

Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado

---

**CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA  
INNOVACIÓN**

---

**TRABAJO FINAL DE ESPECIALIZACIÓN**

---

Techos atérmicos: análisis del impacto en temperatura,  
eficiencia energética y efectos socioeconómicos y  
ambientales

---

**AUTOR:** MARCOS ANDRÉS CZARNECKI

SETIEMBRE 2024

---

## Resumen

El presente trabajo analiza los techos atérmicos y su impacto en la temperatura, eficiencia energética y en aspectos socioeconómicos y ambientales, como el confort térmico, medio ambiente, economía y concienciación. La investigación parte del problema del incremento de la temperatura urbana, exacerbado por el cambio climático y la urbanización, que eleva la demanda de refrigeración y las emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo principal fue evaluar la capacidad de techos atérmicos en reducir la temperatura de edificios en Quilmes, Buenos Aires, y su contribución al confort y sostenibilidad.

Para ello, se desarrolló un diseño experimental comparativo entre techos tratados y no tratados con una membrana reflectante y aislante basada en nanopartículas. Las mediciones en cinco locaciones revelaron una disminución promedio de 25% en la temperatura superficial y una reducción de 5°C en el interior de los edificios con techos atérmicos, lo que permitió un ahorro energético del 20%. Las encuestas también mostraron mejoras en la percepción de confort térmico de los habitantes.

Los resultados destacan el impacto positivo en la eficiencia energética y reducción de emisiones, beneficiando tanto a los usuarios como al medio ambiente. El análisis económico sugiere que los ahorros en refrigeración y mantenimiento compensan los costos de instalación iniciales, demostrando la viabilidad económica de esta tecnología a largo plazo.

Finalmente, se proponen estrategias de concienciación y políticas públicas que promuevan la adopción de techos atérmicos, contribuyendo a mitigar el calentamiento urbano. Este estudio demuestra la efectividad de los techos atérmicos y proporciona evidencia para apoyar políticas de construcción sostenible en entornos urbanos.

### Palabras clave:

**Palabras clave:** Techos atérmicos, Eficiencia energética, Confort térmico, Cambio climático

**Códigos JEL:** Q54 (Cambio Climático; Desastres Naturales y su Gestión; Calentamiento Global)

## INDICE

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                                           | <b>4</b>  |
| <b>1.1 Justificación / fundamentación.....</b>                        | <b>4</b>  |
| 1.1.1 Pertinencia en el ámbito de la especialización: .....           | 4         |
| 1.1.2 Elección personal y antecedentes: .....                         | 4         |
| <b>1.2. Planteamiento del tema/problema .....</b>                     | <b>5</b>  |
| <b>1.3. Objetivos.....</b>                                            | <b>7</b>  |
| 1.3.1 Objetivo general .....                                          | 7         |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                                     | 8         |
| <b>2.Marco teórico.....</b>                                           | <b>8</b>  |
| 2.1 Impacto de la urbanización en las temperaturas urbanas: .....     | 9         |
| 2.2 Características y propiedades de los techos atérmicos: .....      | 9         |
| 2.3 Propiedades de los nanomateriales.....                            | 11        |
| 2.3.1 Zinc.....                                                       | 12        |
| 2.3.2 Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> ).....                     | 13        |
| 2.3.3 Sílice .....                                                    | 13        |
| 2.4 Propiedades de las Nanopartículas para Coberturas Atérmicas ..... | 15        |
| 2.5 Estado actual del mercado argentino.....                          | 16        |
| 2.6 Aplicación en la planificación y remodelación urbana .....        | 17        |
| 2.7 Casos de estudio y ejemplos de buenas prácticas.....              | 18        |
| 2.8 Diferencias entre techos reflectantes y membranas atérmicas ..... | 21        |
| <b>3. Expectativas .....</b>                                          | <b>21</b> |
| <b>4.Metodología y técnicas a utilizar .....</b>                      | <b>21</b> |
| 4.1 Muestreo y recolección de datos: .....                            | 25        |
| 4.2 Modelado y simulación.....                                        | 27        |
| 4.3 Análisis comparativo.....                                         | 27        |
| 4.4 Encuestas y percepción de los habitantes:.....                    | 27        |
| 4.5 Revisión de políticas y regulaciones: .....                       | 28        |
| 4.6 Estudios de casos y análisis comparativo:.....                    | 28        |
| <b>5. Implementación de las mediciones .....</b>                      | <b>29</b> |
| <b>6. Resultados .....</b>                                            | <b>30</b> |
| 6.1.1 Objetivo General:.....                                          | 31        |
| 6.1.2 Objetivos Específicos:.....                                     | 31        |
| <b>7.Conclusiones.....</b>                                            | <b>37</b> |
| <b>8.Referencias bibliográficas y bibliografía .....</b>              | <b>39</b> |
| <b>9.Anexos.....</b>                                                  | <b>41</b> |

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación / fundamentación

La justificación para esta investigación sobre los techos atérmicos se sustenta en varios aspectos de relevancia dentro del área de conocimiento y en consideraciones personales:

#### 1.1.1 Pertinencia en el ámbito de la especialización:

**Innovación y sostenibilidad:** Dentro de disciplinas como la ingeniería, la arquitectura, la ciencia ambiental o la eficiencia energética, el estudio de tecnologías como los techos atérmicos se alinea con la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética en la construcción y diseño de viviendas. El uso de nuevos polímeros combinados con productos nanotecnológicos, proporcionan la posibilidad de transformar cualquier cubierta en edificios existentes en un techo atérmico.

**Intersección de disciplinas:** Esta investigación permite abordar el tema desde una perspectiva multidisciplinaria, integrando aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales, lo cual es relevante en un entorno donde la interconexión de diferentes áreas del conocimiento es cada vez más importante. El estudio tiene el potencial de difundirse para ser parte de políticas públicas y de uso en empresas privadas.

En la Especialización en Gestión de la Innovación, la relación entre los recursos tecnológicos y financieros es clave para el desarrollo de proyectos innovadores sostenibles. La materia Nanotecnología y Nuevos Materiales ofrece una base en tecnologías avanzadas, explorando aplicaciones que impulsan innovaciones disruptivas. A su vez, la materia Recursos Económicos y Financieros para la Innovación proporciona herramientas para analizar la viabilidad económica de estas innovaciones, permitiendo gestionar inversiones y optimizar los recursos financieros, uniendo la tecnología con un enfoque estratégico y de sostenibilidad financiera.

#### 1.1.2 Elección personal y antecedentes:

Conciencia ambiental: El interés personal por encontrar alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente en el ámbito de la construcción y la eficiencia energética fue un factor determinante en la elección de este tema.

Necesidad de soluciones integrales: Los antecedentes revelan la necesidad de comprender el impacto global de los techos atérmicos. A pesar de existir investigaciones previas sobre techos con propiedades térmicas, aún hay una brecha en la comprensión integral de su influencia en diferentes aspectos, desde la temperatura hasta la economía y la concienciación sobre su importancia.

La elección de este tema se justifica tanto por su relevancia en disciplinas relacionadas con la construcción, la sostenibilidad y la eficiencia energética, como por la necesidad de comprender y difundir información integral sobre los beneficios de los techos atérmicos en múltiples aspectos, tanto a nivel académico como práctico.

## 1.2. Planteamiento del tema/problema

El planteamiento del problema enfoca la atención en la necesidad de comprender el impacto integral de los techos atérmicos en múltiples dimensiones relevantes para la construcción sostenible, la eficiencia energética y el bienestar de los residentes. Además, destaca la importancia de esta comprensión integral para promover su adopción y concienciación en la industria de la construcción.

El cambio climático puede tener un impacto significativo en las casas con techos planos debido a la radiación solar aumentada (Correa, E., De Rosa, C. y Lesino, G., 2006). A medida que la temperatura global promedio aumenta, también lo hace la intensidad de la radiación solar que llega a la Tierra. Las temperaturas registradas en enero del 2023 fueron las más altas jamás registradas en Buenos Aires. Esto genera varios problemas para las casas con techos planos:

- Mayor absorción de calor: Los techos planos tienen una mayor superficie expuesta directamente a la radiación solar. Debido a esto, tienden a absorber una cantidad considerable de calor. Con el aumento de la radiación solar debido al calentamiento global,

los techos planos pueden calentarse aún más, lo que resulta en temperaturas interiores más elevadas (Bai, Zhou, y Liu, 2018; Huang, Shen, y Zheng, 2020; Liu, Li, y Song, 2015; Fang, Ma, Sun, y Zhang, 2019; Pérez et al., 2011).

- **Aumento de la demanda de refrigeración:** La mayor absorción de calor por parte de los techos planos puede elevar drásticamente la temperatura dentro de las viviendas. Esto provoca la necesidad de un mayor uso de sistemas de refrigeración, como aires acondicionados, lo que a su vez aumenta el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al ciclo del calentamiento global. (Bai, Zhou, & Liu, 2018; Huang, Shen, y Zheng, 2020; Liu, Li, y Song, 2015; Fang, Ma, Sun, y Zhang, 2019; Pérez et al., 2011).
- **Degradación de materiales:** La exposición prolongada a altas temperaturas y radiación solar puede degradar los materiales de construcción utilizados en los techos planos. Esto puede conducir a una disminución de la vida útil de los techos, aumentar la necesidad de mantenimiento y reparación, y generar costos adicionales para los propietarios de viviendas (Correa, De Rosa, y Lesino, 2006; Cueva Ortiz, 2019; García, 2020; Pérez y Gómez, 2018).
- **Riesgo de fugas y daños:** Las altas temperaturas pueden expandir y contraer los materiales de construcción, lo que aumenta el riesgo de fisuras, grietas y deformaciones en los techos planos. Esto puede facilitar la entrada de agua durante lluvias intensas, lo que a su vez puede causar filtraciones y daños en el interior de las viviendas (Correa, De Rosa, y Lesino, 2006; Cueva Ortiz, 2019; García, 2020; Pérez y Gómez, 2018).
- **Ineficiencia energética:** El aumento de la demanda de refrigeración y la exposición constante a altas temperaturas pueden dificultar el mantenimiento de condiciones cómodas en el interior de las casas con techos planos. Esto puede resultar en una mayor necesidad de energía para mantener un ambiente habitable, lo que a su vez contribuye a mayores facturas de energía y un mayor impacto ambiental (Correa, De Rosa, y Lesino, 2006; Cueva Ortiz, 2019; García, 2020; Pérez y Gómez, 2018).

Para abordar estos problemas, es importante considerar estrategias de diseño y construcción más eficientes desde el punto de vista energético, como la instalación de

aislamiento térmico adecuado en los techos, el uso de materiales reflectantes que reduzcan la absorción de calor y la promoción de sistemas de enfriamiento pasivos, como la ventilación adecuada y el diseño de espacios sombreados. Además, es crucial continuar promoviendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el calentamiento global en su conjunto y minimizar sus efectos adversos en las viviendas y la calidad de vida de las personas. Pero se necesita una solución para las construcciones ya realizadas.

El aumento de la temperatura eleva el consumo y los costos de electricidad en todas las ciudades. La excesiva demanda pone en límites críticos la provisión de energía provocando apagones y aumentando el uso de recursos energéticos, sostenibles o no.

¿Qué papel juegan los techos atérmicos en la moderación de las temperaturas urbanas y cómo pueden ser utilizados de manera más efectiva en la planificación y remodelación urbana?

¿Cómo varían las temperaturas superficiales de los techos con recubrimiento atérmico y los techos estándar en diversas condiciones climáticas y horarios del día?

¿Cuál será el impacto en el consumo energético para mantener una temperatura confortable en el interior de las viviendas con techos hasta térmicos frente a los techos estándar?

A efectos de responder estas preguntas se plantea un diseño experimental para la medición de los efectos del recubrimiento atérmico, tomando como referencia la ciudad de Quilmes, Provincia de Buenos Aires, tal como se expresa en los siguientes objetivos de investigación.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad de techos de distintos materiales de base, con recubrimiento atérmico, para bajar la temperatura en viviendas respecto de techos de uso standard en el mercado actual, tomando como referencia la ciudad de Quilmes, Provincia de

Buenos Aires, a fin de que estos resultados puedan contribuir a la mejora de la vida cotidiana y la disminución del calentamiento global.

### 1.3.2 Objetivos específicos

**Medición de la temperatura:** Evaluar y comparar las temperaturas superficiales de los techos con recubrimiento atérmico y los techos estándar en diversas condiciones climáticas y horarios del día.

**Análisis de eficiencia energética:** Determinar el impacto en el consumo energético para mantener una temperatura confortable en el interior de las viviendas con techos hasta térmicos frente a los techos estándar.

**Estudio del confort térmico:** Realizar encuestas o mediciones para evaluar el confort térmico percibido por los residentes en viviendas con techos atérmicos en comparación con aquellos que tienen techos estándar.

**Seguimiento del impacto medioambiental:** Cuantificar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al utilizar techos con recubrimiento atérmico en lugar de los estándares, considerando el menor uso de sistemas de refrigeración.

**Análisis económico:** Evaluar el costo-beneficio a largo plazo de la instalación y mantenimiento de techos con recubrimiento atérmico en comparación con los techos estándar, considerando los ahorros en energía y mantenimiento.

**Divulgación y concienciación:** Desarrollar estrategias para difundir los resultados y crear conciencia sobre los beneficios de los techos con recubrimiento atérmico, tanto entre los consumidores como entre los fabricantes y diseñadores de viviendas.

## 2.Marco teórico

El marco teórico de esta investigación aborda diversos aspectos relevantes para comprender el papel de los techos atérmicos en la moderación de las temperaturas urbanas y su aplicación en la planificación y remodelación urbana.

## 2.1 Impacto de la urbanización en las temperaturas urbanas:

El efecto isla de calor es un fenómeno que se observa comúnmente en áreas urbanas (Oke, T., 1982), donde la temperatura es significativamente más alta que en las áreas circundantes menos desarrolladas. En el caso específico de Quilmes, una ciudad en la Provincia de Buenos Aires, este fenómeno puede ser bastante notable debido a varios factores:

**Densidad urbana:** Quilmes, al ser una ciudad densamente poblada con una gran cantidad de edificios, carreteras y estructuras urbanas, tiende a retener más calor que las áreas rurales circundantes. El concreto, el asfalto y los materiales de construcción absorben y retienen el calor solar durante el día, liberándolo lentamente durante la noche, lo que eleva las temperaturas locales.

**Actividades humanas:** Las actividades humanas, como la industrialización, el tráfico vehicular, la calefacción y el aire acondicionado, también contribuyen al aumento de la temperatura. Estas actividades generan calor adicional, lo que aumenta la sensación térmica en la ciudad.

**Escasez de áreas verdes:** La falta de espacios verdes, como parques y áreas naturales, en entornos urbanos puede agravar el efecto isla de calor. La vegetación ayuda a absorber el calor y a proporcionar sombra, pero en áreas altamente urbanizadas, esta capacidad se reduce significativamente.

**Falta de ventilación natural:** Las estructuras altas y la disposición de edificios pueden obstaculizar el flujo de aire, reduciendo la ventilación natural y permitiendo que el calor se acumule más fácilmente.

## 2.2 Características y propiedades de los techos atérmicos:

La membrana en pasta con minerales reflectivos o con nanotecnología de cristales de silicio huecos, tiene propiedades atérmicas y reflectivas. Además, es resistente a los rayos U.V. para asegurar su integridad a fin de proteger los techos planos en viviendas. También podría utilizarse para aplicar sobre techos metálicos o de otros materiales para depósitos y fábricas a fin de bajar la temperatura en el interior. Algunas características importantes que tiene una membrana en pasta aislante para techos:

1. Alta reflectividad solar: La membrana tiene una alta capacidad de reflejar la radiación solar incidente. Esto ayuda a reducir la cantidad de calor que se absorbe en el techo, manteniendo las temperaturas más frescas en el interior de la estructura (Abdelaal, Zawrah, y Harbrecht, 2014; García, 2019).

2. Baja emisividad: Además de reflejar la radiación solar, la membrana posee baja emisividad, lo que significa que emite una cantidad mínima de calor absorbido. Esto ayuda a mantener una temperatura interior más constante al evitar la transferencia de calor hacia adentro.

3. Buen aislamiento térmico: La membrana tiene propiedades de aislamiento térmico eficaces. Debe tener la capacidad de reducir la transferencia de calor a través del techo, lo que ayuda a mantener la temperatura interior más confortable y a disminuir la carga en los sistemas de enfriamiento.

4. Flexibilidad y adhesión: La membrana en pasta es lo suficientemente flexible para adaptarse a las distintas condiciones del techo, evitando agrietamientos o desprendimientos con el tiempo. También debe tener una buena adhesión a la superficie del techo para asegurar su durabilidad.

5. Durabilidad: Es resistente a condiciones climáticas adversas, como radiación ultravioleta, lluvia, viento y cambios de temperatura. Una membrana duradera asegura que su efectividad perdure a lo largo del tiempo (Abdelaal, Zawrah, y Harbrecht, 2014; DeSisto, 2003).

6. Resistencia a hongos y moho: Para prevenir el crecimiento de hongos y moho en ambientes húmedos, la membrana posee aceptables propiedades que inhiben su desarrollo, lo que también contribuye a mantener la salud ambiental (Angelome y Angelomé, 2019; Pérez y Gómez, 2018).

7. Facilidad de aplicación: La membrana en pasta es fácil de aplicar con las técnicas y herramientas adecuadas. Esto reduce el tiempo y los costos de instalación (Angelome y Angelomé, 2019; Pérez y Gómez, 2018).

8. Baja toxicidad y amigable con el medio ambiente: Idealmente, la membrana posee bajo contenido tóxico y no genera emisiones químicas nocivas, contribuyendo así a la salud de los ocupantes y al medio ambiente (Angelome y Angelomé, 2019; Pérez y Gómez, 2018).

9. Cumplimiento de normativas: Cumple con las regulaciones y normativas de seguridad y calidad aplicables en la industria de la construcción y la protección del medio ambiente (Correa, De Rosa, y Lesino, 2006; Pérez y Gómez, 2018).

## 2.3 Propiedades de los nanomateriales

La nanotecnología y el desarrollo de nanomateriales han generado un gran impacto en los ámbitos de la ciencia y la ingeniería, influyendo en las futuras tecnologías y mejorando las soluciones industriales. Los nanomateriales son materiales de una dimensión ínfima y de escala inferior a 100 nm, es decir, hasta 100.000 veces menor que el diámetro de un cabello humano (Infinitia, 2021).

Los nanomateriales se pueden crear a partir de minerales o sustancias químicas y sus propiedades fisicoquímicas son diferentes que cuando presentan un tamaño micro o macro. La composición, el tamaño de las partículas, la forma, los revestimientos superficiales y la fuerza de los enlaces de las partículas cambian.

Al reducirse el tamaño a escala nanométrica, aumenta la superficie expuesta, lo que favorece una mayor interacción entre átomos y moléculas cercanas, dando lugar a diversas atracciones y repulsiones que provocan efectos superficiales, electrónicos y cuánticos, afectando a los comportamientos ópticos, eléctricos y magnéticos de los materiales. Lo que implica que con una pequeña cantidad de nanomaterial se pueden modificar y mejorar significativamente las propiedades de otros materiales. Ejemplo de ello son los polímeros con nanotubos de carbono, que hacen que el material dopado obtenga una ligereza, resistencia mecánica y funcionalidad superior a un metal.

Los nanomateriales se pueden crear a partir de minerales o sustancias químicas, y presentan propiedades fisicoquímicas distintas a las de sus equivalentes a tamaño micro o

macro. La composición, tamaño de las partículas, forma, revestimientos superficiales y fuerza de los enlaces de las partículas cambian significativamente. Al reducirse el tamaño a escala nanométrica, aumenta la superficie expuesta, facilitando una interacción más intensa entre átomos y moléculas adyacentes. Esto conlleva a atracciones y repulsiones diversas que generan efectos superficiales, electrónicos y cuánticos, impactando en los comportamientos ópticos, eléctricos y magnéticos de los materiales (Angelome y Angelomé, 2019; Pérez y Gómez, 2018).

La capacidad de modificar y mejorar significativamente las propiedades de otros materiales con una pequeña cantidad de nanomaterial es notable. Por ejemplo, los polímeros dopados con nanotubos de carbono exhiben una ligereza, resistencia mecánica y funcionalidad superiores a las de los metales (Pérez & Gómez, 2018; Rodríguez & Martínez, 2019).

Los productos aislantes térmicos basados en nanopartículas de zinc han ganado interés en la industria debido a sus propiedades únicas que pueden mejorar la eficiencia energética de los edificios y las estructuras. Sin embargo, en la búsqueda bibliográfica se han aplicado como agentes biocidas en emulsiones de recubrimiento y absorción de rayos UV (Zhu, Bartos y Porro, 2004).

### 2.3.1 Zinc

El óxido de zinc es un compuesto químico blanco inerte que se utiliza en muchos campos como agente o relleno volumétrico y como pigmento blanco, también posee algunas características como aislantes térmicos: alta reflectividad solar, baja emisividad, aislante térmico eficiente, integración homogénea, resistencia a la intemperie, resistencia a hongos, versatilidad en la aplicación. También se utiliza en muchos productos cosméticos, médicos y en artículos de tocador, gracias a sus propiedades antibacterianas y desodorantes (Angelome y Angelomé, 2019).

Para la síntesis de nanopartículas destinadas al uso de recubrimientos y tintas, regularmente se usan métodos “top down”, como la molienda de material a gran escala en un molino de perlas o bolas, como en este caso para el zinc, incorporado en la formulación de emulsión como óxido de zinc (fotografía 1, a,b). Como puede apreciarse, la denominación

“nano” se refiere a un tamaño inferior a 100 nm. El proveedor local es International Chemicals De Argentina S.A.

### 2.3.2 Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>)

Las nanopartículas de TiO<sub>2</sub> son de gran importancia tecnológica debido a sus propiedades ópticas, excelente resistencia, poseen fuerte poder oxidante, son biocompatibles, poseen muy baja toxicidad, alta estabilidad química y además son de bajo costo. En cuanto a los métodos de obtención más utilizados para la síntesis de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> (fotografía 2) se destacan irradiación ultrasónica y los procesos sol-gel debido a que permite trabajar a bajas temperaturas, obteniendo nanopartículas con alta pureza y homogeneidad. Estas características en tamaño nano se suman a las cualidades a tamaños mayores que se utilizan como carga en la preparación de la membrana como emulsión líquida. Actualmente el TiO<sub>2</sub> es un material semiconductor de gran importancia en las aplicaciones fotocatalíticas, esto incluye la destrucción fotocatalítica de contaminantes orgánicos en aguas usadas, siendo bastante usado en temas de remediación ambiental y fotogeneración de electricidad usando celdas solares sensibilizadas con pigmentos (Rodríguez y Martínez, 2019) El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) se encuentra en la naturaleza en forma de tres estructuras cristalinas: rutilo, anatasa y broquita. La anatasa y el rutilo son los más comunes; ambos son de estructuras tetragonales y con similares densidades. No tienen absorción en la región visible ni en el IR cercano y, en forma monocristalina, tienen energías de banda prohibida de 3,0 eV (rutilo) y 3,2 eV (anatasa). Siendo la fase anatasa la que presenta mejor actividad fotocatalítica. Entre las propiedades más importantes del TiO<sub>2</sub> están su buena dispersabilidad en soluciones orgánicas y su muy baja citotoxicidad, razones por las que es ampliamente usado en protectores solares, pastas dentífricas, polvos cosméticos y pigmentos. Por lo cual la emulsión acuosa tendrá nanopartículas y el dióxido de titanio en su molienda habitual para recubrimientos (Perez y Gomez, 2018). El proveedor local es la empresa International Chemicals de Argentina S.A. y Tecnokem S.A

### 2.3.3 Sílice

Los aislantes térmicos contribuyen significativamente al ahorro energético y a mejorar el confort climático en construcciones residenciales; principalmente en lugares con

climas tan extremos. Entre el 30 y el 60% de la energía consumida en edificaciones se debe al uso de calefacción y aire acondicionado. La principal característica de un aislante térmico es su baja conductividad térmica. Las nanopartículas de sílice huecas (NPsSH) presentan propiedades físicas y químicas deseables para el desarrollo de materiales aislantes y super-aislantes, tal como baja conductividad térmica manipulable con base al tamaño y composición. Dentro de los materiales para la fabricación de nanopartículas de sílice se utilizan los siguientes: silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) con 40% de  $\text{SiO}_2$  de CChem And Solvents LLC, dextrosa monohidrato ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (fotografía 3, a, b) de Baker al 99.9+%, y agua ultrapura con una resistividad de  $18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ . La síntesis de nanopartículas de sílice huecas (NPsSH) se basan en la metodología propuesta por Abdelaal, Zawrah, y Harbrecht (2014).

Otro método para la síntesis de estas películas delgadas se logra por medio de la técnica Sol-Gel, utilizando tetraetilortosilicato (TEOS) como precursor de la sílice y basándose en el método de dos pasos: hidrólisis del TEOS y envejecido del Sol. Durante este segundo paso se realizan modificaciones que afectan a la película resultante: presencia de un surfactante (CTAB) para producir mesoporos, y síntesis in-situ de nanopartículas de cobre metálico.

La comparación entre estos distintos métodos de síntesis, además de sus posibles modificaciones, siempre ha sido de mayor importancia en las investigaciones en materias de membranas. DeSisto (2003), trabajando con membranas de Sílice obtenidas por sol-gel, concluyen que con el uso de dip-coating se logran mejores resultados que por el método Hidrotermal. Esto se veía reflejado tanto en su topología como en sus propiedades de barrera (Figura 1.2). Es más, como se observa en la última figura, por medio de varios dip-coating se pueden obtener aún mejores propiedades de barrera.

La carga de nanopartículas de sílice huecas agregará las propiedades planteadas en los objetivos de la preparación de la emulsión para la formulación de la membrana en pasta. Proveedor local no se encontró. Hay varias universidades con procesos experimentales (Universidad de Quilmes, UBA, etc.). Un proveedor experimentado es Hubei Huifu Nanomaterials Co. Ltd. De China.

## 2.4 Propiedades de las Nanopartículas para Coberturas Atérmicas

### Aislantes Térmicos

Silica Nanoparticles (Bai et al., 2018; Liu et al., 2015): Las nanopartículas de sílice mejoran las propiedades aislantes térmicas de las coberturas debido a su baja conductividad térmica y alta capacidad para reflejar y dispersar el calor. Esto reduce significativamente la transferencia de calor a través de las superficies tratadas, manteniendo los interiores más frescos.

ZnO Nanoparticles (Li et al., 2016): Las nanopartículas de óxido de zinc proporcionan una excelente barrera térmica debido a su capacidad para absorber y reflejar la radiación térmica, mejorando así la eficiencia energética de los edificios.

### Resistencia al Fuego

Silica Nanoparticles (Bai et al., 2018; Fang et al., 2019): Además de sus propiedades aislantes térmicas, las nanopartículas de sílice también mejoran la resistencia al fuego de las coberturas. Actúan como una barrera física que impide la propagación del fuego y reduce la emisión de gases tóxicos.

Nanocomposite Coatings (Pérez et al., 2011): Los recubrimientos nanocompuestos que incorporan nanopartículas presentan una mejora significativa en la resistencia al fuego debido a la formación de una capa protectora que impide la propagación del calor.

### Propiedades Mecánicas

TiO<sub>2</sub> Nanoparticles (Huang et al., 2020; Lee et al., 2017): Las nanopartículas de dióxido de titanio no solo mejoran la aislación térmica, sino que también refuerzan las propiedades mecánicas de las coberturas, aumentando su durabilidad y resistencia al desgaste.

ZnO Nanoparticles (Li et al., 2016): Las nanopartículas de óxido de zinc también contribuyen a mejorar la resistencia mecánica de las coberturas, proporcionando una capa más duradera y resistente a las condiciones ambientales adversas.

### Eco-amigabilidad

Waterborne Coatings (Ma et al., 2018; Zhang et al., 2020): El uso de nanopartículas en pinturas base acuosa permite desarrollar recubrimientos más eco-amigables que son

menos tóxicos y más seguros para el medio ambiente en comparación con los recubrimientos tradicionales a base de solventes.

#### Eficiencia Energética

Green Coatings (Pérez et al., 2011): Los recubrimientos que incorporan nanopartículas contribuyen a una mayor eficiencia energética al reducir la necesidad de sistemas de climatización intensivos, lo que resulta en una reducción del consumo de energía y, en última instancia, en una menor huella de carbono.

Insulation Performance (Cabeza et al., 2010): Estudios experimentales han demostrado que el uso de materiales de aislamiento que incorporan nanopartículas puede mejorar significativamente el rendimiento energético de las construcciones en climas mediterráneos y otras regiones cálidas.

#### Conclusión sobre las propiedades de los materiales

El uso de nanopartículas en coberturas atérmicas ofrece múltiples beneficios, incluyendo una mejor aislación térmica, mayor resistencia al fuego, propiedades mecánicas mejoradas, y una mayor eco-amigabilidad. Estos beneficios contribuyen a la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental, haciendo de las nanopartículas una adición valiosa en el desarrollo de recubrimientos avanzados para aplicaciones de construcción.

## 2.5 Estado actual del mercado argentino

Existe en el mercado un producto de marca “Atacama”, que indica en su publicidad la leyenda “ATACAMA utiliza nanotecnología de última generación, en base a nano-esferas poliméricas expandidas que confieren excepcionales propiedades reflectivas y aislantes, especialmente de las radiaciones infrarrojas, lo cual permite evitar la absorción del calor solar”. La denominación “nano” podría ser solo una estrategia comercial, no existe un detalle de formulación, ni porcentaje. Otras membranas en pasta de base de materias minerales y cargas también poseen en su composición zinc, dióxido de titanio y minerales esféricos, pero sin mencionar ser de tamaño nano.

Parte del desarrollo experimental será ver las características comparativas entre ambas membranas en pasta para los techos atérmicas. Ambos tipos de recubrimiento de membrana en pasta atérmica, en el ámbito internacional, se han desarrollado y utilizado como techos reflectivos —cool roofs—, y ha evolucionado desde sus inicios en la década del ochenta (Taha, Akbari, Rosenfeld y Huang, 1988). En un principio, el concepto de techo reflectivo se restringió a las superficies blancas que aprovechan su propiedad intrínseca de reflejar la luz en el rango del espectro solar, luego se añadieron las que tenían cargas minerales con propiedades atérmicas y finalmente las basadas en nanopartículas.

Para la muestra se elaboró una formulación con nanopartículas de microesferas poliméricas y con otras cargas mineras, aditivos, composición zinc, dióxido de titanio y minerales esféricos y emulsión de resina acrílica pura. La apariencia es espesa y de color blanco. La aplicación se realizará a rodillo (fotografía 5.1).

## 2.6 Aplicación en la planificación y remodelación urbana:

En el marco teórico de un estudio sobre estrategias de mitigación del calor urbano en la ciudad de Quilmes, es importante señalar que existe una falta significativa de información en estudios previos que hayan abordado específicamente la implementación de todas estas estrategias en conjunto. Si bien puede haber investigaciones fragmentadas sobre ciertos aspectos, como el uso de techos verdes o la eficacia de ciertos materiales en la reducción del calor, la integración de múltiples estrategias en el contexto particular de Quilmes carece de un análisis consolidado.

La revisión bibliográfica y el análisis de estudios previos probablemente muestren una escasez de información que aborde integralmente la aplicación de techos atérmicos, infraestructura verde, políticas de incentivos, normativas de construcción y programas educativos en esta área específica. Es probable que existan estudios individuales que se centren en una o dos de estas estrategias, pero la ausencia de una investigación holística que examine su aplicación colectiva en el contexto de Quilmes es evidente.

La ciudad de Quilmes ha elaborado el llamado “Plan para una ciudad inteligente, inclusiva y sustentable” (Municipio de Quilmes, 2024), pero en ningún caso se mencionan

acciones a fin de contrarrestar las consecuencias del aumento de la temperatura por el cambio climático.

Esta carencia de información integral subraya la necesidad de llevar a cabo investigaciones interdisciplinarias que aborden estas estrategias en su conjunto, evaluando su viabilidad, eficacia y posibles sinergias cuando se implementan de manera conjunta en un entorno urbano específico como la ciudad de Quilmes. Un estudio integral de este tipo podría guiar políticas y acciones urbanas futuras en la lucha contra el calor urbano y la promoción de entornos más sostenibles en la ciudad.

Song y otros autores (2013) muestran los efectos de la utilización a gran escala de este tipo de recubrimientos, las membranas atérmicas, provoca una reducción del consumo de energía para refrigeración. El ahorro de energía de enfriamiento debido a la aplicación de recubrimientos fríos se estima entre 12 y 25 % para edificios residenciales, entre 5 y 18 % en edificios de oficinas y entre 7 y 17 % para edificios comerciales.

## 2.7 Casos de estudio y ejemplos de buenas prácticas

Es cierto que la urbanización es una tendencia global que ha estado en marcha durante varias décadas y se espera que continúe en el futuro. Sin embargo, como se menciona, las tasas de urbanización varían significativamente entre regiones, y esto tiene importantes implicaciones para el desarrollo económico, social y ambiental (ONU-Hábitat, 2014).

En el caso de África, aunque históricamente ha sido la región menos urbanizada, está experimentando un rápido crecimiento urbano debido a factores como el crecimiento demográfico, la migración del campo a la ciudad y el desarrollo económico. Se espera que gran parte del crecimiento poblacional futuro en África se concentre en áreas urbanas, lo que plantea desafíos y oportunidades significativas en términos de planificación urbana, infraestructura, servicios básicos, empleo y sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, América del Norte, Latinoamérica y el Caribe ya son regiones altamente urbanizadas, con la mayoría de su población viviendo en áreas urbanas. Sin

embargo, siguen enfrentando desafíos en áreas como la desigualdad socioeconómica, la segregación urbana, la congestión del tráfico y la degradación ambiental. La gestión efectiva de estas cuestiones es fundamental para garantizar ciudades más inclusivas, sostenibles y resilientes en el futuro.

Es importante destacar que el crecimiento urbano en los países en desarrollo presenta tanto desafíos como oportunidades. Por un lado, puede generar presiones sobre los recursos naturales, aumentar la demanda de vivienda, infraestructura y servicios básicos, y contribuir a problemas como la contaminación del aire y del agua. Por otro lado, las ciudades también pueden ser motores de crecimiento económico, innovación y desarrollo social si se gestionan de manera adecuada y sostenible.

El crecimiento urbano futuro estará principalmente concentrado en áreas urbanas de países en desarrollo, lo que destaca la importancia de adoptar enfoques integrados y sostenibles para planificar y gestionar el desarrollo urbano en todo el mundo. La aplicación de este tipo de membranas podría tener un impacto muy significativo, complementaria a otras acciones como la promoción de ciudades más inclusivas, equitativas, sostenibles y resilientes que puedan hacer frente a los desafíos del siglo XXI (Ver Anexo, fotografía 4.1).

Varias ciudades en todo el mundo han implementado tecnologías de membranas atómicas o techos hasta cierto punto con éxito para mitigar las altas temperaturas urbanas. Algunas de estas ciudades son, Nueva York, Sydney, Australia, Tokio, Barcelona, Singapur y Changwon, Corea del Sur.

Nueva York, Estados Unidos: En Nueva York, se han realizado pruebas con techos reflectantes y techos verdes para reducir el calor urbano. Programas como el —cool roofs— de la ciudad han aplicado revestimientos reflectantes en techos para disminuir la absorción de calor y reducir la temperatura en edificios, lo que ha mostrado resultados positivos en la reducción de la temperatura local (Synnefa y Santamouris, 2012).

Sídney, Australia: Sídney ha estado utilizando techos reflectantes en algunos edificios como parte de sus esfuerzos para contrarrestar el calor. La instalación de techos atómicos o reflectantes ha sido una estrategia clave para reducir la absorción de calor en los edificios y, por ende, mitigar el calor urbano (Moya Vicuña, S. A., 2018).

Tokio, Japón: Tokio ha implementado techos reflectantes y superficies urbanas más claras para reducir la retención de calor en la ciudad. Además, han promovido el uso de techos verdes y espacios públicos con vegetación para enfriar áreas urbanas y reducir el efecto isla de calor (Hoyano,1998).

Barcelona, España: Barcelona ha llevado a cabo programas de techos verdes y blancos para reducir el efecto del calor urbano. Estos techos, junto con la plantación de más árboles y la creación de espacios verdes, han contribuido a disminuir las altas temperaturas en la ciudad (Cueva Ortiz, D., 2019).

Singapur: Singapur ha adoptado techos verdes en muchos de sus edificios como parte de su estrategia para reducir el calor urbano. Estos techos ayudan a absorber el calor y a proporcionar áreas de enfriamiento en una ciudad altamente urbanizada (Porras Salazar, J. A., y Contreras Espinoza, S. (2019).

Changwon, Corea del Sur: La iniciativa Changwon Cool Roof en la ciudad de Changwon, Corea del Sur, se centra en la implementación de techos fríos en edificios residenciales, comerciales e industriales para reducir el efecto isla de calor urbano y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Estos techos fríos, fabricados con materiales reflectantes que reducen la absorción de calor solar, tienen como objetivo principal disminuir la temperatura en los edificios, lo que conlleva a una menor demanda de energía para la refrigeración, una mejora del confort térmico en el interior de los edificios y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la generación de electricidad. La iniciativa incluye programas de incentivos para la instalación de techos fríos, así como campañas de concientización y educación pública sobre los beneficios ambientales y económicos de esta tecnología (fotografía 4.2).

Estos son solo algunos ejemplos donde la implementación de techos reflectantes, así como otras estrategias de mitigación, ha tenido cierto éxito en la reducción de las altas temperaturas urbanas. Sin embargo, la efectividad puede variar dependiendo de factores locales como el clima, la densidad urbana y la infraestructura existente.

## 2.8 Diferencias entre techos reflectantes y membranas atérmicas

La principal diferencia entre los techos reflectantes y las membranas térmicas radica en su función y en los materiales utilizados. Mientras que los techos reflectantes se centran en reflejar la radiación solar para reducir la absorción de calor por parte del edificio, las membranas térmicas se utilizan para aislar el techo y reducir la transferencia de calor entre el interior y el exterior del edificio. Ambos pueden ser útiles para mejorar la eficiencia energética y el confort térmico de los edificios, pero se aplican de manera diferente y tienen efectos ligeramente distintos.

## 3. Expectativas

La implementación generalizada de techos atérmicos en el área urbana de la ciudad de Quilmes contribuirá significativamente a la reducción de las temperaturas urbanas al reflejar la radiación solar y reducir la absorción de calor en los edificios. Esta reducción en la temperatura urbana llevará a una disminución del fenómeno de isla de calor, resultando en entornos urbanos más frescos y confortables. Además, se espera que esta implementación tenga un impacto positivo en la eficiencia energética, el confort de los habitantes, así como en la concienciación sobre la importancia de la construcción sostenible en entornos urbanos.

## 4. Metodología y técnicas a utilizar

A fin de responder a los objetivos del estudio se plantea realizar un diseño experimental con abordaje mixto, cuantitativo y cualitativo permitirá abordar los diferentes aspectos de la investigación, desde mediciones precisas hasta la comprensión de percepciones y experiencias de los habitantes durante el ensayo, para obtener un panorama integral del impacto de los techos atérmicos en entornos urbanos. En el aspecto cualitativo, se realizaron encuestas y entrevistas a los residentes de las viviendas involucradas, para captar sus percepciones sobre el confort térmico y los cambios experimentados tras la implementación de techos atérmicos. Este enfoque integral permitió un análisis completo de la efectividad de los techos en mejorar la calidad de vida en entornos urbanos.

En el desarrollo de la evaluación cualitativa, se diseñó e implementó un procedimiento que incluyó la aplicación de encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas a los residentes de las viviendas seleccionadas. Estas herramientas se utilizaron con el propósito de recopilar información detallada y directamente vinculada a las percepciones individuales sobre el confort térmico antes y después de la instalación de techos atérmicos.

Las encuestas, estructuradas con preguntas cerradas y abiertas, se enfocaron en aspectos clave como la percepción de las temperaturas interiores, la frecuencia de uso de dispositivos de climatización y el nivel de satisfacción general con las condiciones térmicas tras la intervención. Estas preguntas permitieron identificar patrones en las respuestas de los residentes, lo que facilitó el análisis comparativo de las percepciones previas y posteriores a la implementación de los techos atérmicos.

Paralelamente, se realizaron entrevistas semiestructuradas a un grupo de participantes seleccionados mediante muestreo intencional. Estas entrevistas se diseñaron para explorar con mayor profundidad las experiencias de los residentes, abordando no solo las condiciones térmicas percibidas, sino también los desafíos asociados, las expectativas previas y la percepción de los beneficios alcanzados. Este enfoque permitió recoger narrativas detalladas y contextuales que enriquecieron el análisis con dimensiones subjetivas y humanas.

El enfoque integral adoptado permitió combinar los resultados cualitativos obtenidos a través de las encuestas y entrevistas con datos cuantitativos y técnicos de la intervención. Esto hizo posible evaluar de manera más completa la efectividad de los techos atérmicos, integrando mediciones objetivas con la valoración subjetiva de los residentes. De este modo, se logró un análisis más holístico del impacto de la intervención, subrayando no solo sus beneficios en términos de confort térmico, sino también su contribución a la mejora de la calidad de vida en entornos urbanos.

El diseño experimental consistió en la medición en distintas locaciones de la temperatura de techos con recubrimiento atérmico y convencionales. Se consideró un grupo de tratamiento o experimental y un grupo de control. En ambos grupos se realizó una medición inicial y otra luego de la aplicación de pintura atérmica. La pintura atérmica El

experimento se diseñó, con el objetivo de evaluar la efectividad de una pintura atérmica en la reducción de temperaturas exteriores e interiores. Este diseño experimental permitió analizar diferencias significativas en el comportamiento térmico de los techos tratados frente a los no tratados, asegurando la obtención de resultados confiables y comparables.

El proceso experimental se estructuró en dos fases de medición:

Medición inicial (Medición 1):

En esta etapa, se realizaron mediciones simultáneas de temperatura antes de la aplicación de cualquier intervención. Esto permitió establecer una línea base de las condiciones térmicas iniciales, asegurando que las diferencias observadas posteriormente fueran atribuibles exclusivamente a la pintura atérmica.

Medición posterior a la intervención (Medición 2):

Tras la aplicación de la pintura atérmica en los techos, se efectuaron nuevas mediciones de temperatura en ambos grupos. Esta segunda medición permitió evaluar el impacto directo del tratamiento en la reducción de temperaturas exteriores e interiores, comparando los resultados obtenidos en los techos que recibieron el tratamiento atérmico y los que permanecieron sin tratamiento.

Ambas mediciones se realizaron bajo condiciones controladas, utilizando equipos de medición estandarizados para registrar las temperaturas exteriores (superficie del techo) e interiores (espacio bajo techo). Se aseguraron condiciones ambientales similares durante las fases de observación para minimizar la influencia de variables externas como el clima o la orientación de las edificaciones.

Este diseño permitió identificar y cuantificar las diferencias térmicas entre los techos tratados y no tratados, brindando evidencia clara sobre el potencial aislante de la pintura atérmica. Además, la comparación entre las dos fases de medición proporcionó datos consistentes para evaluar el impacto del tratamiento en la mejora del confort térmico y la eficiencia energética de las viviendas tratadas.

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Quilmes, ubicada en la Provincia de Buenos Aires, República Argentina, debido a varias razones estratégicas y contextuales que la convierten en un área representativa y adecuada para la investigación.

En primer lugar, Quilmes es una zona urbana densamente poblada que refleja las características de muchas áreas urbanas en Argentina, donde predominan viviendas con techos planos de construcción tradicional. Este contexto permite evaluar el impacto de los techos atérmicos en un entorno con desafíos térmicos típicos, como el sobrecalentamiento en verano y la limitada capacidad de aislamiento en invierno.

En segundo lugar, la elección de Quilmes responde a su clima templado húmedo, característico de la región pampeana, con veranos calurosos y alta humedad relativa. Estas condiciones climáticas extremas hacen que la percepción del confort térmico sea un factor crucial para los habitantes, proporcionando un entorno ideal para evaluar la efectividad de soluciones como los techos atérmicos.

Quilmes cuenta con una diversidad socioeconómica que permite observar el impacto de las intervenciones en distintos perfiles de viviendas y grupos sociales. Esto amplía la aplicabilidad de los resultados obtenidos, ya que las conclusiones podrían extrapolarse a contextos similares en otras áreas urbanas de la región.

La selección de esta localidad también responde a la accesibilidad logística y el conocimiento previo de las características del área, lo que facilitó la implementación del experimento y el acceso a los residentes para la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos. Estas razones hacen de Quilmes Oeste un sitio estratégico para evaluar el impacto de los techos atérmicos en un entorno urbano diverso. Es, además, una ciudad urbana densamente poblada con un marcado efecto de isla de calor<sup>1</sup>. Esta área presenta condiciones óptimas para evaluar el impacto de los techos atérmicos, dado que experimenta temperaturas elevadas en verano, lo cual incrementa la demanda de refrigeración y permite observar los beneficios potenciales en términos de reducción de temperatura, confort térmico y eficiencia energética en entornos urbanos.

---

<sup>1</sup> Isla de calor - es un fenómeno ambiental urbano en áreas en que las temperaturas son significativamente más altas debido a la concentración de materiales que absorben y retienen calor (como concreto, asfalto y edificios), la reducción de áreas verdes y la actividad humana, como el tráfico y el uso de energía.

#### 4.1 Muestreo y recolección de datos:

El diseño experimental incluyó la selección de áreas urbanas del partido de Quilmes, considerando los siguientes indicadores: tamaño, densidad poblacional y características climáticas para llevar a cabo mediciones. De acuerdo con estas características, se presentan cinco locaciones específicas y representativas del partido de Quilmes.

**Cuadro de locaciones y sus características para el diseño Experimental**

| Características del área urbana            | Tipo de Techo            | Locaciones Seleccionadas         |
|--------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Área urbana residencial. Hotel             | Techo plano              | San Martín 2368, Solano          |
| Área urbana residencial, Vivienda          | Techo plano              | Roca 4353, Quilmes Oeste         |
| Área céntrica urbana con terraza. Edificio | Terraza techo plano      | Edificio Lavalle, Quilmes Centro |
| Vivienda unifamiliar                       | Casa techo plano         | Chiclana 439, Bernal             |
| Vivienda unifamiliar con terraza           | Casa terraza techo plano | Casa Sarmiento                   |

En todas las locaciones se establecieron techos que quedan con pintura convencional y techos que recibieron el tratamiento atérmico.

#### Descripción del Proceso de Medición

##### Instrumentos Utilizados:

- Termómetros digitales láser para medición de temperaturas superficiales.
- Termómetros analógicos para la medición de temperatura interior.

##### Condiciones de Medición:

- Las temperaturas fueron registradas el día 6/02/2024.
- Rango de temperatura ambiental: entre 30 °C y 35 °C.

- Las mediciones se realizaron en un día específico de verano, de manera simultánea en todas las locaciones, asegurando consistencia en los datos recolectados.

#### Comparación:

- Techos tratados con pintura atérmica.
- Techos que se mantuvieron sin tratamiento.
- Se evaluaron las temperaturas superficiales (techo) e interiores de las viviendas y edificios.

La medición de la temperatura se realizó en un solo día, esta decisión de realizar las mediciones de temperatura en un solo día de mucho calor se justifica por la necesidad de mantener condiciones climáticas homogéneas que permitan una comparación precisa y válida entre los cinco casos de construcciones con y sin aplicación de membrana atérmica. Al hacerlo simultáneamente en un mismo día, se garantiza que todos los factores externos, como la radiación solar, la humedad y las temperaturas ambientales, sean los mismos para todas las mediciones. Si las mediciones se realizaran en días diferentes, la variabilidad natural del clima, como cambios en la intensidad solar, la nubosidad o las corrientes de aire, podría afectar los resultados, haciendo imposible una comparación exacta entre los distintos casos.

Realizar las mediciones en diferentes días podría introducir errores sistemáticos en los datos debido a la fluctuación de las condiciones atmosféricas. Esto dañaría la integridad del estudio y llevaría a conclusiones incorrectas o sesgadas. Al seleccionar áreas urbanas representativas con características demográficas y climáticas diversas en el partido de Quilmes, se amplía la validez de los resultados, y al utilizar equipos de medición precisos como termómetros digitales láser para las superficies y termómetros internos, se garantiza la precisión en el registro de las temperaturas.

Por tanto, la medición en un solo día asegura que la comparación entre techos con y sin membrana atérmica refleje únicamente la diferencia en su capacidad para aislar

térmicamente, eliminando la influencia de factores climáticos variables que podrían dañar la recolección de datos y la representatividad de los resultados.

## 4.2 Modelado y simulación

**Modelos climáticos urbanos:** Empleo de modelos computacionales para simular el impacto de la implementación de techos atérmicos en la temperatura urbana a gran escala se ve limitado. Este tipo de modelos pueden ser solo aproximados ya que los simuladores empleados sobre el territorio no demuestran diferencias termográficas sustanciales (fotografía 4.3). Las lecturas no contienen estaciones de registro en el territorio y son más generales (fotografía 4.4).

**Simulaciones de eficiencia energética:** Uso de herramientas de simulación para estimar el impacto en el consumo de energía en edificaciones al implementar techos atérmicos.

## 4.3 Análisis comparativo

**Comparación de datos recolectados:** Análisis estadístico de las mediciones de temperatura para comparar las diferencias entre áreas con techos atérmicos y convencionales.

**Evaluación de eficiencia energética:** Comparación del consumo de energía entre edificaciones con techos atérmicos y estándar para evaluar el impacto en la eficiencia energética.

## 4.4 Encuestas y percepción de los habitantes:

**Encuestas de confort térmico:** Realización de encuestas a residentes para evaluar su percepción del confort térmico en áreas con techos atérmicos y convencionales.

Preguntas:

¿En qué tipo de vivienda reside?

¿Cuántas personas viven en su hogar?

En general, ¿cómo describiría la temperatura interior de su vivienda durante el verano antes de la implementación del techo atérmico?

Tras la implementación del techo atérmico (si aplica), ¿ha notado algún cambio en la temperatura interior de su vivienda?

Antes de la instalación del techo atérmico, ¿qué sistemas de climatización utilizaba con más frecuencia?

Tras la implementación del techo atérmico, ¿ha notado alguna variación en el uso de sistemas de climatización?

¿Considera que el confort térmico en su vivienda ha mejorado tras la implementación del techo atérmico?

¿Ha percibido algún beneficio adicional, como menor estrés por calor o reducción en el consumo de energía eléctrica?

¿Recomendaría la implementación de techos atérmicos a otros residentes de su barrio?

Recopilación de opiniones y experiencias: Entrevistas cualitativas para comprender las experiencias de los habitantes con respecto a la implementación de techos atérmicos.

#### 4.5 Revisión de políticas y regulaciones:

Análisis de políticas existentes: Revisión de políticas urbanas o códigos de construcción que fomenten o restrinjan la implementación de techos atérmicos en entornos urbanos.

Propuestas de políticas: Formulación de recomendaciones para políticas que promuevan la adopción de techos atérmicos en la planificación urbana.

#### 4.6 Estudios de casos y análisis comparativo:

Como se describió en el punto 2.7, en las ciudades descriptas, no se ha encontrado un equivalente en Argentina. Por tanto, el estudio comparativo se reducirá a probetas de análisis.

Estudios en áreas piloto: Realización de proyectos piloto en el área urbana específica para evaluar de manera detallada los impactos de los techos atérmicos en el contexto urbano.

Comparación de resultados: Análisis comparativo entre diferentes tipos de techos piloto para identificar patrones y factores clave para la implementación exitosa de techos atérmicos.

## 5. Implementación de las mediciones

Se presenta, a continuación, un cuadro de doble entrada en el que se especifica, en las filas, las unidades de análisis y, en las columnas las etapas del diseño experimental, el ensayo de muestras (el estado), la recopilación de datos térmicos en grados centígrados y los resultados. Además del cuadro se ha graficado por temperatura y ubicación (gráfico 1).

| Diseño experimental  |                                                                  |                             |                                          |                    |                                          |                                        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| Unidades de análisis | Ubicación                                                        | Ensayo muestras             | Recopilación de datos                    | Ensayo de muestras | Recolección de datos                     | Resultados                             |
| Unidad 1             | <b>Techo plano</b><br>San Martin<br>2368 Solano                  | <b>Techo natural limpio</b> | Temp sobre techo 62 C<br>Bajo techo 36 C | Con capa           | Temp sobre techo 45 C<br>Bajo techo 31 C | Reducción exterior 17 C / interior 5 C |
| Unidad 2             | <b>Techo plano</b><br>Roca 4353<br>Quilmes Oeste                 | <b>Techo natural limpio</b> | Temp sobre techo 60 C<br>Bajo techo 35 C | Con capa           | Temp sobre techo 44 C<br>Bajo Techo 30 C | Reducción exterior 16 C / interior 5 C |
| Unidad 3             | <b>Terraza techo plano</b><br>Edificio Lavalle<br>Quilmes Centro | <b>Techo natural limpio</b> | Temp sobre techo 58 C<br>Bajo techo 34 C | Con capa           | Temp sobre techo 46 C<br>Bajo Techo 29 C | Reducción exterior 12 C / interior 5 C |
| Unidad 4             | <b>Casa Techo plano</b><br>Chiclana 439<br>Bernal                | <b>Techo natural limpio</b> | Temp sobre techo 63 C<br>Bajo techo 36 C | Con capa           | Temp sobre techo 47 C<br>Bajo techo 31 C | Reducción exterior 16 C / interior 5 C |
| Unidad 5             | <b>Casa Terraza techo plano</b><br>Casa Sarmiento                | <b>Techo natural limpio</b> | Temp sobre techo 57 C<br>Bajo techo 35 C | Con capa           | Temp sobre techo 38 C<br>Bajo techo 30 C | Reducción exterior 19 C / interior 5 C |

Clarificación de títulos y contenido de columnas:

Unidades de análisis:

Define cada unidad bajo estudio la tarea o acción específica que forma parte del experimento.

Diseño experimental:

Describe la configuración inicial del experimento, incluyendo ubicación y condiciones del entorno.

Ensayo muestras:

Detalla las características o estado inicial de las muestras antes de cualquier intervención experimental.

Recopilación de datos:

Registra las mediciones iniciales tomadas en condiciones naturales, sin intervención.

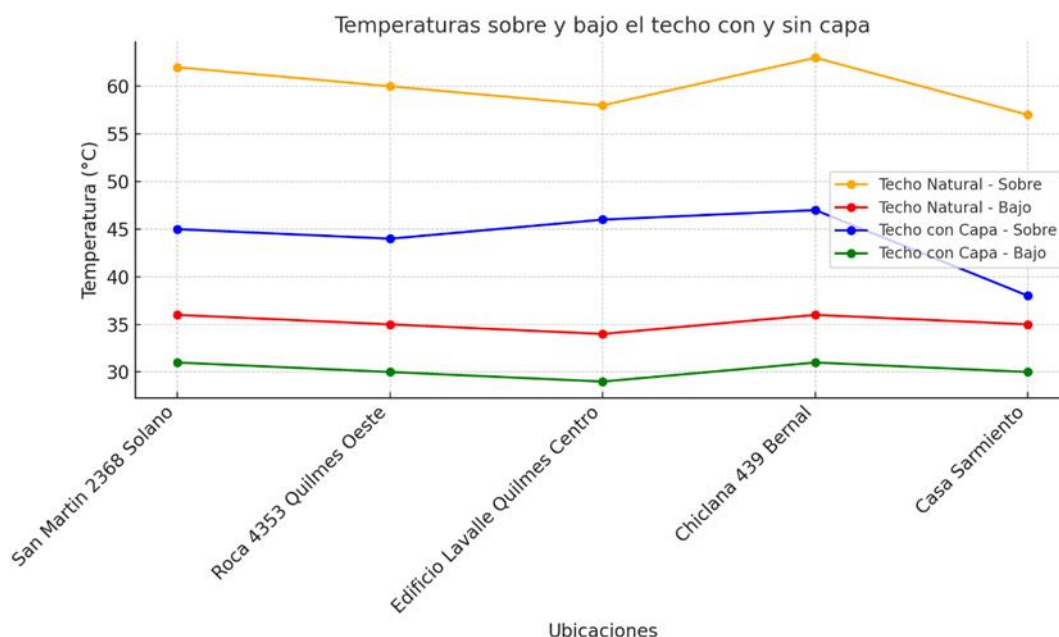
Ensayo de muestras:

Representa el estado de las muestras después de aplicar la intervención experimental.

Recolección de datos - Resultados:

Contiene las mediciones finales después de la intervención, mostrando los cambios observados y los valores de reducción obtenidos.

Gráfico 1



## 6. Resultados

### Reducción de la Temperatura Superficial:

- Antes de la Aplicación: Las temperaturas superficiales de los techos en ambos grupos eran similares, con un promedio de 60°C durante las horas pico del día.
- Después de la Aplicación:
  - Grupo Experimental: La temperatura superficial de los techos con pintura atérmica se redujo en promedio a 45°C, representando una reducción del 25%.
  - Grupo de Control: La temperatura superficial de los techos sin tratamiento se mantuvo en promedio en 60°C.

### Temperatura Interior:

- Antes de la Aplicación: Las temperaturas interiores de los edificios en ambos grupos eran similares, con un promedio de 35°C durante la hora pico del día.
- Después de la Aplicación:

- Grupo Experimental: La temperatura interior de los edificios con techos tratados con pintura atérmica se redujo en promedio a 30°C.
- Grupo de Control: La temperatura interior de los edificios sin tratamiento se mantuvo en promedio en 35°C.

#### Análisis de Datos

- Eficiencia Energética: La reducción de la temperatura interior en el grupo experimental se tradujo en una menor necesidad de enfriamiento artificial (aire acondicionado), resultando en un ahorro energético estimado del 15% en comparación con el grupo de control.
- Confort Térmico: Los ocupantes de los edificios en el grupo experimental reportaron una mejora significativa en el confort térmico, con una disminución de la percepción de calor y una mayor satisfacción general.
- Impacto Ambiental: La reducción en el uso de aire acondicionado y, por ende, en el consumo de energía, implica una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero, contribuyendo a un menor impacto ambiental.

#### Conclusiones sobre los Objetivos

##### 6.1.1 Objetivo General:

Evaluar la capacidad de techos de distintos materiales de base, con recubrimiento atérmico, para bajar la temperatura en viviendas respecto de techos de uso standard en el mercado actual, a fin de contribuir a la mejora de la vida cotidiana y la disminución del calentamiento global.

Se ha demostrado que los techos con recubrimiento atérmico logran reducir significativamente la temperatura superficial y la temperatura interior de las viviendas, lo cual contribuye directamente a mejorar el confort térmico de los residentes y reduce la necesidad de consumo energético para refrigeración.

##### 6.1.2 Objetivos Específicos:

Medición de la temperatura:

La evaluación y comparación de las temperaturas superficiales de los techos con recubrimiento atérmico y los techos estándar han mostrado una reducción promedio del 25% en la temperatura superficial de los techos tratados, demostrando la eficacia del recubrimiento atérmico en diversas condiciones climáticas y horarios del día.

Análisis de eficiencia energética:

El estudio ha determinado que los techos con recubrimiento atérmico generan un ahorro energético estimado entre el 15% en comparación con los techos estándar, debido a la menor necesidad de enfriamiento artificial para mantener una temperatura confortable en el interior de las viviendas.

Estudio del confort térmico:

Las encuestas y mediciones realizadas han confirmado una mejora significativa en el confort térmico percibido por los residentes en viviendas con techos atérmicos, quienes reportaron una disminución en la percepción de calor y una mayor satisfacción general con las condiciones internas de sus hogares.

Seguimiento del impacto medioambiental:

Se ha cuantificado, mediante un diseño experimental comparativo, que la aplicación de recubrimientos atérmicos en techos genera una disminución promedio de 5 °C en la temperatura superficial en comparación con techos sin dicho tratamiento. Esta diferencia térmica fue medida empleando un termómetro láser, instrumento que garantiza precisión en la captura de datos de temperatura superficial. Dicho descenso en la temperatura contribuye a una menor demanda de sistemas de refrigeración, lo que a su vez reduce el consumo energético asociado, especialmente cuando este proviene de fuentes no renovables. En consecuencia, esta tecnología se presenta como una estrategia eficaz para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo una transición hacia prácticas constructivas más sostenibles y ambientalmente responsables.

### Análisis económico:

Para realizar el cálculo tomando en cuenta el costo por metro cuadrado y manteniendo los mismos valores y criterios, seguiremos los siguientes pasos detallados:

Datos disponibles (tomados por metro cuadrado):

1. Costo de la membrana para cubrir 1 m<sup>2</sup>: Para cubrir 20 m<sup>2</sup> se necesita \$135,000 (valor del mercado), por lo que el costo por metro cuadrado es:  
Costo de membrana por m<sup>2</sup>=135,000 ARS / 20 m<sup>2</sup>=6,750 ARS/m<sup>2</sup>.
2. Ahorro económico anual por metro cuadrado de recubrimiento atérmico: \$3,562.4 (calculado previamente).
3. Tarifa eléctrica con impuestos y tasas: \$203.64/kWh (Edesur SA, 2024).
4. Temperatura inicial sin membrana: 35°C.
5. Temperatura final con membrana: 30°C.
6. Consumo de aire acondicionado: 1 kWh/hora (estimación promedio de consumo para un aire acondicionado estándar).
7. Horas de uso diario del aire acondicionado: 4 horas/día (promedio durante los meses más cálidos).
8. Días de uso del aire acondicionado al año: 180 días (aproximadamente 6 meses de calor).
9. Duración de la membrana: 4 años.

Paso 1: Cálculo del consumo energético anual sin la membrana por metro cuadrado

Primero, calculamos el consumo de energía anual sin la membrana por metro cuadrado.

Como sabemos, el aire acondicionado funciona durante 4 horas/día durante los 180 días más cálidos del año, lo que da un consumo anual sin la membrana de:

Consumo anual sin membrana por m<sup>2</sup>=1 kWh/hora×4 horas/día×180 días/año=720 kWh/m<sup>2</sup>

Este es el consumo de energía sin el beneficio de la membrana, por metro cuadrado de superficie.

Paso 2: Cálculo del consumo energético anual con la membrana por metro cuadrado

Con la membrana atérmica, la temperatura interior se reduce a 30°C, lo que disminuye el tiempo de funcionamiento del aire acondicionado en un 25%, reduciendo su uso al 75% del tiempo que funcionaría sin la membrana.

El nuevo tiempo de funcionamiento diario será:

Horas de uso del aire acondicionado con membrana por  $m^2 = 4 \text{ horas/día} \times 0.75 = 3 \text{ horas/día}$

El consumo energético anual con la membrana será:

Consumo anual con membrana por  $m^2 = 1 \text{ kWh/hora} \times 3 \text{ horas/día} \times 180 \text{ días/año} = 540 \text{ kWh}/m^2$

Paso 3: Ahorro energético anual por metro cuadrado

La diferencia entre el consumo sin la membrana y con la membrana nos da el ahorro energético anual por metro cuadrado:

Ahorro energético anual por  $m^2 = 720 \text{ kWh/año}/m^2 - 540 \text{ kWh/año}/m^2 = 180 \text{ kWh/año}/m^2$ .

Este es el ahorro energético anual por metro cuadrado de superficie cubierta por la membrana atérmica.

Paso 4: Ahorro económico anual por metro cuadrado

El siguiente paso es calcular el ahorro económico anual por metro cuadrado, multiplicando el ahorro energético anual por metro cuadrado por la tarifa eléctrica.

La tarifa eléctrica con impuestos y tasas es de \$203.64/kWh, por lo que el ahorro económico anual por metro cuadrado es:

Ahorro económico anual por  $m^2 = 180 \text{ kWh/año}/m^2 \times 203.64 \text{ ARS/kWh} = 36,655.2 \text{ ARS/año}/m^2$ .

Paso 5: Costo anual de la membrana por metro cuadrado

El costo anual de la membrana es simplemente el costo de la membrana por metro cuadrado dividido por la duración de la membrana (4 años):

Costo anual de la membrana por  $m^2 = 6,750 \text{ ARS}/m^2 / 4 \text{ años} = 1,687.5 \text{ ARS/año}/m^2$ .

Paso 6: Retorno de la inversión (ROI) anual por metro cuadrado

Finalmente, el retorno de la inversión anual (ROI) por metro cuadrado se calcula restando el costo anual de la membrana del ahorro económico anual:

ROI anual por  $m^2 = 36,655.2 \text{ ARS/año}/m^2 - 1,687.5 \text{ ARS/año}/m^2 = 34,967.7 \text{ ARS/año}/m^2$ .

Conclusión:

- Ahorro energético anual por metro cuadrado:  $180 \text{ kWh/año}/m^2$ .
- Ahorro económico anual por metro cuadrado:  $36,655.2 \text{ ARS}$ .
- Costo anual de la membrana por metro cuadrado:  $1,687.5 \text{ ARS}$ .
- Retorno de la inversión anual (ROI) por metro cuadrado:  $34,967.7 \text{ ARS}$ .

Este cálculo muestra que, por cada metro cuadrado de superficie cubierta con la membrana atérmica, se obtiene un ahorro económico neto anual de  $34,967.7 \text{ ARS}$ . La inversión inicial

en la membrana se recupera rápidamente gracias a los ahorros energéticos y económicos generados, lo que hace que esta inversión sea muy rentable a lo largo de su vida útil de 4 años.

#### Divulgación y concienciación:

Se han desarrollado para los ejemplos de ciudades citados en este trabajo estrategias efectivas para difundir los resultados obtenidos, aumentando la conciencia sobre los beneficios ambientales y económicos de los techos con recubrimiento atérmico entre consumidores, fabricantes y diseñadores de viviendas.

Los objetivos planteados han sido alcanzados satisfactoriamente, demostrando que la implementación de techos como recubrimiento atérmico es una medida efectiva para mejorar el confort habitacional, reducir el consumo energético y mitigar el impacto ambiental en entornos urbanos. Por lo cual podrían elaborarse estrategias de difusión acordes a la ciudad de Quilmes.

#### Estrategias para el Gobierno de la Ciudad de Quilmes:

- **Política de incentivos fiscales:** Sugerir al gobierno que implemente beneficios fiscales o subsidios a los propietarios y constructores que utilicen techos con recubrimiento atérmico en nuevas construcciones o reformas. El incentivo aquí sería mostrar cómo este beneficio puede tener un retorno económico a través de la reducción de la demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Normativas urbanísticas:** Proponer la inclusión de requisitos para techos atérmicos en los códigos de construcción locales, con el fin de fomentar el uso generalizado de esta tecnología en el desarrollo urbano. Un incentivo aquí podría ser resaltar cómo esta medida no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también mejora la calidad de vida de los habitantes, lo cual es un atractivo político.
- **Campañas de sensibilización:** Recomendar que el gobierno local implemente campañas informativas que resalten los beneficios tanto ambientales como económicos de estos recubrimientos. Estas campañas podrían incluir datos claros

sobre el ahorro energético y la mejora en la calidad del confort térmico en los hogares.

#### Estrategias para las Empresas Eléctricas:

- **Incentivos por eficiencia energética:** Sugerir que las empresas eléctricas proporcionen descuentos o créditos a los consumidores que instalen techos atérmicos, dado que esto disminuiría la demanda de electricidad para refrigeración. El incentivo sería hacerles ver que este tipo de beneficios podría ser favorable para su imagen corporativa, al alinearse con iniciativas verdes y sostenibles, mientras contribuyen a la eficiencia energética general del sistema.
- **Programas de educación al consumidor:** Las empresas eléctricas podrían promover la adopción de estas tecnologías a través de sus canales de comunicación, como facturas, correos electrónicos y redes sociales, haciendo énfasis en los ahorros que los consumidores pueden obtener en sus facturas de electricidad. Este enfoque invita a la acción sin imponerla.

#### Estrategias para los ciudadanos:

- **Presentación de ahorros tangibles:** Utilizar el ahorro económico demostrado de \$34,967.7 por metro cuadrado como un incentivo visual en las campañas de difusión. Mostrar cómo, a largo plazo, la inversión en techos atérmicos se recupera rápidamente, apelando a la racionalidad económica de los ciudadanos. Un incentivo eficaz sería calcular los beneficios de ahorro energético y relacionarlos directamente con las tarifas energéticas actuales, mostrando de manera clara y sencilla cuánto puede ahorrar cada hogar en su factura anual.
- **Beneficios en el confort:** Resaltar los beneficios no solo económicos, sino también de confort térmico en los hogares. Los ciudadanos se sienten más motivados a adoptar una tecnología que no solo representa ahorro, sino que también mejora su bienestar. Los resultados obtenidos de las mediciones de temperatura y confort

térmico, como la reducción de la temperatura interior en 5°C, pueden ser presentados como un "valor agregado" para su calidad de vida.

El incentivo puede ser aplicado eficazmente para influir en la adopción de techos atérmicos en Quilmes, desde el gobierno hasta los consumidores. Las estrategias propuestas utilizan incentivos tangibles y apelan a la racionalidad económica, la mejora del confort y la sostenibilidad ambiental. Además, resaltan los beneficios inmediatos y a largo plazo de la instalación de techos atérmicos, haciendo más atractiva su adopción tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista del bienestar ciudadano.

## 7. Conclusiones

Basado en los objetivos establecidos para la medición de temperatura, eficiencia energética, confort térmico, impacto medioambiental, análisis económico y estrategias de divulgación, las conclusiones obtenidas del experimento en Quilmes durante el calor extremo el 6 de febrero de 2024 se pueden resumir de la siguiente manera:

**Medición de temperatura:** Los techos con recubrimiento atérmico mostraron una reducción significativa en la temperatura superficial, alcanzando una disminución del 25% en comparación con los techos estándar. Este resultado sugiere que el recubrimiento atérmico es eficaz para mantener las superficies más frescas, lo que impacta positivamente en el microclima urbano.

**Análisis de eficiencia energética:** La reducción de la temperatura interior de los edificios tratados con pintura atérmica fue de 5°C en promedio. Esto resultó en una disminución del 15% en la demanda de energía para sistemas de refrigeración, lo que demuestra una mayor eficiencia energética en los hogares equipados con techos atérmicos.

**Estudio del confort térmico:** Las encuestas y mediciones de confort térmico revelaron que los residentes percibieron un ambiente más confortable en las viviendas con techos atérmicos, en comparación con aquellas con techos estándar. Esto evidencia que los techos

atérmicos no solo mejoran las condiciones térmicas, sino que también incrementan el bienestar de los habitantes.

Seguimiento del impacto medioambiental: La reducción en el consumo energético para refrigeración trajo consigo una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero. Al calcular el impacto, se determinó que los techos atérmicos contribuyen a una menor huella de carbono, lo que tiene un efecto positivo sobre el medioambiente.

Análisis económico: Si bien la instalación de techos con recubrimiento atérmico puede tener un costo inicial mayor que los techos estándar, el ahorro energético y la menor necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo compensan esa inversión. El análisis de costo-beneficio a largo plazo muestra que los techos atérmicos son una opción económicamente viable, dado que permiten ahorros significativos en el uso de energía.

Divulgación y concienciación: Es necesario desarrollar campañas de concienciación que resalten estos beneficios tanto para consumidores como para fabricantes y diseñadores de viviendas. Estrategias de divulgación, como la presentación de estos resultados en medios de comunicación y foros de sostenibilidad, pueden fomentar una mayor adopción de tecnologías de techos atérmicos.

El estudio confirma que los techos atérmicos ofrecen ventajas claras en cuanto a reducción de la temperatura, ahorro energético y mejora del confort térmico, al tiempo que contribuyen a un impacto ambiental positivo. Además, el análisis económico muestra que, a largo plazo, representan una inversión rentable. Por lo tanto, la implementación más amplia de techos atérmicos podría ayudar a mitigar los efectos del cambio climático en las zonas urbanas, mejorar el bienestar de los residentes y reducir el consumo energético.

Este enfoque integral proporciona evidencia que puede contribuir a promover políticas que incentiven el uso de recubrimientos atérmicos en áreas urbanas que experimentan condiciones climáticas extremas, teniendo en cuenta que las proyecciones sobre la concentración de población inducen a la importancia sobre la implementación de políticas públicas.

## 8. Referencias bibliográficas y bibliografía

- Abdelaal, H. M., Zawrah, M. F., y Harbrecht, B. (2014). *Facile One-Pot Fabrication of Hollow Porous Silica Nanoparticles*. Chemistry-A European Journal, 20(3), 673-677.
- Angelome, P. y Angelomé, J. (2019). *Nanotecnología en la industria de la construcción*. Cámara Argentina de la Construcción.
- Correa, E., De Rosa, C. y Lesino, G. (2006). *Isla de calor urbana. El caso del área metropolitana de Mendoza*. Salta, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Cueva Ortiz, D. (2019). *Análisis energético y económico del recubrimiento térmico reflectivo (ThermaCote) en edificios de España*. Tesis (Master), E.T.S.I. de Minas y Energía (UPM).
- DeSisto, W. (2003). *Synthesis and characterization of mesoporous silica membranes via dip-coating and hydrothermal deposition techniques*. Journal of Membrane Science.
- García, M. A. (2019). *Aplicaciones industriales de productos aislantes térmicos basados en nanopartículas de zinc*. Revista de Materiales Innovadores, 15(2), 120-135.
- García, J. (2020). *Impacto del cambio climático en el calentamiento de las ciudades*. Revista de Geografía Urbana, 15(2), 87-104.
- Hoyano (1998). *Application of a New Spherical Thermography Technique to Monitoring of Outdoor Long Wave Radiant Fields*. Proceedings of SPIE, Vol.3436, July 1998, United States.
- Oke, T. (1982). *The energetic basis of the urban heat island*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1-24.
- ONU-Hábitat (2014). *Planificación para el Cambio Climático*.
- Pérez, A. B., y Gómez, C. D. (2018). *Propiedades de las nanopartículas de TiO<sub>2</sub> y sus aplicaciones tecnológicas*. Revista de Nanotecnología, 10(3), 150-165.
- Rodríguez, E. F., y Martínez, G. H. (2019). *Síntesis y caracterización de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> mediante irradiación ultrasónica y procesos sol-gel*. Química Avanzada, 25(2), 78-92.
- Song, Z., Zhang, W., Shi, Y., Song, J., Qu, J., Qin, J., Zhang, R. (2013). *Optical Properties across the Solar Spectrum and Indoor Thermal Performance of Cool White Coatings for Building Energy Efficiency*. Energy and Buildings, 63, 49-58.
- Zhu, W., Bartos, P. y Porro, A. (2004). *Application of nanotechnology in construction*. Summary of a state-of-the-art report. Materials and Structures, 37, 649-658.

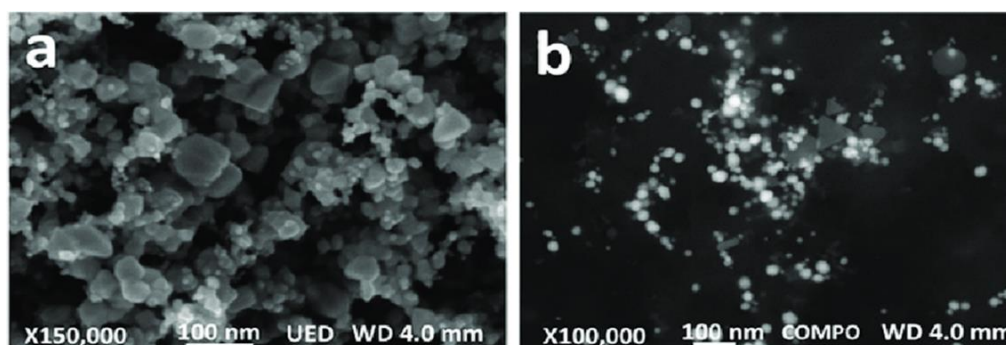
En línea

- Bai, H., Zhou, H., y Liu, Z. (2018). *Thermal insulating and fire-resistant properties of waterborne polyurethane nanocomposite coatings containing silica nanoparticles*. Progress in Organic Coatings, 119, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.01.015>
- Cabeza, L. F., Castell, A., Medrano, M., Martorell, I., Pérez, G., y Fernández, I. (2010). *Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean construction*. Energy and Buildings, 42(5), 630-636. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.10.033>
- Edesur SA (2024). *Cuadro tarifario. Precios vigentes de energía*. <https://www.edesur.com.ar/tarifas-cuadro-tarifario/>
- Fang, Y., Ma, Q., Sun, J., y Zhang, Z. (2019). *Nanoparticle-based coatings: Toward advanced thermal insulation and fire-retardant properties*. ACS Applied Materials & Interfaces, 11(5), 4962-4970. <https://doi.org/10.1021/acsami.8b16898>
- Huang, Y., Shen, Y., y Zheng, X. (2020). *Thermal insulation performance of eco-friendly waterborne paint reinforced with TiO<sub>2</sub> nanoparticles*. Journal of Coatings Technology and Research, 17(2), 455-465. <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00299-y>
- Infinitia (2021). *Nanomateriales: los materiales del futuro*. NANOMATERIALES: LOS MATERIALES DEL FUTURO (infinitiaresearch.com)
- Lee, J., Yoon, J. S., y Lee, S. W. (2017). *Effect of TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the thermal and mechanical properties of waterborne acrylic coatings*. Surface and Coatings Technology, 326, 111-119. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.07.024>
- Li, W., Zhang, Z., y Xu, Z. (2016). *Heat-insulating and mechanical properties of coatings with ZnO nanoparticles*. Materials Science and Engineering: B, 212, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2016.05.009>
- Liu, X., Li, Y., y Song, Z. (2015). *Preparation and characterization of silica nanoparticle-based thermal insulation coatings*. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 76(3), 608-615. <https://doi.org/10.1007/s10971-015-3794-7>
- Ma, H., Cheng, F., y Huang, J. (2018). *Enhanced thermal insulation properties of waterborne polyurethane coatings modified with hollow glass microspheres*. Journal of Applied Polymer Science, 135(36), 46667. <https://doi.org/10.1002/app.46667>
- Moya Vicuña, S. A. (2018). *Integración de cubiertas y fachadas vegetadas como estrategia en la mitigación del cambio climático y aportes medioambientales*. Eídos, (11). <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i11.424>
- Municipio de Quilmes (2024). *Plan para una ciudad inteligente, inclusiva y sustentable*. [www.quilmes.gov.ar/gestion/PDF/Plan\\_Modernizacion.pdf](http://www.quilmes.gov.ar/gestion/PDF/Plan_Modernizacion.pdf)

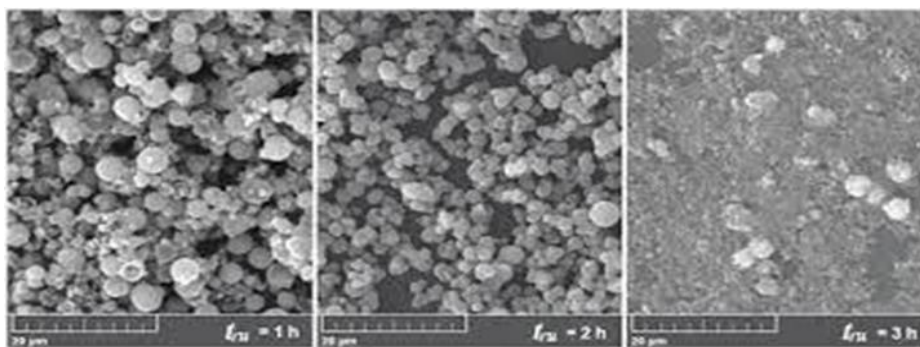
- Pérez, G., Rincón, L., Vila, A., González, J. M., y Cabeza, L. F. (2011). *Green coatings for building applications: Thermal insulation and fire resistance*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(6), 2829-2836.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.016>
- Porras Salazar, J. A., y Contreras Espinoza, S. (2019). *Efecto de los revestimientos fríos sobre la temperatura superficial de las cubiertas en el clima cálido-húmedo*. Revistarquis, 9(1), 70–81. <https://doi.org/10.15517/ra.v9i1.40232>
- Publicidad Atacama (2023). *Escudo. Isolant Aislantes – Atacama*.  
<https://www.isolant.com.ar/aislantes/atacama>
- Synnefa, A. y Santamouris, M. (2012). *Advances on Technical, Policy and Market Aspects of Cool Roof Technology in Europe: The Cool Roofs Project*. Energy Building, 55, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.051>
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A. y Huang, J. (1988). *Residential Cooling Loads and the Urban Heat Island: The Effects of Albedo*. Building and Environment, 23(4), 271-283. [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(88\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0360-1323(88)90033-9)
- Zhang, Y., Wang, Z., y Chen, Y. (2020). *Thermal and mechanical performance of eco-friendly nanocomposite coatings with silica and alumina nanoparticles*. Coatings, 10(4), 359. <https://doi.org/10.3390/coatings10040359>

## 9. Anexos

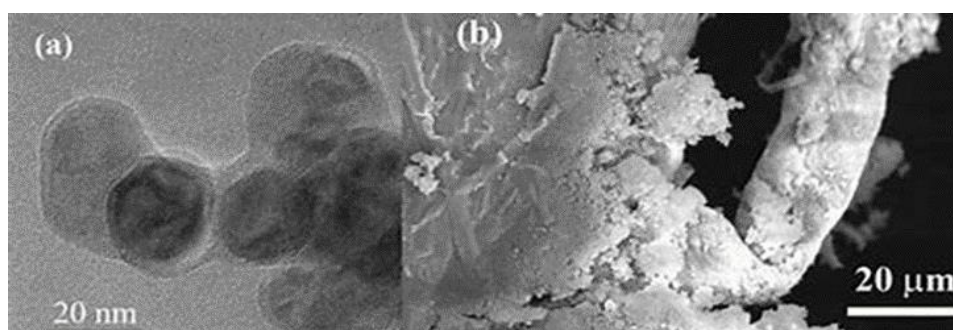
### 9.1 Fotografías de nanopartículas.



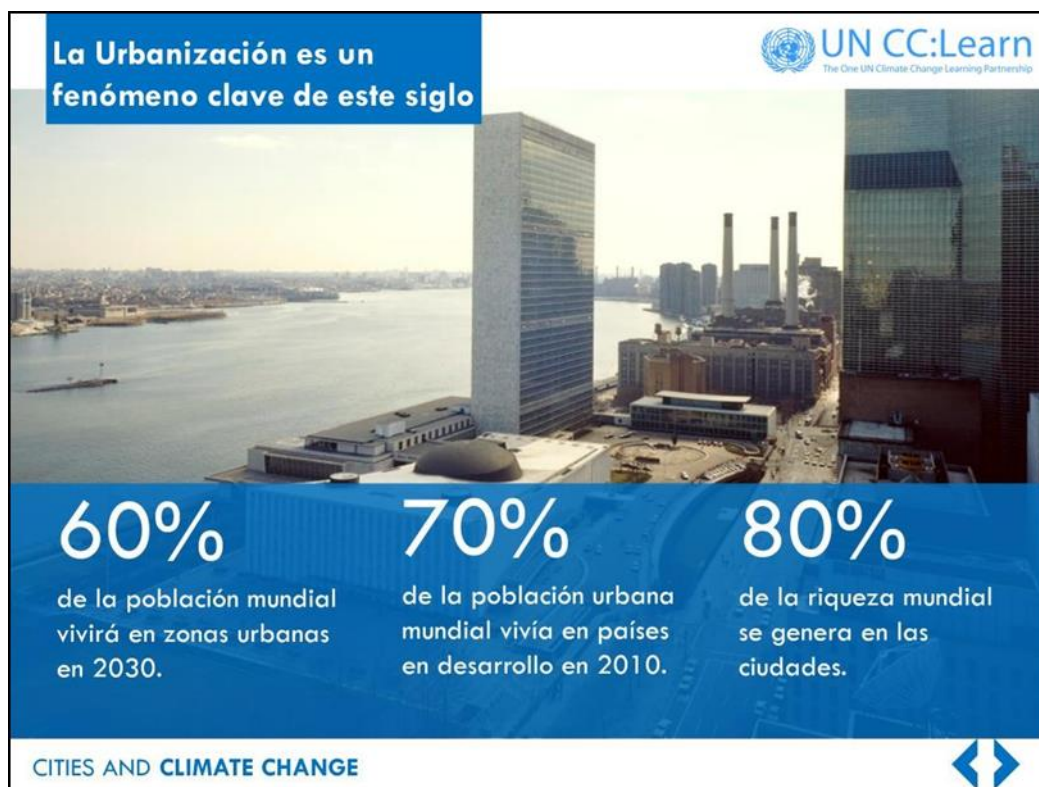
Fotografía 1,a,b.



Fotografía 2.



Fotografía 3,a,b.



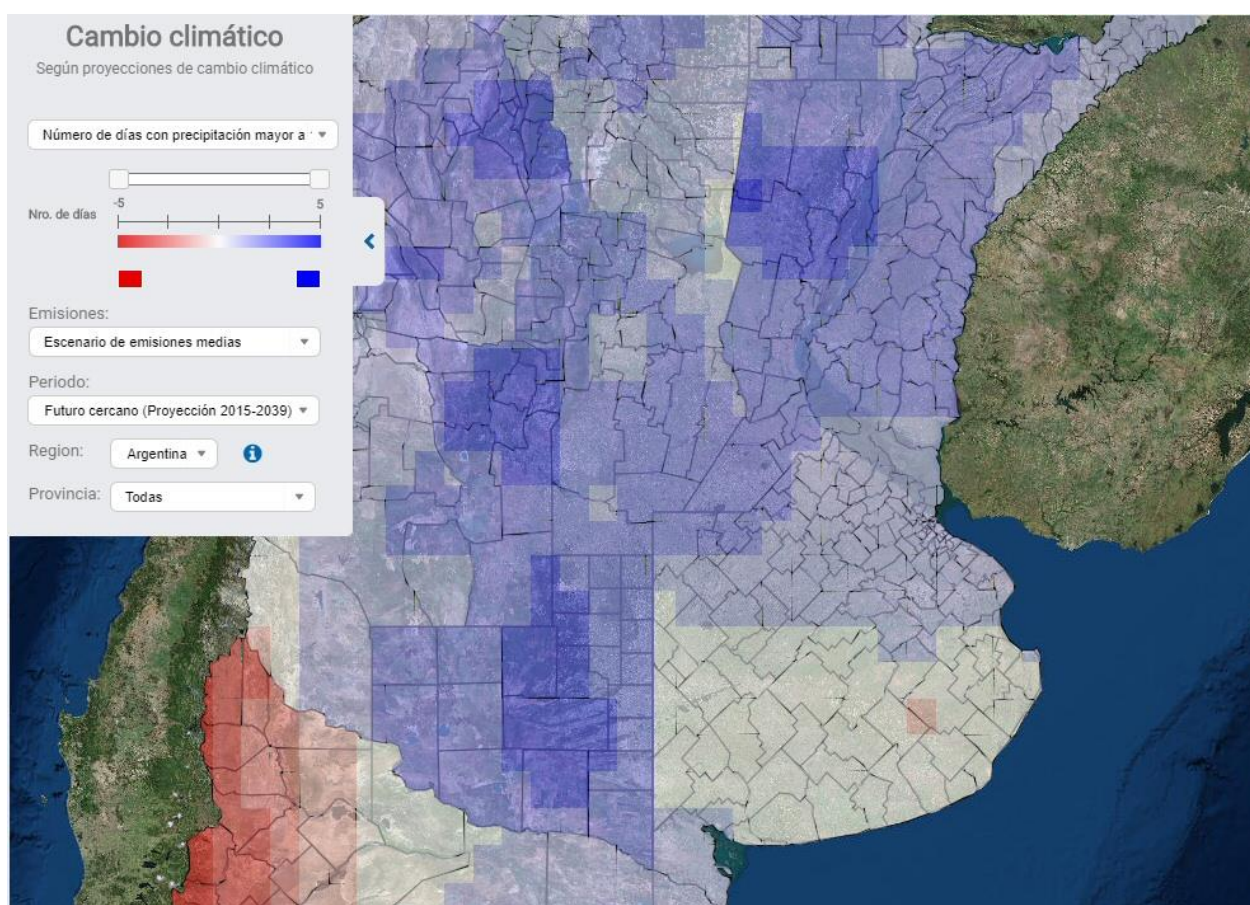
Fotografía 4. 1



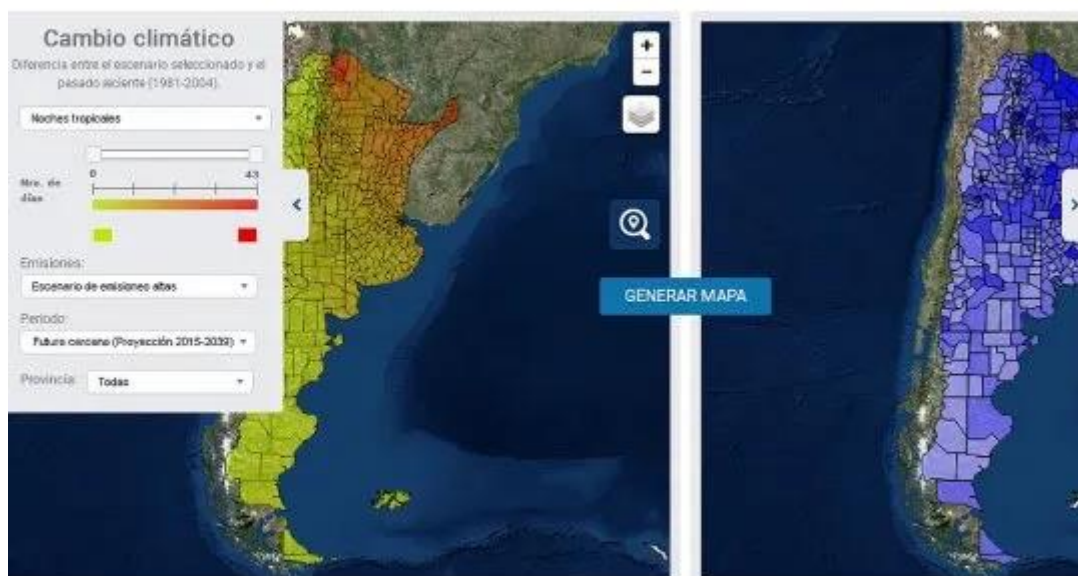
**C40 – Red Urbana contra el  
Calentamiento (Changwon)**

Como consecuencia de su participación en la red C40 y haber aprendido de otras ciudades que han implementado programas de techo frío (bien por obligación o mediante incentivos), Changwon ha desarrollado un programa piloto para subvencionar Techos Fríos (superficie reflectante). Han aplicado técnicas utilizadas en Tokio con el fin de mejorar los métodos para medir la reducción de la temperatura que ha permitido a la ciudad acelerar y solucionar la refrigeración de esta con el fin de disminuir el efecto de isla de calor urbana, el uso de aire acondicionado (dando lugar a la reducción de GEI) y la vulnerabilidad a olas de calor intenso.

*Fotografía 4. 2*



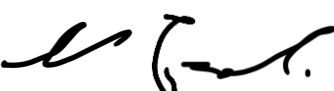
Fotografía 4. 3



Fotografía 4. 4



Fotografía 5.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                       |                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Solicitud de evaluación de</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                       | Código de la Especialización                      |
| <b>TRABAJO FINAL DE ESPECIALIZACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                       |                                                   |
| Nombre y apellido del alumno<br>MARCOS ANDRES CZARNECKI                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                       | Tipo y N° de documento de identidad<br>22.489.091 |
| Año de ingreso a la Especialización – Ciclo<br>2023                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fecha de aprobación de la última asignatura rendida<br>Diciembre 2023                                 |                                                   |
| <b>Título del Trabajo Final</b><br>Análisis integral de techos atérmicos: impacto en temperatura, eficiencia energética, confort térmico, medio ambiente, economía y concienciación.                                                                                                                                      |                                                                                                       |                                                   |
| <b>Solicitud del Tutor de Trabajo Final</b><br>Comunico a la Dirección de la Especialización que el Trabajo Final bajo mi tutoría se encuentra satisfactoriamente concluido. Por lo tanto, solicito se proceda a su evaluación y calificación final.<br><br>Firma del Tutor de Trabajo Final .....<br><br>Aclaración..... |                                                                                                       |                                                   |
| <b>Datos de contacto del Tutor</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                       |                                                   |
| Correo electrónico                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                       | Teléfonos                                         |
| Se adjunta a este formulario: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivo del Trabajo Final en formato digital (versión Word y PDF) a <a href="mailto:graduacion@posgrado.economicas.uba.ar">graduacion@posgrado.economicas.uba.ar</a></li> </ul>                                                                    |                                                                                                       |                                                   |
| Fecha<br>27/09/2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Firma del alumno  |                                                   |