

CEMENTOS FOTOCATALITICOS. REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ACABADOS EN EDIFICACIONES

¹Arto Torres, Ignacio
¹LAC-arquitectura
Campo del Príncipe, 5. Granada
e-mail: a@lac-arquitectura.com

RESUMEN

La concienciación medioambiental de los promotores es una de las piezas fundamentales para hacer posible el desarrollo sostenible de nuestras ciudades y es labor fundamental de los técnicos que intervienen en el proceso edificatorio fomentar y avivar dicha concienciación entre nuestros clientes. Conocemos las herramientas necesarias para dotar a las viviendas de los sistemas que las hagan más eficientes, haciendo partícipe e implicando al promotor en todo el proceso. De esta manera somos capaces de diseñar y construir viviendas que contribuyan a la mejora del entorno en el que se ubican, no sólo mediante la reducción de los consumos propios sino también mediante procesos de interacción directa sobre las condiciones de contorno como la descontaminación medioambiental. Podremos así crear viviendas que se conviertan en vectores de sostenibilidad que a su vez puedan provocar sinergias en su entorno. La vivienda que se ha diseñado y construido desde LAC-arquitectura y que se expone a continuación se sitúa en una zona periurbana de la ciudad de Granada, con un clima mediterráneo-continental en el que se alternan épocas de temperaturas bajo cero con otras en las que se superan los 40°C con lo que los materiales y sistemas de control de las condiciones internas de la vivienda se someten a un rango de acción muy amplio. Unido a estos sistemas se utilizará un revestimiento con base de cemento FOTOCATALITICO que será capaz de convertirse en fuente de degradación de las sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas con las que entren en contacto, como serán los NOX, SOX, NH3, CO, compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos clorados, aldehídos y compuestos aromáticos policondensados, que son los responsables de la contaminación atmosférica de nuestras ciudades.

Keywords: vivienda, consumo mínimo, entorno, fotocatalisis, descontaminación.

1.- Introducción

Cada vez que se proyecta una edificación tenemos una oportunidad directa de actuar en la mejora de las condiciones medioambientales del entorno en el que se encuentre la intervención. La complicidad de los promotores en este objetivo es fundamental ya que serán ellos los encargados de materializar las mejoras estudiadas y los esquemas desarrollados durante los proyectos. Además del programa de la vivienda, que en muchos casos nos propondrá el promotor, se deberán analizar en detenimiento las localizaciones para detectar las fortalezas y las amenazas con las que podemos encontrarnos en el entorno. Será esa la forma de poder incluir soluciones que mejoren o mitiguen los posibles problemas con los que nos vamos a encontrar.

En la vivienda que vamos a tratar a continuación podremos ver como la situación de la misma en una zona periurbana consolidada (fig.1) nos proporciona variables que condicionan las decisiones sobre sistemas de instalaciones y revestimientos. Como veremos más adelante los revestimientos exteriores utilizados en esta vivienda incorporan el principio fotocatalítico. Es la primera vez que este material es utilizado en una vivienda de promoción privada en el sur de España, lo que convierte esta intervención como pionera en la introducción del material en una obra particular.



Fig. 1 “Situación del solar respecto a los municipios cercanos” Fuente: el Autor.



Fig. 2 “Relación del solar con el entorno. Viales y zonas verdes” Fuente: el Autor.

El solar en el que se ha ejecutado esta vivienda se encuentra en una zona con presencia de masas arbóreas por un lado y vías de circulación elevada por otro. Las masas vegetales están ligadas al cercano cauce del río Genil mientras que las vías

de circulación son las que comunican la ciudad de Granada con el municipio de Cenes de la Vega y con los accesos a Sierra Nevada. Ambas vías presentan densidades de tráfico elevadas. (fig.2)

De esta manera vemos que las condiciones dominantes sobre la parcela son:

- Presencia de luz solar. La parcela no tiene edificaciones colindantes y dos de sus tres bordes dan a un vial. Tenemos gran cantidad de luz solar.
- Diseño de vivienda exento, con todas sus fachadas expuestas a los agentes atmosféricos y a la existencia de contaminación atmosférica proveniente de la circulación de vehículos.
- La parcela está cercana a zonas verdes, con la presencia de jardines consolidados y del cauce del río Genil.
- Humedad relativa media en los meses de octubre a mayo y baja en el resto del año.

Estos condicionantes fueron los que determinaron las acciones a incluir en el proyecto y posterior obra. Al mismo tiempo fueron los que nos proporcionaron la excusa para acometer soluciones nuevas que sirvieran como mejora de las condiciones medioambientales del entorno y preservar la estética de la vivienda. Entre esas decisiones destacamos la de utilizar cementos fotocatalíticos para el revestimiento exterior de la vivienda.

Conocíamos las intervenciones de Richard Meier y Rafael Moneo en sendas iglesias de Roma [1] y San Sebastián como casos de éxito en el uso de este material. Así mismo sabemos de dos casos más de su utilización en el sur de España, como promociones públicas en la provincia de Málaga, pero no existía nada en cuanto al uso del cemento fotocatalítico en promoción privada.

Hicimos una presentación del material al dueño de la vivienda y accedió sin ninguna duda a su uso. Como posteriormente veremos su uso no implica ninguna tecnología desconocida para los aplicadores por lo que finalmente el resultado fue muy positivo. El programa funcional de la vivienda se desarrolla a varios niveles y cuenta con una superficie construida de 238,23m². La planta BAJA, con un total de 119,14m², presenta una entrada directa desde la calle, y en ella se ubican las estancias de día y para invitados. Por su parte la planta ALTA cuenta con una superficie construida de 119,09m² y una distribución en la que se desarrollan los dormitorios y las piezas destinadas a baños. Se proyecta una conexión visual entre las plantas a través de la doble altura del vestíbulo principal de entrada y la pasarela que cruza a través de esta. La presencia de un lucernario en la esquina enfatiza la jerarquía de espacios.

2.- Objetivos

Además de los objetivos obvios de toda vivienda, servir a las necesidades básicas propias del morador, en este proyecto se ha pretendido crear un edificio que una a su bajo consumo propiedades descontaminantes mediante el uso de la tecnología fotocatalítica.

La ciudad de Granada tiene un clima mediterráneo-continental, fresco durante el invierno con abundantes heladas y caluroso en verano con máximas sobre los 35°C. La oscilación térmica es grande durante todo el año, superando en muchas ocasiones los 20°C en un día. Las lluvias, escasas en verano, se concentran en invierno y en general son de poca entidad durante el resto del año. Estas características peculiares se deben en gran medida a su situación geográfica entre cadenas montañosas de gran altitud, y su cota de 685m sobre el nivel del mar.

En 2012, junto a Cádiz, fue la cuarta ciudad más soleada de España, con 3.016 horas de sol, según se desprende de los datos de los que dispone el Instituto Nacional de Estadística. Según el CTE HE la ciudad está clasificada con C-3,

mientras que en función de la radiación solar global media diaria anual recogida en el Atlas de Radiación Solar en España correspondería a la zona climática V con un

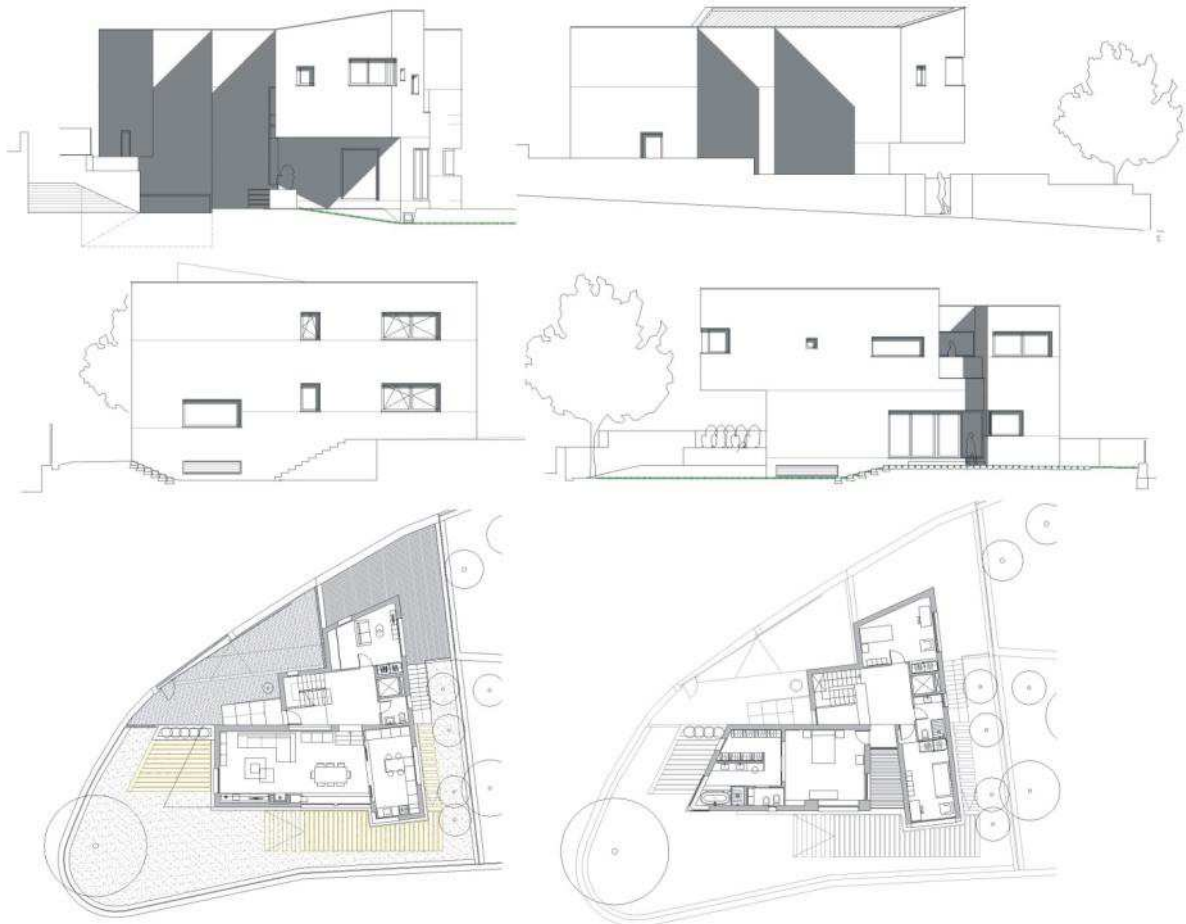


Fig. 3 “Fachadas y plantas de la vivienda” Fuente: Autor.

valor de $5,20 \text{ kWh/m}^2$ (valor suma de $3,63 \text{ kWh/m}^2$ correspondiente a radiación directa y $1,57 \text{ kWh/m}^2$ a radiación difusa)

El primero de los puntos a conseguir era un bajo consumo y unas emisiones reducidas que estarán en torno a los $7,69 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$. Lo conseguimos siguiendo unas pautas fáciles de implementar en cualquier vivienda de nueva planta y que se indicarán en los puntos 3.1 a 3.9 del siguiente apartado.

Se aprovecha además la presencia de un nogal de gran porte en el extremo oeste de la parcela para aumentar las zonas en sombra del jardín durante el verano, protegiéndolo del sol del atardecer. Del mismo modo la caducidad de sus hojas provoca el efecto contrario durante el invierno con lo que la presencia de dicho nogal se convierte en un aliado en la climatización de la vivienda.

Por otro lado, además del comportamiento térmico del edificio, nos preocupaba su situación expuesta a la contaminación ambiental, provocada por la cercanía de los viales ya indicados. Esta exposición podía hacer que el acabado final de la vivienda se degenerara prematuramente por lo que se utilizaron cementos fotocatalíticos en su revestimiento exterior. Como ya hemos explicado anteriormente este revestimiento es capaz de convertirse en fuente de degradación de las sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas con las que entren en contacto, como son los NOX, SOX, NH3, CO, compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos clorados, aldehídos y compuestos aromáticos policondensados, responsables de la contaminación atmosférica. [2]

Como sabemos las superficies expuestas a la atmósfera se manchan por la sedimentación de compuestos pigmentados orgánicos. En nuestro caso la principal fuente de este tipo de compuestos serán los gases de escape de vehículos a motor y en menor medida los provenientes de actividades cotidianas. La presencia de rugosidad en el acabado exterior de la vivienda sería un factor que aumentaría las posibilidades de envejecimiento prematuro, por lo que otra de las condiciones que se impusieron al acabado fue la ausencia total de rugosidad.

Conocíamos el uso de estos cementos fotocatalíticos en pavimentos de adoquines (Bérgamo) y en revestimientos como la villa Vodafone de Milán [3][5] o en la iglesia Dives in Misericordia de Richard Meier, en Roma (fig. 4). Este proyecto fue el ganador del concurso internacional «50 iglesias para Roma 2000» promovido por el Vicariato de Roma. Se caracteriza por tres imponentes estructuras creadas con elementos de hormigón prefabricados con cemento fotocatalítico que simulan tres enormes velas blancas. [1]



Fig. 4 “Iglesia Dives in Misericordia. Richard Meier.” Fuente: Panoramio



Fig. 5 “Iglesia Iesu. Rafael Moneo.” Fuente: arkitekturaz.wordpress.com

Más cerca teníamos el ejemplo de la iglesia de Iesu, de Rafael Moneo (fig.5). Situada cerca del río Urumea, en el Donostiarra barrio de Loyola, constituye otro claro ejemplo del enorme éxito en la durabilidad del cemento fotocatalítico. Así el revestimiento utilizado en la vivienda nos proporciona un doble efecto de descontaminación y durabilidad, deseable en todas las intervenciones. Más adelante veremos el resultado en la vivienda ejecutada en Granada.

3.- Sistemas aplicados

Los niveles de exigencia que se fijaron en el proyecto se cumplieron finalmente durante la ejecución de la obra en base a la aplicación de los siguientes sistemas en la vivienda:

- Aislamientos térmicos de 10cm con placas de poliestireno extrusionado en fachadas y cubiertas. La colocación se hace en dos capas de placas sucesivas con las juntas contrapeadas para evitar la aparición accidental de juntas abiertas que se conviertan en un puente térmico. Obtenemos valores de cálculo de transmitancia de $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Diseño del cerramiento para eliminar todos los puentes térmicos de la vivienda. Sólo se han permitido los asociados a la colocación de las carpinterías, minimizándolos y modelando su comportamiento mediante la aplicación informática THERM que nos ha permitido realizar un análisis de la transmisión del calor por estos elementos constructivos y ajustar el valor phi. Dicha aplicación ha sido desarrollada por el Laboratorio Nacional de Lawrence Berkeley (LBNL)
- Uso de carpinterías con rotura de puente térmico mediante poliamidas de 27mm y vidrios de hoja exterior 5+5 bajo emisivo con cámara de aire de 16mm y hoja interior de 6mm. Por encima de los 16mm de cámara de aire se producen fenómenos de convección en el aire interior de la misma que hacen imposible mejorar la capacidad aislante. La incorporación de vidrios con capa de baja emisividad en acristalamientos dobles reducen las pérdidas de energía de calefacción o refrigeración a través del cristal a menos del 50% de un doble acristalamiento básico alcanzando valores de U entre $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ [7]

- Colocación de persianas en los huecos de mayor tamaño como elementos de reducción del consumo. Debemos indicar que el uso adecuado de las persianas puede llegar a suponer un ahorro de un 10% en el consumo de energía de un hogar, por lo que se convierte en un elemento fundamental.
- Sistema de recirculación de agua caliente para reducir el consumo agua en los puntos más alejados de la caldera. El sistema se acciona mediante un pulsador en los baños que hace que el agua caliente esté disponible para su uso de forma inmediata sin tener que desperdiciar toda la que se encuentre en la tubería de abastecimiento.
- Instalación de captadores solares unidos a una caldera de condensación de gas de alta eficiencia. Este sistema supondrá al menos una contribución de entre un 65 y un 70% de la demanda de ACS y de calefacción (valores superiores a los indicados por el CTE-HE4 para la zona climática IV) [6]. La calefacción se proyecta con un sistema de suelo radiante controlado termostáticamente por separado en cada espacio habitable de la vivienda. La instalación de suelo radiante en las soleras de inercia de las plantas proporciona una gran estabilidad térmica al material que reducirá el consumo en periodos prolongados de uso, como es de preveer en los meses de invierno.
- Climatización con unidades tipo fan-coil de clase A con valores nominales de EER de 3,66 y COP de 4,62 en cada estancia vividera.
- Uso del ajardinamiento como fuente de climatización en verano. La disposición de las ventanas y del lucernario situado en el hueco de la escalera provocará movimientos internos de aire desde las zonas en sombra hacia el interior de la vivienda.
- Utilización de cementos fotocatalíticos para reducir la contaminación ambiental del entorno y preservar las condiciones de acabado de las fachadas. De esa manera el mantenimiento de las condiciones estéticas de la vivienda será muy reducido.

Además de todos estos sistemas se entiende que un uso adecuado del edificio por parte del propietario es fundamental para lograr que el consumo final se reduzca a los niveles estimados. Unido a este uso adecuado deberá estar un programa de mantenimiento preventivo que haga que todos los sistemas funcionen al máximo de su capacidad.

4.- Breve introducción a la fotocatalisis

Los productos fotocatalíticos han sido desarrollados con el fin de proporcionar una solución respetuosa con el medio ambiente en el mercado de la construcción y se están convirtiendo cada vez más en un material muy útil para poder construir edificios medioambientalmente activos y respetuosos con el medio ambiente.

En virtud de sus cualidades estéticas y beneficios ambientales, la tecnología que sustenta este material se ha convertido en la mejor opción para todos los técnicos y promotores que deseen cumplir con una variedad de objetivos, estando en primer lugar la sostenibilidad.

La fotocatalisis 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. (fig. 6)

Este proceso por lo tanto es un acelerador de los mecanismos de oxidación que ya existen en la naturaleza. Potencia una descomposición más rápida de los contaminantes y evita su acumulación. Además, pruebas experimentales muestran

que las soluciones constructivas fabricadas con cementos fotocatalíticos son capaces de conservar su apariencia estética inalterada a lo largo del tiempo. 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 (inorgánicas). 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. [4]

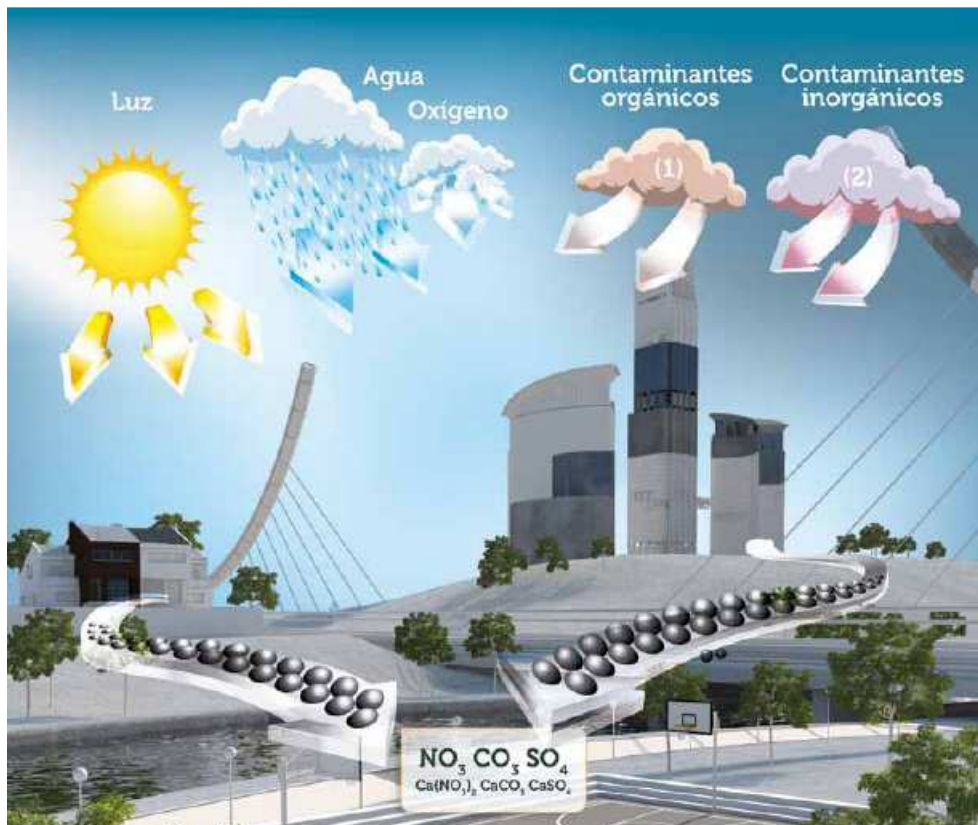


Fig. 6 “Esquema del proceso de oxidación de los cementos fotocatalíticos”
Fuente: FYM-Italcementi Group.

El principio fotocatalítico es la base de los cementos y los conglomerantes fotoactivos diseñados y patentados por FYM-Italcementi Group. Se utiliza para la fabricación de una amplia gama de materiales con base 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. Los materiales fotocatalíticos no se consumen durante la reacción, por lo que sus efectos no se agotan con el tiempo.

Los cementos fotocatalíticos se pueden aplicar a una gran variedad de materiales:

- Suelos de hormigón.
- Adoquines de hormigón.
- Calzadas y aceras de calles y carreteras.
- Placas de hormigón para cubiertas.
- Pinturas para señalización de carreteras.
- Tejas de hormigón.
- Morteros y revestimientos.
- Pinturas en base de cemento.
- Paneles y placas de hormigón prefabricado.
- Barreras de hormigón antirruído y de seguridad para carreteras y autopistas.

5.- Aplicación directa de la tecnología fotocatalítica en una vivienda unifamiliar.

Una vez que hemos comentado las características y capacidades más importantes del material vamos a ver cómo se aplica esta tecnología a una obra real. De forma inicial veremos que su aplicación no difiere de forma importante de la aplicación de cualquier otro material habitual de revestimiento exterior. Como comentamos al inicio esta vivienda se trata del primer caso de promoción privada en el sur de España en la que se utiliza este material fotocatalítico.

En la vivienda que se presenta en esta comunicación se ha utilizado un revestimiento MorcemSec Active de la marca Puma, que tiene incorporado el principio i.active de FYM-Italcementi Group, con propiedades descontaminantes y autolimpiantes.

En la parcela en la que se edificó la vivienda se cumplían las condiciones necesarias para una buena efectividad fotocatalítica y autolimpiante:

- Gran cantidad de luz solar.
- Cercana a las zonas verdes de las riberas del Genil.
- Prescripción de acabado de fachadas con superficies lisas.
- Humedad relativa media o baja.

Previo a la aplicación del material se hizo necesario conseguir una correcta planeidad de la superficie que recibirá el acabado del cemento fotocatalítico. Este material era mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena limpia (M-15). La planeidad del soporte se convierte en fundamental toda vez que el material de revestimiento de enlucido final tendrá un espesor de 5mm.

Como todos los enlucidos de acabado su escaso espesor hace imposible corregir los desperfectos del material de base, por lo que el control de la planeidad de la superficie se vuelve fundamental para el éxito final. En este caso se controlaba dicha planeidad mediante el uso de maestras y reglas cada dos metros. (fig. 7)



Fig. 7 “Control planeidad del mortero de cemento base del revestimiento fotocatalítico” Fuente: el autor.

La aplicación del material final se realizó mediante una manguera y mezcladora mecánicas, para conseguir un aporte continuo y correcto del material. Su acabado final se conseguía mediante el uso de reglas manuales y cuchillas de 2m apoyándonos en el trabajo previo del mortero de base.

Al igual que otros materiales de acabado final (enlucidos o monocapas) se hizo necesario el control de los cortes de paños, colocando perfiles que limitaban las jornadas de trabajo. (fig.8) Los volúmenes, aristas y los huecos de la vivienda marcaban las líneas de corte necesarias, huyendo en todo caso de las soluciones habituales.



Fig. 8 “Aspecto de las fachadas durante la obra. Julio de 2013.” Fuente: el autor.



Fig. 9 “Comparación del acabado exterior. Julio de 2013 (arriba) y febrero de 2015 (abajo)” Fuentes: Federico Arcos y el autor.

Habiendo transcurrido casi dos años desde el final de la obra, el aspecto del revestimiento exterior de la vivienda sigue siendo excelente. Si comparamos las dos imágenes superiores (fig.9) vemos el estado de la fachada en julio de 2013 (arriba) y en febrero de 2015 (abajo). No se marca ningún defecto exterior y tampoco se ha depositado suciedad por sedimentación sobre la fachada.

Del mismo modo se puede calcular que en función de la superficie de material fotocatalítico aplicado en la vivienda, (unos 465m^2) la capacidad de degradación (oxidación) de los NOX será de unos 18kg/año .

La fotocatalisis quizás ha representado una de las soluciones más innovadoras y con más futuro en la industria del cemento en los últimos veinte años, gracias a la investigación activa llevada a cabo por FYM-Italcementi Group y por el apoyo prestado a los prescriptores y técnicos por parte de sus diferentes departamentos.

6.- Conclusiones

Una vez que hemos comentado las características y capacidades más importantes del material queremos quedarnos como conclusión principal que el uso de materiales fotocatalíticos debe ser una apuesta a futuro en todas las intervenciones. La concienciación de los técnicos es fácil ya que estamos acostumbrados a reconocer los cálculos y los datos que nos suministra la industria y la investigación sobre materiales. El siguiente paso es convencer a los promotores privados y a los aplicadores sobre las mejoras medioambientales que supone el uso de estos nuevos materiales. De esta manera la trabajabilidad del material lo hace cercano a los aplicadores que no encuentran diferencias con los productos tradicionales. Y por otro lado las ventajas medioambientales que se producen sobre el entorno y su durabilidad serán el aliciente que debe hacer a los promotores inclinarse por su uso.

REFERENCIAS

- [1] Borgarello, E. (2013) *Manual técnico de cementos fotocatalíticos*. Italcementi S.p.A.,
- [2] Folli, A. (2012) *TiO₂ photocatalysis in cementitious systems: Insights into self-cleaning and depollution chemistry*. Cement and concrete research. Elsevier. Pág. 539-548.
- [3] Guerrini G.L. (2011) *Development of photocatalytic cement-based materials: situation and perspectives*. Italcementi S.p.A., Innovation Department, Bergamo, Italy
- [4] Pade, C. et al. (2012) *TiO₂ photocatalysis in cementitious systems: Insights into self-cleaning and depollution chemistry*. Cement and Concrete Research.
- [5] Maury, A. (2010) *Estado del arte de los materiales a base de cemento que contienen TiO₂: propiedades auto-limpiantes*. Materiales de Construcción. Vol. 60, 298, 33-50
- [6] Núñez, C. (2012) *Captadores Solares*. Junkers.
- [7] Ramos Vilariño, E M^a. (2012) *El papel del acristalamiento en la rehabilitación energética de edificios*. CITAV-Saint Gobain Glass.