

# Eficiencia energética y confort térmico: La elección del material adecuado para los envolventes opacos

*Energy efficiency and thermal comfort: Choosing the right material for opaque envelopes*

**Jeanny M. Juárez-Rodríguez**

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0009-4743-1418> /Correo electrónico: [jeannyjuarez1@gmail.com](mailto:jeannyjuarez1@gmail.com)

Recibido: 12-07-2024 Admitido: 21-07-2024 Aprobado: 01-08-2024

## Resumen

Este estudio propone el uso de la reflectancia solar en las envolventes opacas de la ciudad de Maracaibo como medida para reducir la temperatura ambiente en dos grados centígrados. La investigación se enfoca en analizar el impacto del color de los materiales utilizados en tejas, pavimentos peatonales, revestimientos y pinturas exteriores, en la capacidad de reflejar la radiación solar. Se espera que la implementación de esta propuesta genere resultados significativos en la reducción del calor urbano, mejorando así la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

**Palabras clave:** envolventes, opacas, reflectancia solar.

## Abstract

*This study proposes the use of solar reflectance in the opaque envelopes of the city of Maracaibo as a measure to reduce the ambient temperature by two degrees Celsius. The research focuses on analyzing the impact of the color of the materials used in tiles, pedestrian pavements, coatings and exterior paints, on the ability to reflect solar radiation. The implementation of this proposal is expected to generate significant results in reducing urban heat, thus improving the quality of life of the city's inhabitants.*

**Keywords:** enveloping, opaque, solar reflectance.

## Planteamiento del problema

Las altas temperaturas en la ciudad de Maracaibo, con medias anuales que superan los 30°C, generan un microclima urbano hostil que afecta negativamente la calidad de vida de los residentes. Esta situación se intensifica debido a la alta densidad urbana, “la urbanización produce la alteración antropogénica del clima en el que se implanta una ciudad, y genera un efecto conocido como isla de calor urbana” [1, Párr. 4], así como la escasa cobertura vegetal y la presencia de amplias superficies de baja reflectancia solar, lo que contribuye al efecto isla de calor [2].

La implementación de la estrategia de reflectancia solar en las envolventes opacas de la ciudad de Maracaibo con el fin de reducir dos grados centígrados de temperatura, implica varios desafíos significativos. En primer lugar, es necesario considerar la falta de conciencia y conocimiento por parte de la población sobre los beneficios y la importancia de la reflectancia solar en la mitigación del calor urbano. Se requiere desarrollar campañas educativas y de sensibilización que involucren a la comunidad y fomenten la adopción de esta tecnología. Adicionalmente, se debe abordar la cuestión de la viabilidad técnica y logística de la aplicación de la reflectancia solar en una ciudad con una arquitectura diversa y variada como Maracaibo, considerando aspectos como la disponibilidad de materiales adecuados, la adaptabilidad de las estructuras existentes y la capacitación técnica requerida para llevar a cabo las modificaciones necesarias.

Además, se deben identificar y superar posibles barreras regulatorias y burocráticas que puedan obstaculizar la ejecución del proyecto, así como garantizar la coordinación eficiente entre los diversos actores involucrados, como autoridades locales, instituciones académicas, empresas privadas y la sociedad civil. En

resumen, la implementación de la reflectancia solar en las envolventes opacas de Maracaibo para reducir la temperatura en dos grados Celsius, implica abordar desafíos relacionados con la concienciación pública, la viabilidad técnica, la coordinación interinstitucional y la superación de barreras normativas, con el objetivo de garantizar el éxito y la sostenibilidad de esta iniciativa que busca mejorar la calidad de vida en la ciudad.

### **Justificación de la investigación**

La propuesta de reducir la temperatura en Maracaibo a través de la implementación de la reflectancia solar en las envolventes opacas, se fundamenta en una serie de argumentos de vital importancia con impactos significativos en los ámbitos social, económico y ambiental.

A nivel social, se vislumbra un mejoramiento sustancial en el confort térmico de los habitantes, lo que tendría repercusiones positivas en la calidad de vida, especialmente para grupos vulnerables como niños, ancianos y personas con enfermedades crónicas. La reducción de la temperatura en dos grados centígrados podría generar múltiples beneficios, incluyendo una mayor tranquilidad y seguridad en la comunidad, ya que estudios han demostrado que el calor extremo puede aumentar la agresividad y la violencia. Además, un clima más fresco y agradable fomentaría la actividad física al aire libre, incentivando estilos de vida saludables y disminuyendo el riesgo de enfermedades crónicas como la obesidad y las enfermedades cardiovasculares.

En términos económicos, la disminución en la demanda de aire acondicionado resultante de la reducción de la temperatura urbana se traduciría en ahorros considerables en los costos energéticos para hogares, empresas y el sector público. Este ahorro energético no solo favorece la sostenibilidad económica a largo plazo, sino que también contribuiría a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo así prácticas más amigables con el medio ambiente. Adicionalmente, la mejora del confort térmico y la consecuente reducción en problemas de salud derivados del calor podrían generar ahorros sustanciales en costos asociados a la atención médica y hospitalaria, impactando positivamente en los recursos financieros destinados a la salud pública.

Desde una perspectiva ambiental, la implementación de estrategias de reflectancia solar apunta a mitigar el fenómeno de isla de calor, responsable de elevar la temperatura en las áreas urbanas. Al reducir esta temperatura urbana, se podrían minimizar los impactos negativos del calor en el medio ambiente, ofreciendo un entorno más saludable para la flora y fauna locales. Asimismo, la mejora en la calidad del aire, gracias a la disminución de la formación de smog y otros contaminantes atmosféricos, protegería la salud de los residentes y contribuiría a la preservación de un medio ambiente más limpio y sostenible. Por último, la conservación del agua, uno de los recursos más preciados en una región semiárida como Maracaibo, se vería beneficiada con un clima más fresco que reduciría la evaporación y promovería prácticas más eficientes en su uso.

La propuesta de reducir la temperatura en Maracaibo mediante la reflectancia solar de las envolventes opacas no solo pretende crear un ambiente urbano más habitable, saludable y sostenible, sino que también busca involucrar activamente a la comunidad en todas las etapas del proyecto para garantizar su éxito y adecuación a las necesidades reales de los ciudadanos. Esta iniciativa representa un paso crucial hacia el desarrollo de ciudades más resilientes, equitativas y respetuosas con el medio ambiente, promoviendo un futuro más próspero y sostenible para todos los habitantes de Maracaibo.

### **Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo general**

Implementar estrategias de reflectancia solar en las envolventes opacas de edificios y estructuras urbanas para reducir la temperatura ambiente en la ciudad de Maracaibo en al menos dos grados centígrados.

#### **Objetivos específicos**

Identificar las zonas de la ciudad de Maracaibo con mayor incidencia de radiación solar directa y alta absorción de calor.

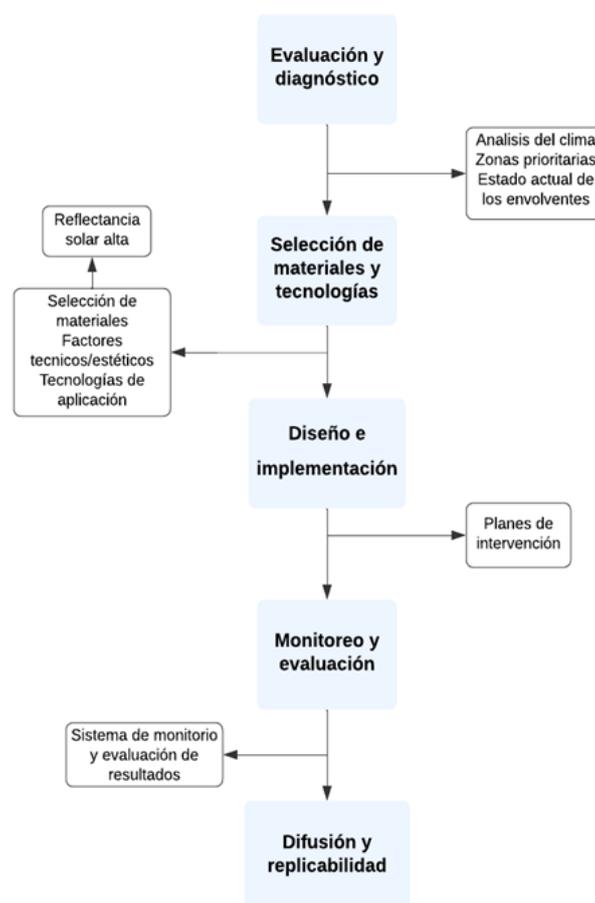
Analizar el potencial de reducción de temperatura mediante la aplicación de técnicas de reflectancia solar en las envolventes opacas de edificios y estructuras urbanas.

Seleccionar materiales y recubrimientos de alta reflectancia solar adecuados para la climatología de Maracaibo.

Diseñar un plan piloto de implementación de reflectancia solar en edificios seleccionados analizando sus efectos en la reducción de la temperatura ambiente.

Evaluar los beneficios en términos de confort térmico, reducción del consumo energético y posibles impactos en la salud de la población a partir de la implementación de la reflectancia solar en las envolventes opacas.

## Metodología



**Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento seguido en la propuesta**

En la Figura 1 se muestra el plan de trabajo de la propuesta para disminuir la temperatura en la ciudad de Maracaibo, empleando envolventes opacas.

### 1. Evaluación y diagnóstico

**Análisis del clima:** Recopilación y análisis de datos climáticos históricos y actuales, incluyendo temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento.

**Identificación de zonas prioritarias:** Mapeo de las áreas de la ciudad con mayor concentración de edificios y superficies de alta reflectancia, como techos, paredes y pavimentos.

Evaluación del estado actual de las envolventes: Inspección y análisis de las características físicas y materiales de las envolventes opacas en las zonas prioritarias, considerando aspectos como color, albedo y capacidad de reflectancia solar.

## **2. Selección de materiales y tecnologías**

Investigación y selección de materiales de alta reflectancia: Búsqueda y evaluación de materiales con alto índice de reflectancia solar, como pinturas, revestimientos, techos fríos y pavimentos permeables.

Consideración de factores técnicos y estéticos: Evaluación de la viabilidad técnica, el costo, la durabilidad y la compatibilidad estética de los materiales con el entorno urbano.

Análisis de tecnologías de aplicación: Investigación y selección de técnicas adecuadas para la aplicación de los materiales de alta reflectancia, considerando aspectos como la preparación de superficies, métodos de aplicación y herramientas necesarias.

## **3. Diseño e implementación**

Desarrollo de un plan de intervención: Elaboración de un plan detallado que defina las áreas de intervención, los materiales a utilizar, las técnicas de aplicación, el cronograma de ejecución y el presupuesto del proyecto.

Coordinación con entidades gubernamentales y comunidad: Colaboración estrecha con las autoridades locales, organizaciones comunitarias y grupos de interés para garantizar la participación activa y el apoyo al proyecto.

Implementación de la intervención: Ejecución del plan de intervención de manera eficiente y segura, siguiendo los estándares de calidad y las normas de construcción vigentes.

## **4. Monitoreo y evaluación**

Establecimiento de indicadores de impacto: Definición de indicadores clave de rendimiento (KPIs) para medir la efectividad del proyecto en la reducción de la temperatura urbana y el confort térmico de los residentes.

Implementación de un sistema de monitoreo: Recolección sistemática de datos de temperatura, humedad y otros parámetros ambientales relevantes antes, durante y después de la intervención.

Análisis y evaluación de resultados: Evaluación periódica de los datos recopilados para determinar el impacto del proyecto en la reducción de la temperatura urbana y el confort térmico, identificando áreas de mejora y realizando ajustes necesarios.

## **5. Difusión y replicabilidad**

Documentación y comunicación de resultados: Elaboración de informes, presentaciones y materiales divulgativos que describen la metodología, los resultados y el impacto del proyecto.

Presentación de resultados en conferencias y eventos: Difusión de los hallazgos y experiencias del proyecto en foros académicos, profesionales y públicos relevantes.

Promoción de la replicabilidad en otras ciudades: Compartir las lecciones aprendidas y la metodología desarrollada para facilitar la implementación de proyectos similares en otras ciudades con climas cálidos.

## **Resultados esperados**

La implementación de la reflectancia solar en las envolventes opacas de la ciudad de Maracaibo para reducir dos grados centígrados de temperatura, es una propuesta innovadora y sostenible que puede tener resultados significativos en la mitigación del calor urbano y el cambio climático.

Para lograr este objetivo, se deben considerar diferentes aspectos relacionados con los materiales y las composiciones a utilizar en diversas estructuras de la ciudad, como tejas, pavimentos peatonales, revestimientos

y pinturas exteriores. Es fundamental seleccionar materiales con altos niveles de reflectancia solar para que reflejen la mayor cantidad de radiación solar incidente posible [3].

En el caso de las tejas, se podrían considerar materiales cerámicos o metálicos de colores claros que reflejen eficientemente la radiación solar. Para los pavimentos peatonales, se pueden utilizar materiales como el concreto permeable o adoquines con recubrimientos reflectantes. En cuanto a los revestimientos y pinturas exteriores de edificios y estructuras urbanas, se pueden emplear pinturas de colores claros y texturas especiales que mejoren la reflectancia solar [3](Figura 2).

Al implementar estas medidas en toda la ciudad, se esperan varios resultados positivos. En primer lugar, se reducirá la absorción de calor en las superficies urbanas, lo que contribuirá a disminuir la temperatura ambiente y mejorar el confort térmico de los habitantes. Además, se reducirá la demanda de energía para refrigeración en los edificios, lo que puede traducirse en ahorros energéticos significativos y una menor emisión de gases de efecto invernadero. Por último, esta iniciativa podría servir como un ejemplo inspirador para otras ciudades en la lucha contra el calentamiento global y la adaptación al cambio climático.

COD.	CARACTERÍSTICAS	Ts	SRI	COD.	CARACTERÍSTICAS	Ts	SRI			
PAVIMENTOS PEATONALES	P02	Cementicio rústico circular araña negro	58	59	TEJAS	T11	Cementicio natural colonial terracota	55	64	
	P05	Cementicio rústico circular abanico negro	62	52		T12	Cementicio mate francesa negra	64	47	
	P07	Cementicio rústico recto cuadrado negro	60	55		T13	Cementicio acrílica francesa negra	61	53	
	P19	Cementicio rústico liso mosaico negro	58	59		T15	Cementicio mate colonial negra	56	63	
	P20	Cementicio rústico recto cuadrado gris	49	77		T16	Cementicio mate francesa terracota	56	63	
	P25	Granítico pulido liso mosaico gris multicolor	45	85		CW 72	Cementicio Salpicrate planchado gris plomo	68	40	
	P27	Cementicio rústico circular andalucía negro	61	52	CW 76	Cementicio Granitex medio ocre	59	57		
	P29	Granítico pulido liso mosaico negro murcia	56	62	CW 80	Cementicio Granitex medio gris plomo	47	80		
	P30	Cementicio pétreo pulido recto cuadrado gris multicolor	49	76	REVESTIMIENTOS TEXTURADOS	SIP 10	Acrílico Rulato-travertino grueso marfil	38	99	
	P31	Granítico pulido liso mosaico verde jade	53	69		SIP 11	Acrílico Rulato-travertino grueso piedra paris	40	94	
	P33	Cementicio rústico recto cuadrado negro	58	59		SIP 18	Acrílico Llameado fino marfil	60	55	
	P34	Granítico pulido liso mosaico travertino	30	100		SIP 27	Acrílico Llameado grueso piedra paris	57	61,5	
	P35	Cementicio-calcáreo pulido recto dos panes negro	58	58		SIP 36	Acrílico Granitex medio ocre	47	80,5	
	P36	Cementicio-calcáreo pulido recto dos panes rojo	51	72		SIP 40	Acrílico Granitex medio gris plomo	70	35	
	P37	Cementicio-calcáreo pulido recto dos panes amarillo	53	69		PINTURAS	L01	Atérmica mate blanca	41,5	92
	P38	Cementicio-calcáreo pulido recto vainilla amarillo	50	74			L02	Acrílica mate negra	70	36,5
	T01	Cerámica natural colonial terracota	43	90	L07		Impermeable satinada blanca	31	100	
	T04	Cerámica brillante bicoccción francesa negra	56	63,5	L16		Impermeable satinada terracota	59,5	58	

Figura 2. Codificación, denominación, características formales, temperatura superficial (Ts °C) e Índice de reflectancia solar (SRI %) de posibles materiales a utilizar [1].

### Referencias bibliográficas

[1] N. Alchapar, y E. Correa, “Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas”. *Rev. Informes de Construcción*, vol.67, no.540, 2015. [En Línea]. Disponible en: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4457/5171>

[2] “Maracaibo, clima extremo”, *OpenDemocracy*, 2024. [En Línea]. Disponible en: <https://www.opendemocracy.net/es/maracaibo-clima-extremo/>

[3] P. Serrano, “¿Qué es la envolvente térmica del edificio? Cómo mejorar su aislamiento”, *Caloryfrio*, 2024. [En Línea]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/aislamiento-y-humedad/que-es-la-envolvente-termica-del-edificio-mejorar-aislamiento.html>