

# Implementación de pigmentos fotocromáticos en fachadas como elementos generadores de diseños dinámicos a partir de la incidencia solar. Caso estudio: Conjunto Habitacional INVI Fuerza Aérea 316

Luz Ariadna Bolaños-García<sup>1</sup>, Andrea del Carmen Leon-Almeida<sup>1</sup>, Paula Gabriela Mota-Sagaceta<sup>1</sup>,  
Alexia Quintanar-Damián<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad La Salle México, Facultad Mexicana de Arquitectura, Diseño y Comunicación.  
Ciudad de México, México.

la.bg@lasallistas.org.mx, al@lasallistas.org.mx, pg.ms@lasallistas.org.mx,  
alexiaquintanar@lasallistas.org.mx

**Resumen.** Este artículo aborda la problemática de la deficiencia en confort visual, psicológico y estético de fachadas en las viviendas de interés social en la Ciudad de México. Se propone dar solución por medio de la implementación de pigmentos fotocromáticos en fachadas para mejorar el bienestar integral de los habitantes. El objetivo principal es analizar el impacto y la transición de tonalidades en respuesta a la incidencia solar durante distintas horas del día mediante una maqueta experimental y un modelo virtual para generar fachadas dinámicas. Se muestra que las fachadas con pigmentos fotocromáticos pueden responder activamente a estímulos ambientales, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la integración visual con el entorno natural. Los resultados indican que la exposición solar y la variabilidad del color son procesos graduales dependientes de la cantidad de rayos UV recibidos. Las conclusiones destacan que la implementación de materiales inteligentes no solo mejora la estética urbana y la percepción de los espacios, sino que también promueve un enfoque sostenible en las ciudades, mejorando el entorno psicológico y visual de los habitantes. Se identifican limitaciones en la dispersión y variabilidad del color, mismos factores que deben ser abordados en estudios futuros.

**Palabras Clave:** Pigmentos fotocromáticos, Incidencia solar, Fachadas Dinámicas.

## 1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

En México, las viviendas de interés social de acuerdo con la Comisión Nacional de Vivienda son una tipología dirigida a “la población de bajos ingresos que se encuentra sin acceso a recursos o financiamiento suficiente para acceder a una vivienda adecuada.” (CONAVI, 2024).

Estas viviendas a menudo presentan deficiencias en confort visual y psicológico mismos que el diseño exterior debe considerar para mejorar el bienestar integral conforme a los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018).

La evolución del diseño arquitectónico ha transformado las fachadas de ser estéticas y estáticas a ser sistemas dinámicos que interactúan con su entorno. Según Krier (2024), una fachada es un elemento que comunica la función y el significado de un edificio; pero la implementación de materiales inteligentes como los pigmentos fotocromáticos ha ampliado esta función. Estos materiales permiten que las fachadas respondan activamente a estímulos ambientales como la luz solar,

---

Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación

Vol. XI, Núm. 1, pp. DyT 76-80, 2024, DOI: 10.26457/mclidi.v1i1.4179 Universidad La Salle México.

LUZ ARIADNA BOLAÑOS GARCÍA, ANDREA DEL CARMEN LEON ALMEIDA, PAULA GABRIELA MOTA SAGACETA, ALEXIA QUINTANAR DAMIÁN de la carrera en Diseño Ambientes Interiores y Exteriores, de la FACULTAD MEXICANA DE ARQUITECTURA DISEÑO Y COMUNICACIÓN de La UNIVERSIDAD LA SALLE MÉXICO.

MARIBEL JAIMES TORRES y MÓNICA PÉREZ BÁEZ fueron las asesoras de este trabajo.

el viento y las temperaturas, contribuyendo no solo a la eficiencia energética sino también a la integración visual y funcional con el entorno natural.

Estos avances dan como resultado fachadas que protegen, aíslan y se adaptan, generando diseños que estén en armonía con la naturaleza.

Los pigmentos fotocromáticos, gracias a la propiedad del fototropismo descrita por Crano (2002) muestran cómo estos materiales pueden cambiar de color en respuesta a la luz solar. Este cambio es una demostración química y física, que ofrece un espectáculo visual que cambia durante el día, simulando la dinámica natural del entorno.

La implementación de materiales inteligentes y diseños dinámicos mejora la estética urbana y el confort visual, alineado con los ODS, específicamente el ODS 11, que busca promover ciudades y comunidades sostenibles. Así mismo se presentan como soluciones fundamentales para las futuras construcciones urbanas.

## 2 Objetivo

Analizar la implementación de tres colores de pigmentos fotocromáticos en una maqueta experimental y un modelo virtual a escala para determinar la transición de tonalidades en respuesta a la incidencia solar, facilitando la evaluación de diversas propuestas de diseños dinámicos en fachadas.

## 3 Propuesta teórico-metodológica y de solución.

### Antecedentes y Revisión Bibliográfica:

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para comprender el comportamiento de los pigmentos fotocromáticos frente a la radiación solar en distintas horas del día. Esta investigación incluyó una evaluación detallada de los pigmentos comerciales y colores disponibles. Además, se consideró la patente WO 2019/068954 A1, que proporciona información sobre las composiciones y aplicaciones avanzadas de los pigmentos fotocromáticos misma que hace referencia al concreto como aglutinante.

### Metodología Experimental:

El estudio se dividió en tres etapas metodológicas:

- *Modelado y Análisis de Incidencia Solar:* Se construyó un modelo en SketchUp para visualizar tridimensionalmente el caso de estudio. Este modelo se integró luego en la aplicación Sunpath3D para identificar las fachadas con mayor y menor incidencia solar durante el mes de mayo, tomando en cuenta la latitud (latitud 19°.40' Norte) del lugar con las coordenadas (19.40127819671108, -99.13284439688987) y el ángulo de incidencia solar de 81,19° que varía con las estaciones del año. (Figura 1)
- *Diseño de retícula experimental:* Se diseñó una retícula de 1.20 x 1.20 m en las fachadas, basada en observaciones de cómo el ángulo de incidencia las afectaba en el lapso de una hora. Esta retícula permitió una adaptación precisa del diseño en respuesta a las variaciones lumínicas diurnas a lo largo del año.
- *Construcción de la Maqueta Experimental:* Se desarrolló una maqueta a escala 1:200, que incluyó las 11 torres de 6 niveles del conjunto habitacional. Se marcaron las retículas en las fachadas, y se aplicaron los pigmentos fotocromáticos disueltos en una mezcla de base resina poliéster al con un catalizador, para posteriormente observar los efectos dinámicos del cambio de

tonalidades cuando se expuso al sol durante 11 horas continuas. (Figura2). Se utilizó pigmento fotocromático en polvo de la marca ACTIVFX™, que cambia de color bajo la exposición a la radiación ultravioleta y retorna a blanco al bloquearse la luz. Los colores seleccionados (magenta, azul y morado) fueron determinados por la disponibilidad del proveedor. (Figura 3).

#### **4 Discusión de resultados**

Los resultados obtenidos de la experimentación revelaron que la exposición solar y la variabilidad de las tonalidades fueron procesos graduales que dependieron directamente de la cantidad de rayos UV recibidos durante los horarios de análisis. Se puede destacar que, similar a cualquier pintura o acabado tradicional, estos materiales presentarán una degradación a lo largo del tiempo por la exposición a los rayos UV. Esta variación se documentó a través de fotografías tomadas en diferentes momentos del día, demostrando cómo la intensidad y el ángulo de los rayos solares influyeron en la respuesta de los pigmentos. (figura4)

La retícula sirvió como una guía esencial para el control experimental, donde se observó que los cambios de color resultaron ser irregulares debido a las sombras proyectadas, brindando un diseño distinto a cada torre, así como identidad propia para los usuarios.

En cuanto a la elaboración de la mezcla utilizada en la experimentación, se empleó un material compuesto en el cual la proporción de pigmento fotocromático se ajustó según la especificación estándar ASTM C979-16. Esta norma aseguró que la cantidad de pigmento utilizada fuera adecuada para obtener una respuesta óptima en términos de variabilidad de color y durabilidad, lo que es crucial para la evaluación realista de su aplicación en entornos urbanos.

Al vincular estos resultados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se destaca la contribución de los materiales inteligentes hacia la sostenibilidad de las ciudades como lo establece el ODS 11. Así como generar construcciones estéticamente atractivas. Incorporar los pigmentos fotocromáticos se crea un diseño de fachadas dinámico que influye en la percepción de los usuarios, no sólo en el aspecto estético, sino que también incrementa la eficiencia energética al optimizar el uso de luz natural, contribuyendo a la reducción del consumo energético de las viviendas.

Las limitaciones observadas, tales como la irregularidad en la disposición y la viabilidad de los pigmentos son factores que necesitan ser abordados en estudios futuros.

#### **5 Conclusiones y perspectivas futuras**

La implementación de pigmentos fotocromáticos como generadores de diseños dinámicos no solamente mejoran la estética de los espacios, sino que a su vez permiten una eficiencia energética en los edificios al moderar la carga lumínica de los exteriores, mejoran el entorno psicológico y visual de los habitantes.

Dentro de las limitaciones se encuentran la dificultad para encontrar variabilidad de colores. Para la implementación a gran escala, este punto necesita ser abordado en estudios futuros para que se pueda llegar a aplicar exitosamente y beneficiar al diseño en cuestiones de percepción, confort visual y aprovechamiento de iluminación natural.

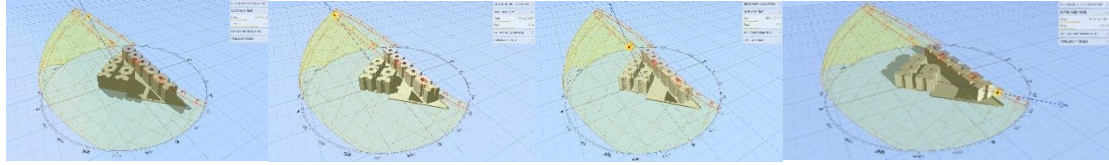
## 6 Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Mónica Pérez Báez, la Dra. Maribel Jaimes Torres y al Mtro. Jorge Juan Jiménez López, por su apoyo y conocimientos que fueron importantes para poder desarrollar esta propuesta de diseño. Igualmente nos gustaría agradecer a los usuarios del Conjunto Habitacional INVI Fuerza Aérea, que nos permitieron identificar áreas de oportunidad dentro del conjunto. También nos gustaría agradecer al grupo de investigación de la Universidad La Salle por fomentar la investigación en sus estudiantes.

Finalmente, y no menos importante a todas aquellas personas que han sido un soporte dentro de nuestra vida académica, nuestros familiares, quienes han estado siempre presentes especialmente, a Valeria Quintanar Damián, Patricia Damián Olarte, José Antonio Quintanar Gómez, Jesús Rodolfo Mota Delgado, Salvador Fong Smith, Alma Georgina Almeida Salazar, María de la Luz García González y Atenogenes Bolaños Pérez

## 7 Referencias

1. Ahmed Abdel, A.; Mohamed, R.; Ingy, E. y Mohamed, A. (2019) Utilizing Active Materials in Building Facade for Building Efficiency. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 2(11), 221-225. [https://www.researchgate.net/publication/342145860\\_Utilizing\\_Active\\_Materials\\_in\\_Building\\_Facade\\_for\\_Building\\_Efficiency](https://www.researchgate.net/publication/342145860_Utilizing_Active_Materials_in_Building_Facade_for_Building_Efficiency)
2. Castaño, E.; Pérez, G.; García, R.; Asensio, E.; Echeverría, E.; Sánchez, I.; da Casa, F.; Guerrero, A.; Vega, J. y Celis, F. (2017) Estudio colorimétrico de la fachada del Colegio de San Ildefonso. Alcalá de Henares. [V Congreso Internacional sobre documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico, Universidad de Alcalá e Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja]. [https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/31739/estudio\\_castano\\_2017.pdf](https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/31739/estudio_castano_2017.pdf)
3. Castro Chavarría, G. (2021) Análisis térmico en pastas arquitectónicas fotocromáticas. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México] <http://132.248.9.195/ptd2021/agosto/0814481/Index.html>
4. Crano, J. y Guglielmetti, R. (2002). *Organic photochromic and thermochromic compounds*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b114211>
5. Gavira Galocha, M. J.; Pérez Álvarez Quiñones, G y Acha Román, C. (2017). Estudio comparativo del efecto de las propiedades ópticas del revestimiento exterior de fachada sobre la demanda energética de un edificio. *Revista de Ingeniería Dyna*, 93(2), 216-220. <https://digital.csic.es/handle/10261/211512>
6. ONU-Habitat—Elementos de una vivienda adecuada. (s. f.-a). Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adeuada>
7. Sánchez Moreno, F. I. (2020) Desarrollo de mortero termocrómico de revestimiento: aplicación en fachadas arquitectónicas. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México] <http://132.248.9.195/ptd2020/enero/0799362/Index.html>
8. Vivienda, C. N. de. (s. f.). Programa de vivienda social, pvs. gob.mx. Recuperado 26 de mayo de 2024, de <https://www.gob.mx/conavi/acciones-y-programas/s177-programa-de-vivienda-social-pvs>



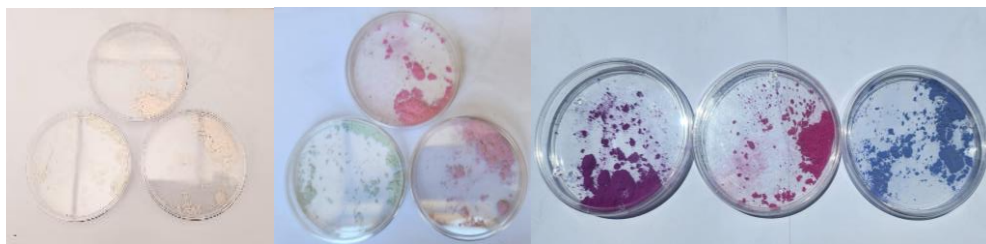
**Figura 1.** Modelado y Análisis de Incidencia Solar en diferentes horarios dentro de la aplicación SunPath. Fuente elaboración propia.



**Figura 2.** Maqueta experimental escala 1:200 bajo incidencia solar a lo largo del día 6:00 am, 11 am, 3 pm y 5 pm respectivamente de izquierda a derecha. Fuente elaboración propia.



**Figura 3.** Pigmentos fotocromáticos en polvo de la marca ACTIVEX™



**Figura 4.** Pigmentos fotocromáticos al estar expuestos a nula, poca y gran radiación UV, respectivamente de izquierda a derecha.