, en el que la bóveda de 9.000 m² fue recubierta con una pintura a base de cemento TX ARIA® y se instaló un sistema de iluminación específico para aprovechar las prestaciones descontaminantes de TX Aria® e incrementar la seguridad vial.



Fig 13. Foto tomada después de la reforma.

Antes y después de la renovación del Túnel, se han llevado a cabo campañas de control para medir el nivel de contaminación en ambas condiciones.

Se realizaron dos campañas de medición antes y después de los trabajos de renovación del túnel durante un período de tiempo significativo (tres semanas para cada período), con el fin de recopilar una cantidad suficiente de datos para la evaluación numérica y estadística. Se recopilaron los datos siguientes: Valores de NO_x (NO, NO₂ y NO_x); Condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y velocidad del viento) y, a veces, condiciones de la luz dentro y fuera del túnel (UVA, UVB, RAD, lux); Situación del tráfico, vehículos/hora.

Además, para hacer una comparación entre distintos valores medios calculados de NO_x en distintas ubicaciones del túnel, también se procesaron los datos oficiales del área próxima al túnel, procedentes de ARPA Lazio (la agencia de protección medioambiental oficial de Roma).

Considerando los valores absolutos calculados numéricamente, se determinó una reducción de los valores de NO_x superior al 20%, en particular, en el centro del túnel:

- Una reducción del 25% de los valores de NO.
- Una reducción del 23% de los valores de NO_x.
- Una reducción del 19% de los valores de NO₂.

Sin embargo, desde la segunda campaña (septiembre-octubre 2007) los valores de contaminación registrados en la ciudad de Roma eran superiores a los valores correspondientes de julio de 2007 (de acuerdo con la agencia ARPA), por lo que hemos calculado que el efecto descontaminante real provocado por el sistema (pintura + sistema de iluminación) es realmente superior a los valores mencionados (20-25%).

En este sentido, de acuerdo con el enfoque estadístico aplicado a la evaluación de los datos, la reducción del nivel de contaminación en el centro del túnel resulta ser superior al 50% (las disminuciones calculadas varían del 51% al 64%).

Además, otro efecto relevante derivado de la degradación fotocatalítica de los gases contaminantes es la reducción de los picos de contaminación (valores máximos individuales) observados para todos los gases de NO_x (NO y NO₂), también confirmada por el cálculo estadístico de la varianza de toda la población de datos.

El tratamiento fotocatalítico de la bóveda es realmente efectivo y permite reducir el nivel de contaminación casi hasta condiciones del exterior para la ciudad de Roma.

5.4 Últimas realizaciones en España.

5.4.1 Plaza Conresa. Mislata. Valencia. Gama bioINNOVA de Prefabricados Fenollar. Pavimento de adoquín bicapa TX Aria Descontaminante.



Fig.14 Pza Conresa. Mislata

5.4.2 Iglesia lesu en riberas de loiola. San Sebastián. Arquitecto Rafael Moneo.

10. 000m² Mortero de revestimiento TX Arca Autolimpiante.





Fig. 15. Iglesia Iesu en riberas de Iloilo. San Sebastián

6. REFERENCIAS

Cassar, L.; Pepe, C.; Tognon, G.; Guerrini, G. L. y Amadelli, R. «White cement for architectural concrete, possessing photocatalytic properties». 11.º Congreso Internacional sobre Química del Cemento (Durban, Suráfrica, 11-16 de mayo de 2003), vol. 4, 2012.

Cassar, L. «Photocatalysis of cementitious materials: Clean buildings and clear air». *MRS Bulletin*, mayo de 2004, 4 p.

Cassar, L. «Cementitious materials and photocatalysis». *Betonwerk+Fertigteil-Technik*, (1) (2005) 10-16.

Vallee, F.; Ruot, B.; Bonafous, L.; Guillot, L.; Pimpinelli, N.; Cassar, L. [et al.]. «Cementitious materials for self-cleaning and de-polluting façade surfaces». Simposio Internacional RILEM sobre materiales conscientes con el entorno y sistemas para desarrollo sostenible (ECM 2004), (Koriyama, 6-7 septiembre de 2004), 345-354.

Vallee, F.; Ruot, B.; Bonafous, L.; Guillot, L.; Pimpinelli, N.; Cassar, L. [et al.]. «Innovative self-cleaning and de-polluting façade surface». Congreso Mundial de Construcción CIB (Toronto, 2-7 mayo de 2004).

Plassais, A. y Guillot, L. «De-polluting activity assessment of photocatalytic cement-based materials: from laboratory to real scale testing». 10.º Simposio Internacional sobre Carreteras de Hormigón (Bruselas/Bélgica, 18-22 de septiembre de 2006), 13p

Strini, A.; Cassese, S. y Schiavi, L. «Measurement of benzene, toluene, ethylbenzene, and o-xylene gas phase photodegradation by titanium dioxide dispersed in cementitious materials using a mixed flow reactor». *Applied Catalysis*, b 61 (2005) 90-97. Cassar, L.; Beeldens, A.; Pimpinelli, N. y Guerrini, G. L. «Photocatalysis of cementitious materials». Simposio Internacional RILEM sobre Fotocatálisis «Medio ambiente y materiales de construcción» (Florencia/Italia, 8-9 de octubre de 2007), 15 p.

Pieraccini, G.; Dani, F. R.; Turbanti, L.; Boscaro, F.; Pepe, C. y Moneti, G. «A SPME-GC-MS method for the evaluation of dropping capacity of organic pollutants by TiO₂ added plasters used in building industry». Simposio Internacional RILEM sobre Fotocatálisis «Medio ambiente y materiales de construcción» (Florencia/Italia, 8-9 de octubre de 2007), 8 p.

Plassais, A.; Rousseau, F.; Eriksson, E. y Guillot, L. «Photocatalytic coverings assessment: from canyon street measurements to 3-D modeling». Simposio Internacional RILEM sobre Fotocatálisis «Medio ambiente y materiales de construcción» (Florencia/Italia, 8-9 de octubre de 2007), 8 p.

Maggios, Th.; Plassais, A.; Bartzis, J. G.; Vasilakos, Ch.; Moussiopoulos, N. y Bonafous, L. «Photocatalytic degradation of NO_x in a pilot street canyon configuration using TiO₂-mortar panels». 5.^a Conferencia Internacional sobre Calidad del Aire Urbano (Valencia/España, 29-31 de marzo de 2005).

Moussiopoulos, N.; Ossanlis, I.; Barmpas, P. y Bartzis, J. «Comparison of numerical and experimental results for the evaluation of the depollution effectiveness of photocatalytic coverings in street canyons». 5.^a Conferencia Internacional sobre Calidad del Aire Urbano (Valencia/España, 29-31 de marzo de 2005).

Guerrini, G. L.; Plassais, A.; Pepe, C. y Cassar, L. «Use of photocatalytic cementitious materials for self-cleaning applications». Simposio Internacional RILEM sobre Fotocatálisis «Medio ambiente y materiales de construcción» (Florencia/Italia, 8-9 de octubre de 2007), 8 p.

Guerrini, G. L. y Peccati, E. «Photocatalytic cementitious roads for de-pollution». Simposio Internacional RILEM sobre Fotocatálisis «Medio ambiente y materiales de construcción» (Florencia/Italia, 8-9 de octubre de 2007), 8 p.

Della Bella, M. y Guerrini, G. L. «Production technology, applications and new development of GRC facade elements». *Concrete Precast International*, 2008.

Guerrini, G. L. «Algunas observaciones acerca del rendimiento en servicio de superficies de adoquines fotocatalíticos». *BFT Edición española 02/2010*.

Approfondimento Tecnico. «TX Active. Principio Attivo Fotocatalitico». Italcementi Group 2009.

UNI 11247:2010. «Determinazione dell'indice di abbattimento fotocatalitico degli ossidi di azoto in aria da parte di materiali inorganici fotocatalitici: Metodo di prova in flusso continuo».

UNI 11259:2008. «Determinazione dell'attività fotocatalitica di liganti idraulici. Metodo della rodaminina».

Website <http://picada-project.com>

Website <http://www.alfredofenollar.com/pdf/bio-INNOVA.pdf>

Website <http://www.fym.es>