



Innovación y sostenibilidad  
en arquitectura:

# CLIMA, ENERGÍA Y TERRITORIO



Vicerrectoría de Investigación y Extensión



Facultad de Arquitectura y Bellas Artes



Grupo de Investigación Alarife



Grupo de Investigación Inti Rumi

Innovación y sostenibilidad en arquitectura: clima, energía y territorio. / Mario Andrés Calvachi Morillo (coordinador). -- 1 ed. -- San Juan de Pasto: Universidad CESMAG, 2026.

37p.: il., ...a color.

Bibliografía: al final de cada capítulo

E-ISBN: 978-628-7585-57-7

DOI: <https://doi.org/10.15658/CESMAG26.001220112>

1. ARQUITECTURAY CLIMA 2. ARQUITECTURA SOSTENIBLE 3. RECURSOS ENERGÉTICOS, 4. SOSTENIBILIDAD, 5. VARIABILIDAD TÉRMICA I. García-Martínez, Janet Bibiana. II. Sánchez Molina, Jorge. III. Morales Jiménez, Mildred Katherine. IV. Ojeda Casanova, Mario Andrés. V. Osorio Salgado, Luís Fernando. VI. Gómez Carvajal, Elkin Raúl. VII. Narváez Ortega, Marlyn Stephanny. VIII. Martínez Marín, Nelson Andrés. IX. Volker, Raúl Marcelo. X. Villota Insuasty, Juan José. XI. Título.

CDD

720.47

22 ed.

CEP – Universidad CESMAG. Biblioteca Remigio Fiore Fortezza OFMCap.

## **Innovación y sostenibilidad en arquitectura: clima, energía y territorio**

© Janet Bibiana García-Martínez  
© Jorge Sánchez Molina  
© Mildred Katherine Morales Jiménez  
© Mario Andrés Ojeda Casanova  
© Luís Fernando Osorio Salgado  
© Elkin Raúl Gómez Carvajal  
© Marlyn Stephanny Narváez Ortega  
© Nelson Andrés Martínez Marín  
© Raúl Marcelo Volker  
© Juan José Villota Insuasty

### **Coordinador:**

Mario Andrés Calvachi Morillo

© Universidad CESMAG  
Vigilada Mineducación  
© Editorial Universidad CESMAG  
E-ISBN:  
DOI: <https://doi.org/10.15658/CESMAG26.001220112>  
Primera edición, 2026

### **Rector:**

Fray Luis Eduardo Rubiano Guáqueta OFMCap.

### **Director editorial:**

Javier Alejandro Jiménez Toledo

### **Gestión Editorial:**

Diana Milena Betancourth Castillo

### **Diseño y Diagramación:**

Luis Daniel Portilla Flórez

Hecho en Colombia

Made in Colombia

### **Dirección Editorial:**

Carrera 20A # 14-54. +57 602 7244434 ext. 1377 y 1218  
Correo electrónico: [editorial@unicesmag.edu.co](mailto:editorial@unicesmag.edu.co)  
[www.unicesmag.edu.co](http://www.unicesmag.edu.co)  
CP: 520003 - San Juan de Pasto – Colombia

APA:

Calvachi, M. (Coord.). (2026). *Innovación y sostenibilidad en arquitectura: clima, energía y territorio*. editorial Universidad CESMAG. <https://doi.org/10.15658/CESMAG26.001220112>

El pensamiento que se expresa en esta obra es responsabilidad exclusiva de los autores y no compromete la ideología de la Universidad CESMAG.

Se permite la citación del texto nombrando la fuente. Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad CESMAG y coeditores.

# CONTENIDO

PRÓLOGO

**Pág 05**

INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO: UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN NORTE DE SANTANDER

**Pág 06**

IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE PEREIRA

**Pág 10**

BIOARQ: UN LABORATORIO EXPERIMENTAL PARA LA ARQUITECTURA DEL CLIMA EXTREMO EN LA FRONTERA ANDINA DE COLOMBIA Y VENEZUELA

**Pág 16**

APROXIMACIÓN EPISTEMOLÓGICA DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO A LOS MODELOS DE NEGOCIOS SOSTENIBLES AEMNS

**Pág 25**

DOCUMENTACIÓN HISTÓRICA COMO APORTE A FUTURO PROCESO DECLARATORIO DE LA HACIENDA LA ESTANCIA EN CHACHAGÚÍ NARIÑO

**Pág 33**

## Innovación y sostenibilidad en arquitectura:

# CLIMA, ENERGÍA Y TERRITORIO

Las contribuciones aquí compiladas recorren temas que hoy resultan ineludibles en la agenda académica y profesional: el análisis climático y el confort térmico en diferentes contextos; la vivienda rural y vernácula como campo de aprendizaje y dignificación; la evaluación del ciclo de vida y la reducción de impactos en materiales y sistemas constructivos; la transición energética y el rol de la edificación en matrices menos contaminantes; la reflexión sobre tácticas urbanas, movilidad y ciudad caminable; y la comprensión de la ciudad como un bien común, donde la bioética amplía el debate más allá de la técnica para incorporar responsabilidades sociales, culturales y ambientales.

Un rasgo distintivo del conjunto es la integración de enfoques de observación, medición y evaluación del desempeño ambiental del entorno construido. A través del estudio de variables climáticas y urbanas, el análisis de condiciones de confort en espacios interiores y exteriores, y la aplicación de metodologías comparativas, los capítulos ofrecen herramientas para sustentar decisiones de diseño, planeación y construcción con criterios de eficiencia y pertinencia. Estos aportes ponen en el centro preguntas esenciales: ¿cómo lograr edificaciones y ciudades que respondan al clima y reduzcan su huella ambiental?, ¿cómo avanzar hacia soluciones constructivas que equilibren calidad de vida, viabilidad y responsabilidad ecológica?, ¿cómo traducir el conocimiento técnico en prácticas coherentes con los retos actuales del territorio?

Asimismo, el libro expresa una sensibilidad territorial que atraviesa varios trabajos. La sostenibilidad no se plantea como una fórmula universal, sino como un campo situado que requiere comprender condiciones locales, climáticas, sociales, culturales y normativas, para proponer soluciones pertinentes. En esa perspectiva, la investigación en arquitectura se consolida como un puente entre la academia y el territorio: una práctica que documenta, interpreta y propone, buscando transformar realidades concretas en comunidades urbanas y rurales.

En suma, esta publicación ofrece un panorama valioso de investigaciones que, desde distintas metodologías y temáticas, convergen en el compromiso por un futuro habitable. Su lectura resulta pertinente tanto para investigadores y estudiantes como para profesionales y tomadores de decisión interesados en impulsar transformaciones reales en el entorno construido. Que estas páginas contribuyan a fortalecer redes de colaboración, inspirar nuevas preguntas y promover acciones coherentes con una ética del cuidado del ambiente y de la vida.

**Mario Andrés Calvachi Morillo, Ph.D.**

Líder Grupo de Investigación ALARIFE

Programa de Arquitectura

Universidad CESMAG



# INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO: UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN NORTE DE SANTANDER

## Resumen:

### Autores:

Janet Bibiana García-Martínez<sup>1</sup>

Jorge Sánchez Molina<sup>2</sup>

Mildred Katherine Morales Jiménez<sup>3</sup>

### Palabras clave:

CO<sub>2</sub>, crecimiento económico global, desarrollo de infraestructuras, estrategias de sostenibilidad.

La industria del cemento es clave para el desarrollo de infraestructuras y el crecimiento económico global, pero su producción genera preocupaciones ambientales, como emisiones de gases de efecto invernadero y alta demanda de recursos naturales. Este proyecto evalúa los impactos ambientales de la producción de bloques de concreto en Norte de Santander, Colombia, mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que permite cuantificar los efectos ambientales de un producto desde la extracción de materias primas hasta su producción.

La investigación utiliza bases de datos en línea y estudios previos de la Universidad Francisco de Paula Santander, complementados con el modelado de procesos de producción en el software OPENLCA. Los resultados preliminares muestran que la producción de concreto en la región contribuye significativamente a las emisiones de CO<sub>2</sub>, especialmente en las etapas de producción y transporte. También se destaca la necesidad de optimizar el consumo de energía y gestionar los recursos de manera eficiente para mitigar estos impactos. El estudio subraya la efectividad del ACV como herramienta para comprender los efectos ambientales y la importancia de adoptar prácticas sostenibles en la industria del cemento, sirviendo como base para futuras investigaciones y estrategias de sostenibilidad en la construcción.

- <sup>1</sup>Grupo de Investigación en Procesos Ambientales (GIPROAM), Departamento del Medio Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander. janetbibianagm@ufps.edu.co
- <sup>2</sup>Centro de Investigación en Materiales Cerámicos – CIMAC, Universidad Francisco de Paula Santander. Mildredkatherinemj@ufps.edu.co
- <sup>3</sup>Grupo de Investigación en Procesos Ambientales (GIPROAM), Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad Francisco de Paula Santander. jorgesm@ufps.edu.co



## Introducción

La industria del cemento y su papel fundamental en la edificación de viviendas, carreteras, puentes y otras infraestructuras críticas ha contribuido significativamente al crecimiento económico mundial (Mikulčić et al., 2016). Sin embargo, esta industria también es una de las mayores fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), debido al uso intensivo de energía y recursos naturales en su proceso de producción. Se estima que la producción de cemento contribuye entre el 5% y el 7% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> (León-Vélez & Guillén-Mena, 2020).

En respuesta a estos desafíos, el presente estudio busca evaluar los impactos ambientales asociados con la producción de bloques de concreto en la región de Norte de Santander, Colombia, utilizando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Esta metodología permite evaluar de manera integral los efectos ambientales de un producto a lo largo de todas sus etapas de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. A través del uso del software OPENLCA y la revisión de datos bibliográficos y estudios previos realizados en la Universidad Francisco de Paula Santander, este estudio pretende identificar oportunidades para reducir la huella de carbono y promover prácticas más sostenibles en la industria del cemento en la región.

## Metodología

La metodología del estudio sigue los lineamientos de las normas ISO 14040 e ISO 14044, que establecen un marco para realizar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de un producto. Este enfoque permite evaluar y comparar los impactos ambientales en todas las etapas de su ciclo de vida, proporcionando una visión integral de los efectos ambientales generados desde la extracción de materias primas hasta la disposición final del producto (ICONTEC, 2022). El proceso se llevó a cabo en varias etapas:

### Definición del objetivo y alcance

El objetivo principal del estudio es evaluar los impactos ambientales de la producción de bloques de concreto en Norte de Santander. El alcance del estudio abarca desde la extracción de materias primas hasta la obtención del producto. Se consideraron todas las entradas y salidas relevantes, incluyendo energía, agua, materias primas, emisiones atmosféricas, vertimientos líquidos y residuos sólidos (ICONTEC, 2021).

### Inventario del Ciclo de Vida (ICV)

En esta etapa, se recopilaron datos específicos de la producción de bloques de concreto en la región, utilizando fuentes primarias (como datos de plantas locales de producción) y secundarias (como estudios previos y bases de datos bibliográficas en línea). Los datos se estructuraron para incluir todas las actividades relevantes del ciclo de vida del producto (Ladrillera Mecanizada, 2021).

### Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

Se utilizará el software OPENLCA para crear un modelo detallado del ciclo de vida de los bloques de concreto, simulando diferentes escenarios de producción y transporte (Ladrillera Mecanizada, 2021). Esto permitirá cuantificar las emisiones de GEI y otros impactos ambientales asociados con cada etapa del ciclo de vida. La evaluación de los impactos ambientales se realizará utilizando la metodología ReCiPe, que permite evaluar los impactos en diferentes categorías, como cambio climático, toxicidad humana y ecotoxicidad.

Los resultados de esta evaluación proporcionaron información crítica sobre las etapas del ciclo de vida que generan los mayores impactos ambientales, permitiendo identificar oportunidades para reducir estos impactos.

Interpretación y propuestas de mejora. Los resultados obtenidos se interpretarán para identificar las principales fuentes de impacto ambiental y se desarrollarán propuestas de mejora.

## Avances

El estudio ha avanzado significativamente en la identificación de las etapas de producción de los bloques de concreto y en la recopilación de datos necesarios para realizar un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) detallado. A continuación, se presenta un resumen de las etapas involucradas en el proceso de producción de bloques de concreto, así como un diagrama de flujo que muestra las entradas y salidas para la producción de un bloque de concreto, y una tabla con las cantidades específicas asociadas a cada etapa del proceso.

### Etapas de Producción del Bloque de Concreto

El proceso de producción de bloques de concreto incluye varias etapas fundamentales, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto final. A continuación, se describen las etapas principales:



## Recepción de Materias Primas

Las materias primas, como el cemento, agregados finos (arena) y gruesos (grava), agua y aditivos, son recibidas y almacenadas en condiciones adecuadas para evitar la contaminación y mantener su calidad (Fonseca, 2018).

## Dosificación

Los materiales se dosifican en las proporciones adecuadas según el diseño de la mezcla. Este proceso se realiza mediante tolvas de alimentación y dosificadores, asegurando una correcta distribución de los componentes.

## Mezclado

La mezcla de cemento, agregados finos y gruesos se realiza en seco para garantizar una distribución uniforme de los materiales. Posteriormente, se añade agua hasta alcanzar el punto óptimo de humedad, verificando mediante pruebas de plasticidad.

## Moldeado

La mezcla se transporta a la máquina vibro compactadora, donde se realiza el moldeo de los bloques de concreto. Durante esta etapa, se aplican vibraciones para compactar la mezcla y eliminar espacios vacíos.

## Fraguado y Curado

Después del moldeo, los bloques se desmoldean y se llevan a un área cubierta para el fraguado inicial durante 24 horas. Luego, se realiza un curado durante 7 días, manteniendo los bloques húmedos para asegurar un endurecimiento adecuado.

Almacenamiento del Producto Terminado: Los bloques curados se almacenan en un lugar seco y protegido, listos para su distribución y uso final.

TABLA 1 Inventario del proceso de producción de bloque de concreto

Etapa del Proceso	Material o Insumo	Cantidad para 1 kg de Bloque	Gasto Energético o (kWh)	Salida/Producto
Recepción de Materias Primas	Cemento Arena Fina Arena Gruesa Agua Aditivos	0.14 kg 0.34 kg 0.43 kg 0.09 L 0.0014 kg -	0.05	Materias primas en almacén
Dosificación	Materias primas	-	0.93	Material dosificado listo
Mezclado	Cemento, Arena Fina, Arena Gruesa, Agua	-	0.06	Mezcla homogénea de concreto
Moldeado	Mezcla de concreto	-	1.62	Bloque moldeado
Fraguado y Curado	Agua	0.14 L	0.18	Bloque fraguado y curado
Transporte y Almacenamiento	Bloques de concreto	-	0.01	Bloque almacenado
<b>Total</b>	-	-	2.85 kWh	<b>Producto final: 1kg de bloque deconcreto</b>

Los resultados obtenidos en las etapas de análisis preliminar han identificado que las mayores fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo energético se concentran en las etapas de dosificación, mezclado, moldeo y curado. El uso de maquinaria como mezcladoras, vibrocompactadoras y cámaras de secado contribuye significativamente al gasto energético total del proceso. Además, el transporte de materias primas y productos terminados agrega impactos adicionales debido al consumo de combustibles fósiles.

Se han identificado oportunidades de mejora, como la reducción del consumo de energía mediante el uso de tecnologías más eficientes y la optimización de las rutas de transporte. La adopción de materiales reciclados en la mezcla también podría reducir la necesidad de extraer materias primas, disminuyendo el impacto ambiental del proceso.

## Conclusiones

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ha demostrado ser una herramienta eficaz para evaluar los impactos ambientales asociados con la producción de bloques de

concreto en Norte de Santander. Los resultados preliminares subrayan la necesidad urgente de adoptar prácticas más sostenibles en la industria del cemento, tales como la optimización del consumo energético, la incorporación de materiales reciclados, y la implementación de tecnologías limpias. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y para la formulación de estrategias que promuevan la sostenibilidad en el sector de la construcción.

## Referencias

- Fonseca, E. (2018). Evaluación comparativa de concreto con agregado natural y concreto a partir de agregado reciclado de prefabricados de concreto, bajo un análisis de ciclo de vida. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia ]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76966>
- ICONTEC. (2021). Gestión Ambiental - Análisis del ciclo de vida — [Software] ISO 14044:2021. <https://www.openlca.org>
- ICONTEC. (2022). Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2022). <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-iso-gestion-ambiental-analisis-de-ciclo-de-vida-principios-y-marco-de-referencia-ntc-iso14040-2022.html>
- Ladrillera mecanizada. (2021). Nuestras Notas. <https://www.ladrillramecanizada.com/blog/el-origen-de-la-arcilla/>
- León-Vélez, A., & Guillén-Mena, V. (2020). Energía contenida y emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de fabricación del cemento en Ecuador. *Ambiente Construido*, 20 (3), 611- 625.
- Mikulčič, H., Klemeš, J. J., Vujanović, M., Urbaniec, K., & Duić, N. (2016). Reducing greenhouse gasses emissions by fostering the deployment of alternative raw materials and energy sources in the cleaner cement manufacturing process. *Journal of cleaner production*, 136, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.145>



# IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE PEREIRA

## Resumen:

### Autores:

Mario Andrés Ojeda Casanova  
mario.ojeda@ucp.edu.co

Luís Fernando Osorio Salgado  
luis.osorio@ucp.edu.co

### Palabras clave:

isla de calor urbana, variabilidad térmica urbana, zonas climáticas locales.

El presente documento aborda la identificación de las condiciones climáticas y medioambientales específicas de la zona urbana de Pereira, y su influencia en la aplicación de estrategias proyectuales adaptadas a dichas condiciones. Como primer paso, se propone cartografiar el clima urbano de Pereira para analizar el comportamiento térmico y las variaciones entre sus diferentes zonas. Posteriormente, se examinará la relación entre la morfología urbana y los factores climáticos, lo que permitirá establecer una sectorización de zonas climáticas homogéneas, formulando también recomendaciones de planificación urbana y diseño con un enfoque bioclimático contextual, orientadas al desarrollo de proyectos urbanísticos y arquitectónicos acordes a las particularidades climáticas de la ciudad.

Se plantea el método de ejecución de este estudio la propuesta del uso de herramientas para la creación de un conjunto de mapas climáticos urbanos (UCM) para Pereira. En una primera fase, se utilizará QGIS para generar estos mapas, empleando datos satelitales de LandSAT 8 y Google Earth Engine para detectar cambios y mapear tendencias. Además, se integrará información de fuentes como NOAA, Copernicus Climate Data Store y la Red Hidroclimatológica de Risaralda. En una segunda fase, se levanta información urbana tridimensional, considerando variables como topografía, densificación, alturas edificadas, materiales y estructura ecológica.

Se obtiene de manera preliminar mapas de superficie térmica los cuales se contrastan mediante el uso del método de Evaluación de la Zona Climática Local (ZCL) para clasificar los contextos urbanos de Pereira. La metodología analiza la combinación de variables para clasificar las ZCL en función de estas características urbanas.

Grupo de Investigación en Arquitectura y Diseño – GAD (COL0053231)  
Facultad de Arquitectura y Diseño Universidad Católica de Pereira



# Introducción

Las islas de calor o islas térmicas se refieren al patrón térmico que se encuentra en sitios altamente urbanizados en el centro o en la periferia de las ciudades, provocando como consecuencia el establecimiento de un clima urbano, situación que contrasta fuertemente la diferenciación entre las zonas urbanas y rurales. Estas, son generadas por la pérdida de cobertura vegetal la cual es substituida por superficies impermeables como planos horizontales rígidos, edificios de concreto, ladrillo y otros materiales de construcción, dando como resultado el cambio en el balance hídrico y radiactivo superficial, generando, por lo tanto, aumentos en la temperatura de las áreas urbanizadas. La identificación de estas islas térmicas permite desarrollar medidas de planeación, mitigación del riesgo ambiental y social y proyección urbanístico-arquitectónica consciente de la verdadera condición climática urbana y su variabilidad e incremento proyectado en el tiempo.

Con el fin de conocer el comportamiento de la variabilidad térmica, se realiza el análisis de información satelital y de estaciones hidrometereológicas principalmente, en un rango temporal de 10 años. Los resultados esperados, se prevé muestren patrones y evidencia de transformación térmica (calentamiento) diferenciado, de acuerdo con la constitución urbanística y geomorfológica particular en la ciudad de Pereira, logrando de esa manera establecer una caracterización de zonas homogéneas térmicas urbanas y como medida final, establecer acciones a manera de estrategias proyectuales para el diseño urbano y arquitectónico acorde a la situación contextual ambiental-climática de la ciudad.

En cuanto al objeto de la propuesta de investigación en desarrollo, se presentan los siguientes alcances, los cuales determinan el marco de actuación del estudio climático-medioambiental propuesto para el contexto descrito, el cual es, Identificar las condiciones climáticas y medioambientales particulares presentes en la zona urbana de la Ciudad de Pereira, y como estas influirían en la aplicación de estrategias proyectuales como respuesta a cada situación. Para lograr lo anterior, se propone como elementos subsecuentes asociados a este objetivo y como primera medida se encuentra, Cartografiar el clima urbano de Pereira, el cual será la acción primordial para determinar el comportamiento térmico y la diferenciación de este entre las distintas zonas urbanas de la ciudad.

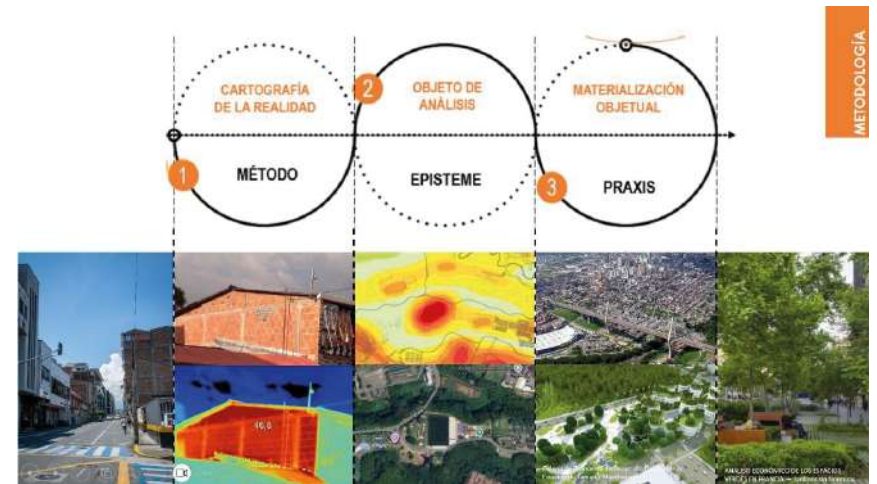
Como segunda instancia, se plantea el análisis frente a la relación entre la distribución morfológica de su forma urbana y la forma edificada en correlación con la incidencia de los factores climáticos- medioambientales particulares según la zona, con lo cual se pretende plantear una sectorización que conlleve a la identificación de zonas climáticas homogéneas.

Y finalmente, se plantea la formulación de recomendaciones a manera de estrategias de planificación urbana y de diseño con fundamentos bioclimáticos contextuales para el desarrollo de proyectos urbanísticos y arquitectónicos acordes a la condición climático-ambiental presente en la zona urbana de la ciudad de Pereira.

# Metodología

Metodológicamente, se plantean 3 momentos para el desarrollo de la propuesta en correspondencia directa a la resolución de los objetivos planteados.

FIGURA 1 Estructura del desarrollo metodológico propuesto



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA		Línea de Investigación en Técnica, Tecnología y Sostenibilidad		Facultad de Arquitectura y Diseño Arquitectónico	
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Identificar las condiciones climáticas y medioambientales particulares presentes en la zona urbana de la Ciudad de Pereira, y como estas influirían en la aplicación de estrategias proyectuales como respuesta a cada situación.	<b>METODOLOGÍA</b>	CARTOGRAFÍA DE LA REALIDAD (Iniciativa)	<b>ACTIVIDADES METODOLÓGICAS RELACIONADAS</b>	Levantamiento y estudio de información (mapas, cartografía, datos climáticos)
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	1. Conocer el comportamiento del clima en la ciudad de Pereira.	<b>OBJETO DE ANÁLISIS</b> (Iniciativa)	OBJETO DE ANÁLISIS	Protección solar, orientación, techos, alinas, ventilación, urbanismo, condiciones de sostenibilidad (condiciones establecidas en las certificaciones como estándares de buenas prácticas)	<b>EJECUCIÓN</b>
	2. Sectorizar la ciudad por zonas climáticas homogéneas, haciendo énfasis en las áreas de desarrollo urbanístico actuales.				
	3. Establecer acciones de implementación a manera de estrategias proyectuales (bioclimáticas / acciones pasivas) edificatorias y especiales, según sea el caso.	<b>MATERIALIZACIÓN OBJETUAL</b> (Iniciativa)	MATERIALIZACIÓN OBJETUAL	Validación por medio de mediciones y simulaciones. Aplicación de validación de condiciones de sostenibilidad y de habitabilidad de las propuestas.	<b>BENEFICIOS ESPERADOS</b> (vinculados al propósito de investigación e fundamentados para concretarse dentro UCP)
	4. Proponer proyectos entorno al hábitat y vivienda (densificada / abierta), que respondan al contexto climático y medioambiental.				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización Climática base de Pereira por zonas homogéneas.</li> <li>- Formulación de recomendaciones proyectuales ajustadas a la condición urbanística de Pereira, en cuanto a la respuesta proyectual acorde a la protección o aprovechamiento de las condiciones de ventilación, humedad y viento, aplicables al diseño de edificaciones (como hipótesis proyectual a ser validada).</li> </ul>

Nota. Fuente: Elaboración Propia.



Como primer momento, para efectuar el análisis de información, levantamiento y obtención de datos, así como la adquisición de información técnica, se plantea el uso de software QGIS para crear un conjunto temático de mapas climáticos urbanos para Pereira. Los datos ambientales para construcción de estos productos resultado del cruce de información, se basa en información de imágenes satelitales obtenidas de LandSAT 8 como fuente principal y como complemento, se plantea el uso de Google Earth Engine para detectar cambios, mapear tendencias y cuantificar diferencias en la superficie de la zona de estudio. Sumado a lo anterior, se consulta y se extrae información referencial del Servicio Meteorológico Nacional de EE. UU (NOAA), La agencia europea de observación de la Tierra Copernicus Climate Data Store<sup>1</sup> y la Red Hidroclimatológica de Risaralda (<http://www.redhidro.org/home/>), esta última como fuente de contextualización de los datos.

Se aplicará como herramienta complementaria, el uso del software Meteonorm, el cual permite triangular información de estaciones del CATÁLOGO NACIONAL DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS y la información suministrada por METEOROLOGÍA AERONAUTICA, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, principalmente. La información obtenida por el cruce de los insumos dados por los recursos anteriores, se espacializarán generando la base de información de UCM (Urban Climate Maps) para la ciudad de Pereira.

En el segundo momento, se construye tridimensionalmente el contexto a analizar, a partir del levantamiento de información urbana de la forma edificada (conformación urbana, topografía, densificación de manzana, alturas edificadas, materiales, cobertura vegetal, estructura ecológica principal, anchos de cañón de calle asociado a los perfiles viales existentes y tipo de densificación).

Se plantea de igual forma, la identificación de materialidades aplicados en el entorno urbanístico y edificatorio y su comportamiento frente a la inercia térmica asociada, además de la respuesta antrópica expuesta en el espacio.

Esta relación de información se contrastará con los datos climáticos triangulados por zonas de comportamiento climático-ambiental contextual, determinando un acercamiento a la caracterización de zonas climáticas homogéneas en el espacio urbano de la ciudad de Pereira, especializado mediante el recurso de UCM (Urban Climate Maps).

Y en última instancia, se pretende presentar una serie de estrategias, a manera de recomendación proyectual, frente a la orientación edificatoria frente a la reducción de inserción solar directa y aprovechamiento del flujo de viento dominante, densidad, cañón de calle (perfil vial deseado), cobertura de sombra y materialidad, esta última tanto en el ámbito urbano como arquitectónico, según la zona homogénea climática.

La metodología y las funcionalidades desarrolladas en esta propuesta de investigación pretenden ser útiles para la comunidad climática urbana y los planificadores urbanos basados en el estudio de las zonas climáticas locales - ZCL (LCZ por sus siglas en inglés) las cuales pueden proporcionar datos de entrada para modelos climáticos numéricos que incorporan parámetros sobre variables climáticas y pronosticar la isla de calor urbana - ICU (UHI por sus siglas en inglés).

El proyecto se encuentra en fase de desarrollo, por lo cual se cuenta con aproximaciones frente a la contextualización de la situación térmica superficial, con lo cual se inicia con la diferenciación de periodos, en donde se establece las temporalidades con mayor y menor afectación radiativa para la ciudad de Pereira (datación multitemporal), teniendo como primer escenario la comuna Centro dada su configuración y densificación, generando un Mapa Térmico de Superficie, como elemento base, como se muestra en la figura 2.

FIGURA 2 Área urbana Municipio de Pereira

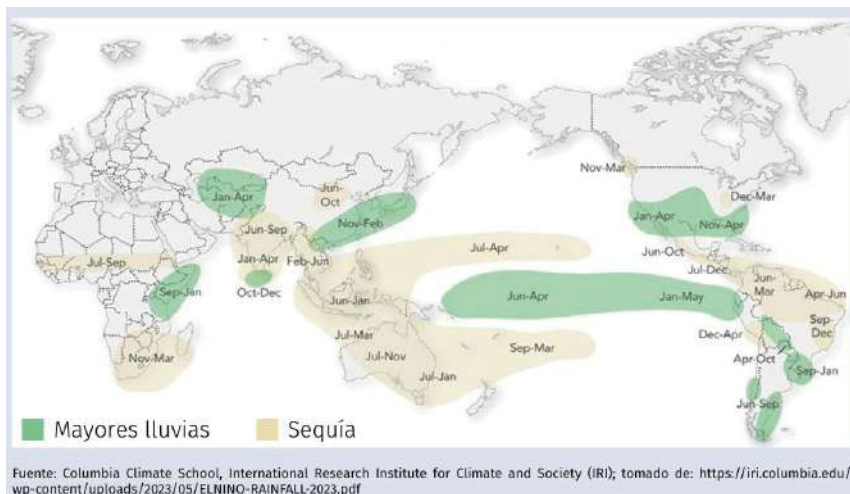


**Nota.** La extensión geográfica urbana de Pereira es de 702 km<sup>2</sup> y se encuentra a una altura promedio de 1.411 msnm (900 msnm corregimiento Caimalito a 1700 msnm corregimiento La Florida) y cuenta con una temperatura promedio de 21°C. Clima cálido el 9.9 %, clima medio el 60.7 %, clima frío el 11.5%, páramo 17.7% (<https://www.pereira.gov.co/publicaciones/18/geografia/>). El clima de Pereira es templado – húmedo (IDEAM). Tomado de Google Earth

<sup>1</sup>Los datos suministrados por esta database, requiere ser evaluado con herramientas de procesamiento de registros con capacidades para hacer gráficos, regresiones y estadísticas. Este recurso será aplicado mediante Python y librerías relacionadas como acción y recurso de uso de Tecnologías transversales asociadas a Big Data Analytics, estimando un periodo de tiempo de análisis de entre 5 a 10 años, usando datos disponibles de precipitación, humedad y temperatura.

Para lograr lo manifestado anteriormente, se parte de la hipótesis de cómo sería el escenario de incremento de temperatura en un futuro para la ciudad de Pereira y cuál sería su comportamiento frente a esta condición. Es entonces que, bajo este supuesto, se toma como atmósfera cercana a esta premisa, lo experimentado en este contexto durante el periodo del fenómeno producido por fase cálida del patrón climático del Pacífico ecuatorial, como se observa en la figura 3.

**FIGURA 3** Impacto del Fenómeno del Niño sobre las precipitaciones globales



**Fuente:** Informe de Política Monetaria | octubre de 2023.

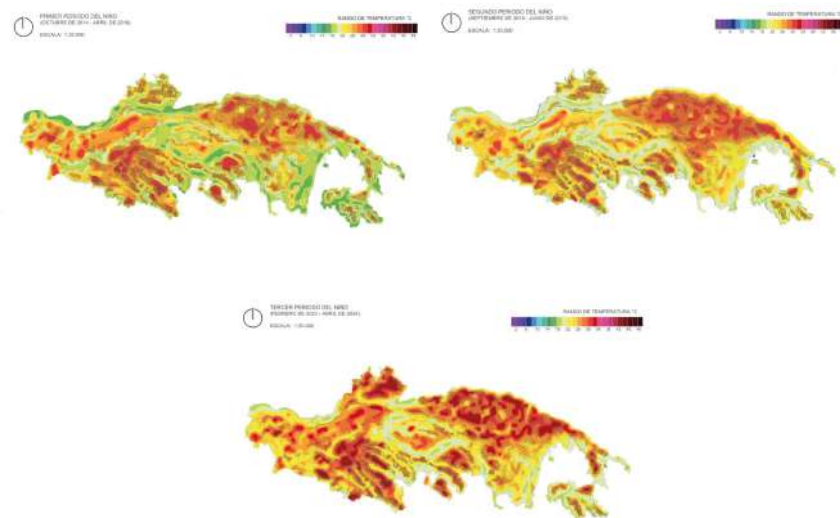
Para esto nos referimos a dos antecedentes, el primero, el Annual 2023 Global Climate Report<sup>2</sup> de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) el cual advierte que el 2023 fue el año más cálido para la Tierra (y que, al momento de la presentación de este documento, se presenta el récord de 15 meses con la mayor temperatura nunca antes registrada) y como segunda fuente, la caracterización del Fenómeno del Niño para Colombia dada en el Informe de Política Monetaria del Banco de la República<sup>3</sup>.

Esta última ha servido para marcar un punto de partida frente a la condición de incremento progresivo de temperaturas a causa del Cambio Climático Antropogénico. Así pues, se establece como rango y parámetro de estudio, la caracterización de los últimos 3 periodos del fenómeno del niño, siendo estos:

- Octubre de 2014 a abril de 2016 (intensidad débil)
- Septiembre de 2018 a junio de 2019 (intensidad moderada)
- Febrero de 2023 a abril de 2024 (intensidad super fuerte)<sup>4</sup>

Para lograr visualizar el impacto de este fenómeno y su condición en este sitio de estudio, se dispone el análisis de imágenes térmicas satelitales, obtenidas por medio de USGS Earth Explorer<sup>5</sup> bajo información de Landsat 8 en las bandas 10 y 11 (Infrarojo Térmico (TIRS) 1 y 2 respectivamente) y enmarcadas por polígonos mediante QGIS para el área urbana de la ciudad de Pereira. Lo anterior tuvo como resultado la espacialización de la información como se observa en la figura 4.

**FIGURA 4** Mapas Térmicos Superficiales del área urbana del Municipio de Pereira, para los periodos de los tres últimos fenómenos del niño registrados para Colombia.

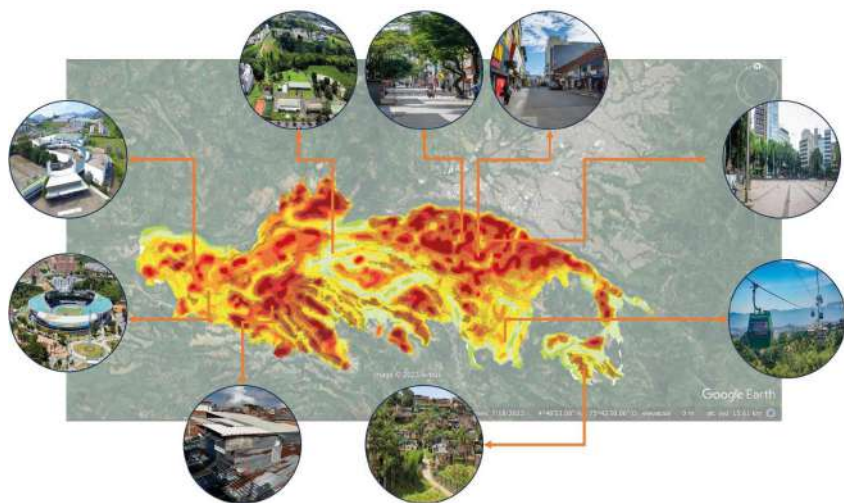


**Fuente:** Equipo de investigación.

<sup>2</sup> Annual 2023 Global Climate Report. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313/supplemental/page-6>  
<sup>3</sup> Informe de Política Monetaria | octubre de 2023. Edgar Caicedo García y Juan David Bonilla Pérez <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/0246ddd2-58c9-4ad2-b0e9-89fc3170d395/content>  
<sup>4</sup> la intensidad del fenómeno de El Niño se define a partir de ciertos rangos del ONI. Cuando las anomalías en la temperatura en la región el Niño 3-4 del océano Pacífico ecuatorial se sitúan entre 0,5° y 1,0° por encima de su media histórica durante tres periodos consecutivos (en promedios móviles de tres meses), se considera un evento de El Niño débil. Cuando estas anomalías se sitúan entre 1,0° a 1,5° se califica como un evento de El Niño moderado; entre 1,5° a 2,0° es un evento fuerte y cuando es de 2,0° o superior, un súper El Niño o extremo hace presencia.  
<sup>5</sup> <https://earthexplorer.usgs.gov>

Se establece entonces que bajo la condición del fenómeno producido por fase cálida del patrón climático (el Niño), esta se manifiesta en el contexto de estudio en concordancia a la intensidad denominada, teniendo para el primer periodo un diferencial de temperatura (temperatura promedio ambiente y temperatura superficial) expresadas en puntos calientes de 5°C, para el segundo periodo 7°C y para el último registrado de 12°C, susceptibles a ser entendidos como islas térmicas o de calor urbana (UHI), como se evidencia en la figura 5.

**FIGURA 5** Contraste de ámbitos urbanos según su localización y manifestación de concentración térmica superficial.

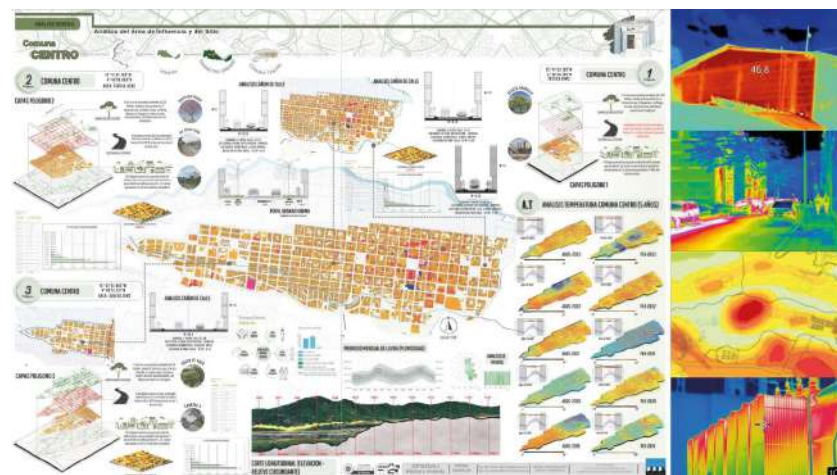


**Fuente:** Elaboración Propia.

A partir de la información obtenida, se plantea bajo la metodología de Evaluación del Esquema de Zona Climática Local (Oke, 2013) utilizando observaciones y toma de temperatura en campo haciendo uso de las simulaciones de modelos, la clasificación de contextos urbanos presentes en la ciudad. Bajo esta metodología, se revisa la combinación de la estructura de la superficie (altura y espaciado de edificios/árboles), cubierta (fracción permeable), tejido (albedo, admitancia térmica) y metabolismo (flujo de calor antropogénico), lo que arroja la clasificación de ZCL.

Como ejercicio base de aplicación de estos parámetros, y como piloto para ampliar el mismo a toda la ciudad, se caracteriza el polígono Centro, el cual generó pistas sobre la base de su condición térmica superficial, en cuanto a altura, cañón de calle, sistema arbóreo urbano descritos a continuación (ver figura 6).

**FIGURA 4** Identificación de la condición de temperatura local (LCZ) extrema presente en el municipio de Pereira, como parámetro para la proyectación ambiental urbana. Polígono Centro



**Nota:** El esquema de clasificación de la "zona climática local" (LCZ) según los parámetros para crear subclases y asignación de propiedades variables de la cobertura del suelo (Stewart et al., 2013). Fuente: Optativa en Hábitat y Vivienda (2023) y equipo de investigación.

## Hallazgos

Por el momento y como parte de la indagación, se tienen como hallazgos parciales la evidencia que, en los sectores de la ciudad de Pereira que presentan una condición de alta densificación (estructuras tipo "compact midrise"), carencia significativa de elementos arbóreos y sombra urbana, se manifiesta la expresión de concentración de temperatura directa prolongada.

El crecimiento de la ciudad se genera de manera periférica, lo que está ampliando significativamente la huella de UHI, afectando el contexto natural y productivo, por la transformación del uso del suelo y la densificación dispersa de la ciudad.

Los resultados parciales muestran una tendencia en la existencia de contrastes térmicos entre todas las clases de LCZ, y que dichos contrastes están regidos en gran medida por la altura y el espaciamiento de los edificios, la fracción de superficie permeable, la densidad de árboles y la humedad del suelo.

Este es el primer paso para la construcción de mapas térmicos de contraste entre la información superficial y la del entorno ambiental, para la consolidación de mapas climáticos urbanos (Urban Climate Maps) para la ciudad de Pereira.

Como ya se ha mencionado, se encuentra una diferencia significativa de temperatura entre el clima contextual y algunos sectores urbanizados de la ciudad.

## Discusiones

La academia como actor territorial, tiene el deber (y la obligación) de actuar de manera positiva en la búsqueda del bienestar de los habitantes y de la condición de vida de estos en los entornos urbanos en los que se sitúan, siendo este es un ejercicio diagnóstico de la condición térmica urbana, el cual busca instaurar parámetros actuales frente a la situación climática de la ciudad de Pereira.

Se busca que sea una herramienta que permita monitorear las intervenciones urbano-arquitectónicas y sus posibles afectaciones a la condición climático-ambiental del área urbana de Pereira, y así permitir la toma de decisiones para una adecuada planificación urbana de la ciudad en el marco de la mitigación de los impactos del cambio climático en nuestras ciudades, así mismo se abre la posibilidad de la implementación a futuro de un Observatorio Climático Urbano con proyección a las ciudades del Área Metropolitana Centro Occidente (AMCO).

## Referencias

- Alcaldía de Pereira. (8 de junio de 2021). Geografía. <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/18/geografia/>
- Arellano, B. (2015). Planificación Urbana y Cambio Climático. [Sesión de conferencia] International Conference on Regional Science. Innovation and Geographical Spillovers: New Approaches and Evidence. Universitat Rovira I Virgili. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84561/Planificaci%F3n+urbana+y+cambio+clim%Etico.pdf?sequence=1>
- Banco de la República. (octubre de 2023). Informe de Política Monetaria <https://www.banrep.gov.co/es/publicaciones-investigaciones/informe-politica-monetaria/octubre-2023>
- Hernández, A. (2013). Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas. Bragança [Portugal]: Instituto Politécnico de Bragança.
- National Centers for Environmental Information. (2023). Global Climate Report. Monthly Climate Reports. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>
- ONU-Hábitat (2011). Planning for Climate Change. A Strategic Value Based Approach for Urban Planners. Nairobi.
- Roncancio, D. (2013). Study of heat island phenomenon in an Andean Colombian tropical city, case of study: Manizales-Caldas, [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales.
- Sánchez, R (2013). Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. CEPAL.
- Stewart, I. Oke, T. R, Krayenhoff, E. (2013). Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. Int. J. Climatol. 34, 1062–1080.
- Therán, K., Rodríguez, L., Mouthon, S., & Manjarres, J. (2019). Módulo Arquitectura - CUC, 23(1), 49–88. <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.04>

# BIOARQ: UN LABORATORIO EXPERIMENTAL PARA LA ARQUITECTURA DEL CLIMA EXTREMO EN LA FRONTERA ANDINA DE COLOMBIA Y VENEZUELA

## Autores:

Elkin Raúl Gómez Carvajal  
Universidad de Pamplona  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8581-4374>

Marlyn Stephanny Narváez Ortega  
Universidad de Pamplona  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2189-3066>

## Palabras clave:

arquitectura bioclimática, climas semiáridos, sostenibilidad energética, materiales constructivos, laboratorio experimental

## Keywords:

Bioclimatic architecture, Arid climates, Energy sustainability, Construction materials, Experimental laboratory

## Resumen:

El proyecto BIOARQ: Laboratorio Experimental para la Arquitectura del Clima Extremo en la Frontera Andina responde a los desafíos climáticos y constructivos en la región fronteriza entre Colombia y Venezuela. Situado en los municipios de Pamplona y Villa del Rosario, donde las condiciones climáticas varían entre climas áridos fríos y cálidos, la industria de la construcción sigue utilizando materiales poco adaptados al contexto climático binacional, BIOARQ se propone como un laboratorio experimental a cielo abierto. Su objetivo es evaluar el comportamiento físico-térmico de materiales y tecnologías constructivas para desarrollar alternativas constructivas que se puedan implementar en diferentes contextos climáticos binacionales.

A través de una caracterización climática precisa y la experimentación in situ en módulos a escala real, el proyecto busca fomentar la adopción de estrategias de diseño bioclimático y sistemas constructivos con bajo impacto energético. El laboratorio no solo busca respuestas técnicas, también apuesta por una sinergia entre lo construido, lo natural y la innovación, desafiando los enfoques tradicionales de la industria. En un contexto donde la sostenibilidad es una obligación, este proyecto se proyecta como un modelo replicable que contribuye al desarrollo de edificaciones energéticamente eficientes y resilientes.

## Abstract:

*The BIOARQ: Experimental Laboratory for Extreme Climate Architecture in the Andean Border project addresses the climatic and construction challenges in the border region between Colombia and Venezuela. Located in the municipalities of Pamplona and Villa del Rosario, where climatic conditions range from cold to warm arid climates, the construction industry continues to use materials poorly adapted to the binational climate context. BIOARQ emerges as an open-air experimental laboratory with the objective of evaluating the thermal-physical behavior of construction materials and technologies to develop alternative construction solutions that can be implemented in diverse climatic contexts on both sides of the border.*

*Through a precise climatic characterization and in-situ experimentation using full-scale modules, the project aims to promote the adoption of bioclimatic design strategies and low-energy construction systems. The laboratory not only seeks technical solutions, but also advocates for a synergy between the built environment, nature, and innovation, challenging the traditional approaches of the construction industry. In a context where sustainability is a necessity, this project is envisioned as a replicable model that contributes to the development of energy-efficient and resilient buildings.*



## Introducción

En un contexto global donde el cambio climático se presente como un escenario de riesgo para la habitabilidad del ser humano, la arquitectura se enfrenta al reto de adaptarse a estas condiciones, consolidándose como un campo de estudio para el estudio de temáticas asociadas a la construcción sostenible, la implementación de sistemas constructivos bioclimáticos, y retos de planeación urbana sostenible entre otros. En la frontera entre Colombia y Venezuela, los municipios de Pamplona y Villa del Rosario ejemplifican este desafío, con climas semiáridos tanto fríos como cálidos y una intensa actividad en la industria de la construcción, dominada por el uso de materiales cerámicos poco adecuados para las condiciones climáticas locales y de alto consumo energético en su proceso de producción.

El proyecto BIOARQ se presenta como una un proyecto innovador a esta problemática; es un laboratorio experimental a cielo abierto, diseñado para evaluar el comportamiento físico-térmico de materiales y tecnologías constructivas bajo condiciones climáticas extremas. A diferencia de enfoques convencionales, el laboratorio se centra no solo en la durabilidad de los materiales, sino en su capacidad para adaptarse a los diferentes entornos climáticos que su subsisten en la frontera binacional entre Colombia y Venezuela.

La metodología a implementar en el proyecto es rigurosa pero flexible, enfocándose en la adaptabilidad de los materiales y los sistemas constructivos a las condiciones climáticas locales. A través de una colaboración con el IDEAM (2024), se llevará a cabo una caracterización climática detallada para comprender cómo factores como la temperatura, la humedad y los vientos dominantes impactan las decisiones arquitectónicas en los dos municipios. Los datos obtenidos guiarán el diseño e implementación de prototipos constructivos con el objetivo de minimizar el consumo energético, proporcionando alternativas más sostenibles y eficientes en comparación con los sistemas constructivos tradicionales.

Los resultados obtenidos en este laboratorio experimental permitirán evaluar el impacto físico térmico de los sistemas constructivos convencionales de la industria ladrillera de frontera y permitirá el desarrollo de soluciones arquitectónicas bioclimáticas que puedan ser replicadas en otras regiones con condiciones similares.

## Fundamentos teóricos para la Arquitectura y la Sostenibilidad en Climas Áridos Fronterizos

El fortalecimiento de los procesos de investigación en arquitectura sostenible se fundamenta en la necesidad de desarrollar y validar metodologías que permitan generar soluciones innovadoras desde una perspectiva térmica y bioclimática. En contextos de climas extremos, como los municipios de Pamplona y Villa del Rosario, ubicados en la frontera entre Colombia y Venezuela, la construcción tradicional ha fallado en responder adecuadamente a las condiciones climáticas locales, resultando en un uso ineficiente de los recursos energéticos. El proyecto BIOARQ se inscribe en esta necesidad, abordando la problemática desde la experimentación in situ y la validación de soluciones constructivas adaptadas al entorno árido frío y cálido, con el fin de contribuir a una arquitectura sostenible y resiliente.

En este contexto, se integran nuevos enfoques y herramientas que buscan optimizar tanto la enseñanza en arquitectura como la investigación aplicada. Asimismo, los procesos de formación curricular en arquitectura se articulan a estas innovaciones, orientándose hacia la sostenibilidad, la economía circular, y la mitigación del impacto del cambio climático en los procesos de diseño y construcción. A partir de lo anterior se da paso a la definición del estado del arte que da soporte al laboratorio soportado en los siguientes postulados.

## Propiedades físicas de los materiales de construcción

La comprensión de las propiedades físicas de los materiales de construcción es esencial para evaluar su comportamiento en entornos climáticos extremos. Estas propiedades, que incluyen resistencia, elasticidad, densidad y conductividad térmica, determinan la idoneidad de un material para determinadas aplicaciones arquitectónicas. En climas áridos fríos y cálidos, estas características adquieren un valor estratégico al influir directamente en la eficiencia energética y el confort térmico de las edificaciones.

Como señalan Ashby y Jones (2011), la resistencia, densidad, elasticidad y conductividad térmica de los materiales determinan no solo su capacidad estructural, sino también su eficiencia energética en función de las condiciones climáticas. En climas áridos, donde las temperaturas varían drásticamente entre el día y la noche, la conductividad térmica de los materiales cobra una importancia vital, ya que afecta directamente la transferencia de calor y, por ende, el confort térmico de los ocupantes.

El proyecto busca integrar este enfoque, evaluando materiales constructivos tradicionales y nuevos, como los cerámicos, para verificar su adaptabilidad a las condiciones de la región andina y proponer alternativas más eficientes.

## Transferencia de calor en los edificios

La transferencia de calor en los edificios es un fenómeno clave en la arquitectura bioclimática, ya que afecta tanto el confort térmico como la eficiencia energética. De acuerdo con Bergman y Lavine (2011), los tres modos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) deben ser comprendidos en profundidad para diseñar sistemas constructivos que maximicen el confort térmico sin incrementar el consumo energético. En regiones con grandes oscilaciones térmicas, como Pamplona y Villa del Rosario, el diseño eficiente de los sistemas de calefacción y refrigeración requiere un entendimiento detallado de cómo se transfiere el calor a través de los materiales de construcción. Este tipo de análisis será esencial para la validación de los sistemas constructivos en los módulos experimentales, proporcionando datos sobre el comportamiento de los materiales en condiciones reales, tanto en clima árido cálido como frío.

## Eficiencia energética en la construcción

La eficiencia energética se refiere a la capacidad de optimizar el uso de energía en los edificios, reduciendo el consumo y minimizando el impacto ambiental. Según Santamouris (2012), la eficiencia energética no se logra únicamente mediante el uso de materiales avanzados, sino también a través de la integración de estrategias de diseño pasivo que aprovechen al máximo las condiciones climáticas locales. Esto incluye el diseño de la envolvente térmica de los edificios, el uso adecuado de los materiales, y la incorporación de tecnologías renovables cuando sea posible. En climas extremos, como los semiáridos, la eficiencia energética no es solo un objetivo deseable, sino una necesidad para la sostenibilidad a largo plazo.

El proyecto se apoya en este postulado ya que busca la creación de soluciones constructivas que maximicen la eficiencia energética, incorporando tecnologías que permitan minimizar las pérdidas de calor y maximizar el aprovechamiento de los recursos climáticos locales; de esta manera se busca aplicar estas estrategias en la frontera andina, donde los sistemas constructivos deben adaptarse a las condiciones climáticas para reducir el consumo de energía y mejorar la habitabilidad de los espacios construidos.

## Tecnologías innovadoras de la construcción

Las tecnologías innovadoras de la construcción desempeñan un papel crucial en la transformación de la industria hacia prácticas más sostenibles y ecoeficientes. Estas tecnologías abarcan desde el desarrollo de nuevos materiales con mayor capacidad térmica hasta la implementación de sistemas automatizados de gestión energética.

Pacheco-Torgal y Jalali (2011), destacan cómo el uso de nanotecnología y otros avances materiales pueden revolucionar la forma en que se diseñan y construyen los edificios, permitiendo una mayor durabilidad, resistencia y eficiencia energética. En particular, estos autores subrayan la importancia de integrar nuevas tecnologías en contextos donde los métodos tradicionales no cumplen con los requisitos de sostenibilidad y eficiencia que exigen los entornos actuales.

En el laboratorio se busca estudiar tanto materiales tradicionales como tecnologías emergentes, buscando alternativas que sean energéticamente eficientes y adaptadas al contexto climático binacional de la frontera, adoptando un enfoque innovador para probar tecnologías que ofrezcan un rendimiento superior en climas áridos, proponiendo soluciones que puedan ser replicadas en otras regiones con condiciones similares.

## Modelado y simulaciones computacionales

El modelado y la simulación computacionales son herramientas poderosas para predecir y optimizar el comportamiento térmico y energético de los edificios antes de su construcción. Estas herramientas permiten evaluar distintas estrategias de diseño y simular cómo se comportarán los materiales y sistemas constructivos bajo diferentes condiciones climáticas.

Hensen y Lamberts (2011), enfatizan que estas simulaciones permiten prever cómo se comportarán los materiales y sistemas constructivos bajo distintas condiciones climáticas, proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones en el diseño de estrategias arquitectónicas. A través de estas simulaciones, se buscará optimizar el diseño de los módulos experimentales y mejorar su rendimiento energético en climas semiáridos.

## Reglamentos y normas de la construcción

Los reglamentos y normas de construcción son esenciales para garantizar la seguridad, calidad y sostenibilidad de las edificaciones. Tanto las normativas internacionales como las locales establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los materiales y sistemas constructivos en cuanto a su eficiencia energética, resistencia y sostenibilidad.

ISO (s.f), ASHRAE (s.f) y ASTM (s.f), son algunas de las organizaciones que establecen las directrices para la eficiencia energética y la sostenibilidad en la construcción, proporcionando un marco técnico que orienta tanto la selección de materiales como las prácticas constructivas. Según Santamouris (2012), adherirse a estos estándares permite a los arquitectos y constructores asegurar que los edificios sean seguros, duraderos y energéticamente eficientes.

La integración de estas normativas en el diseño y construcción de los módulos experimentales permitirá que los resultados obtenidos sean replicables y válidos a nivel binacional, estableciendo un marco de referencia para la construcción sostenible en diferentes entornos climáticos.

## Tendencias Actuales en la Investigación de Materiales para Climas Extremos

El desarrollo de soluciones arquitectónicas adaptadas a climas extremos, como los presentes en las regiones fronterizas entre Colombia y Venezuela, requiere una investigación rigurosa sobre el comportamiento térmico de los materiales en condiciones reales. La arquitectura bioclimática y la sostenibilidad energética se encuentran en el centro de esta investigación, donde los métodos in situ juegan un papel crucial para validar la eficiencia energética de los materiales y los sistemas constructivos.

## Evaluación de la Transmitancia Térmica (U-value) y Métodos In Situ

La evaluación de la transmitancia térmica, comúnmente conocida como U-value, es fundamental para determinar la capacidad de un material de construcción para permitir el paso del calor. En climas como los presentes en Pamplona y Villa del Rosario, esta evaluación se vuelve aún más crucial, ya que las variaciones de temperatura entre el día y la noche presentan gran variación.

Diversos estudios han propuesto métodos para medir la transmitancia térmica in situ de manera precisa. Atsonios et al. (2018), propusieron dos métodos innovadores que permiten realizar mediciones rápidas y precisas a través de la combinación de imágenes térmicas y el registro de flujos de calor. Estos métodos han demostrado ser efectivos en climas donde las fluctuaciones térmicas son considerables, y son aplicables tanto a sistemas de construcción tradicionales como a materiales nuevos.

Por otro lado, investigaciones como la de Gaspar et al. (2018) señalan la importancia de ajustar las condiciones de prueba para garantizar la precisión de las mediciones in situ en fachadas con bajo valor U. En su estudio, se destaca que es necesario mantener diferencias de temperatura superiores a 19 °C para obtener resultados confiables en menos de 72 horas de prueba. Estos hallazgos son altamente relevantes para el proyecto, donde se evidencia la importancia de la adecuación de protocolos experimentales para obtener mediciones precisas en condiciones climáticas locales.

## Comparación de Métodos de Medición de la Resistencia Térmica

La resistencia térmica es un aspecto clave en la eficiencia energética de las construcciones. Las técnicas de medición de esta resistencia han evolucionado para permitir la evaluación in situ sin afectar la integridad de los materiales constructivos. Desogus et al. (2011), realizaron una comparación entre métodos destructivos y no destructivos para medir la resistencia térmica de las paredes, concluyendo que los métodos no destructivos ofrecen la misma precisión que los destructivos.

Este enfoque permite la evaluación de la resistencia térmica de los sistemas constructivos se realizará en módulos a escala real sin comprometer su estructura. Este tipo de mediciones permitirá obtener datos fiables que guiarán el diseño de soluciones constructivas más eficientes para climas áridos fríos y cálidos. Las mediciones en tiempo real proporcionarán información crítica para el ajuste de las estrategias constructivas que permitan optimizar la transferencia de calor, reduciendo así el consumo energético de los edificios.

## Condiciones Higrotérmicas en Muros de Mampostería

Las condiciones higrotérmicas son otro factor esencial en la validación de sistemas constructivos para climas extremos. Hansen et al. (2011), llevaron a cabo estudios

a largo plazo en edificios históricos en Dinamarca, donde evaluaron el rendimiento térmico de muros de mampostería con aislamiento interno. Su investigación reveló que la presencia de barreras de vapor no siempre mejora el rendimiento térmico y que otros factores, como el espesor del aislamiento y los tratamientos superficiales, desempeñan un papel crucial en la eficiencia energética de los edificios.

Las pruebas higrotérmicas permitirán optimizar los sistemas de aislamiento para maximizar la eficiencia térmica en estas condiciones climáticas extremas. Además, se podrán evaluar alternativas de materiales sostenibles que respondan a la necesidad de preservar el patrimonio arquitectónico de la región, sin comprometer la eficiencia energética.

## Impacto de la Convección y la Radiación en la Transmitancia Térmica

La transferencia de calor por convección y radiación es un aspecto importante en la evaluación de la eficiencia energética de los edificios. Evangelisti et al. (2016), analizaron la influencia de estos factores en edificios con geometrías complejas, como balcones y pórticos. Encontraron que la geometría de los edificios afecta significativamente la transferencia de calor y que los coeficientes de transferencia convectiva y radiativa deben medirse por separado para obtener resultados más precisos.

Para el contexto del proyecto, donde los edificios en Pamplona y Villa del Rosario presentan frecuentemente elementos arquitectónicos complejos o la implementación de criterios de construcción vernáculos, este tipo de evaluación permitirá orientar estrategias de reducción de transferencia de calor para los sistemas constructivos vernáculos de manera que optimicen la eficiencia energética de las edificaciones. La capacidad de evaluar cómo los elementos arquitectónicos típicos de la región afectan la transferencia de calor permitirá diseñar soluciones constructivas que minimicen las pérdidas energéticas, maximizando el confort térmico de las edificaciones.

## Termografía Infrarroja y Cuantificación de la Pérdida de Calor

La termografía infrarroja ha emergido como una herramienta clave para cuantificar la pérdida de calor en edificaciones. Marino et al. (2017) utilizaron esta tecnología para evaluar la eficiencia térmica de las envolventes de los edificios, encontrando que la variación en las resistencias térmicas de las capas de aire puede afectar significativamente el rendimiento térmico de los materiales a lo largo del día. En el proyecto, la termografía infrarroja se empleará para monitorear en tiempo real la pérdida de calor en los módulos experimentales, lo que permitirá realizar ajustes en los sistemas constructivos para mejorar su rendimiento.

La capacidad de obtener datos precisos a través de la termografía permitirá evaluar la efectividad de los materiales en diferentes momentos del día, un aspecto clave en climas como los de Pamplona y Villa del Rosario, donde las variaciones térmicas entre el día y la noche son significativas.

## Eficiencia Energética en Climas Extremos: Un Enfoque Sostenible

El diseño arquitectónico para climas áridos debe combinar tanto soluciones constructivas eficientes como la implementación de tecnologías renovables. Santamouris (2012), señala que la optimización de la envolvente térmica y el uso de tecnologías pasivas son fundamentales para mejorar la eficiencia energética en estos entornos. Este enfoque busca desarrollar sistemas constructivos que no solo se adapten a las condiciones locales, sino que también minimicen el impacto ambiental mediante el uso de estrategias pasivas y materiales que contribuyan a la sostenibilidad ambiental en la región fronteriza.

La integración de tecnologías renovables y el desarrollo de materiales que maximicen la eficiencia energética permitirán que los sistemas constructivos que se desarrollen en el laboratorio sirvan como un modelo replicable en otras regiones con condiciones climáticas similares.

# Estrategia Metodológica para la Evaluación de Sistemas Constructivos en Climas Áridos

El laboratorio se desarrollará en cuatro fases, integrando una metodología experimental que se enfoca en la evaluación térmica de materiales y tecnologías constructivas bajo condiciones climáticas extremas en los municipios de Pamplona y Villa del Rosario. La metodología está diseñada para abordar la interacción entre el clima y los materiales de construcción, con el objetivo de generar soluciones arquitectónicas adaptadas a climas áridos fríos y cálidos. La estructura metodológica de puesta en marcha del laboratorio se orienta de la siguiente manera:

En una primera fase se realiza la revisión de la literatura técnica y científica relacionada con la arquitectura bioclimática, la evaluación físico-térmica de materiales y las tecnologías constructivas sostenibles, con especial enfoque en climas semiáridos. Además, se revisarán normativas internacionales y modelos de medición de la eficiencia energética en edificaciones.

El estudio incluirá investigaciones previas sobre la implementación de laboratorios experimentales a cielo abierto, donde se han evaluado materiales bajo condiciones atmosféricas reales. Asimismo, se realizarán entrevistas a docentes, investigadores, constructores y empresarios para identificar sus necesidades y expectativas con respecto al laboratorio. Esta fase servirá de base para el diseño metodológico y para establecer los parámetros que guiarán las fases de identificación y experimentación.

En una segunda fase, se procederá al reconocimiento de los sitios específicos en los municipios de Pamplona y Villa del Rosario donde se ubicarán los módulos experimentales. Utilizando técnicas de fotografía, cartografía, caracterización térmica y georreferenciación, se seleccionarán áreas que ofrezcan condiciones ideales para la instalación del laboratorio en los contextos de estudio.

La caracterización climática será realizada en colaboración con el IDEAM (2024), donde se obtendrán datos históricos sobre temperatura, humedad, radiación solar, velocidad y dirección del viento, entre otras variables climáticas. Estos datos permitirán ajustar las especificaciones técnicas de los módulos experimentales y definir los periodos óptimos para la toma de datos en ambos escenarios climáticos. La fase culminará con la gestión de los permisos necesarios para la construcción de los módulos en los campus de la Universidad de Pamplona.

En una tercera fase se procederá a definir los diseños módulos experimentales a escala 1:1, cuatro para cada contexto climático. Se definirán las características técnicas de los módulos, incluyendo dimensiones, materiales de construcción, orientación y sistemas de monitorización. Estos módulos se diseñarán para evaluar tanto materiales constructivos individuales como sistemas constructivos completos.

Se seleccionarán los equipos y herramientas necesarios para el registro continuo de datos, como sensores de temperatura, humedad, radiación solar y medidores de flujo de calor, siguiendo los estándares internacionales establecidos en normativas como la ISO 9869. Los protocolos de medición también serán definidos en esta etapa, especificando los parámetros a medir, las variables a controlar y los criterios de éxito para cada tipo de experimento.

El diseño de los módulos estará alineado con las necesidades climáticas locales y las limitaciones de los materiales utilizados actualmente en la industria de la construcción de la región, como los materiales cerámicos. Se evaluarán las condiciones de transferencia de calor, resistencia térmica y comportamiento higrotérmico de los materiales y sistemas constructivos.

Para la fase de experimentación se llevará a cabo en dos etapas:

En una primera etapa se instalarán sensores en los módulos para medir el comportamiento térmico de los materiales bajo condiciones extremas en ambos contextos climáticos. Los módulos permitirán analizar cómo los materiales tradicionales y nuevos responden a las condiciones semiáridas cálidas y frías. La toma de datos será continua y abarcará ciclos completos de variación diaria y estacional, permitiendo evaluar la oscilación térmica, la absorción de calor y la retención de humedad de los materiales.

En una segunda etapa se evaluarán sistemas constructivos formados por combinaciones de materiales innovadores y tradicionales. Se buscará validar su eficiencia térmica, durabilidad y su capacidad para proporcionar confort térmico con un bajo impacto energético. Los resultados obtenidos se compararán con los sistemas constructivos convencionales empleados en la región.

Ambas etapas culminarán con un análisis de los datos obtenidos, a través de modelos comparativos que permitirán validar o descartar las tecnologías constructivas en función de su adaptación climática. Este proceso permitirá extraer conclusiones significativas y formular recomendaciones para la industria de la construcción en la región andina.

Finalmente, los resultados del proyecto BIOARQ serán consolidados y presentados en foros académicos y técnicos. Se organizarán talleres y seminarios en la Universidad de Pamplona para capacitar a estudiantes, docentes y profesionales de la construcción sobre el uso de las tecnologías evaluadas y su aplicación en proyectos de construcción sostenible.

## Hacia dónde debe avanzar el Laboratorio BIOARQ

El Laboratorio Experimental BIOARQ es una plataforma de investigación clave que no solo responde a las necesidades actuales de adaptación climática en la arquitectura, sino que también plantea nuevos horizontes para la investigación, la innovación y la integración de la sostenibilidad en los procesos constructivos. En el contexto de la región andina, donde los municipios de Pamplona y Villa del Rosario presentan climas áridos fríos y cálidos, BIOARQ tiene la responsabilidad de impulsar avances que trasciendan los modelos tradicionales de construcción, basados principalmente en materiales que no ofrecen un rendimiento adecuado frente a las exigencias climáticas locales.

El laboratorio busca convertirse en un referente regional para la investigación en arquitectura e ingeniería bioclimática y la experimentación con tecnologías constructivas innovadoras. De esta manera se espera que el laboratorio responda a los siguientes retos:

Proveer datos comparativos aplicables a diversas regiones climáticas; aunque el laboratorio está focalizado en los climas semiáridos de la frontera entre Colombia y Venezuela, las metodologías y resultados obtenidos tienen un potencial significativo para ser aplicados y adaptados a otras regiones del mundo que experimentan condiciones climáticas extremas. Esto contribuiría a la generación de modelos arquitectónicos replicables y adaptables a distintas escalas, desde soluciones locales hasta respuestas regionales, binacionales y globales.

De otra parte, en las siguientes fases de desarrollo, BIOARQ deberá ampliar su capacidad tecnológica, integrando herramientas de inteligencia artificial y análisis de datos para optimizar el monitoreo en tiempo real de los módulos experimentales. Esto permitirá no solo una mayor precisión en la recolección de datos, sino también un análisis predictivo sobre el comportamiento de los materiales en diferentes condiciones climáticas.

El laboratorio debe buscar expandir su red de colaboración con universidades, centros de investigación y empresas tanto a nivel local como internacional. La arquitectura bioclimática es un campo que, por su naturaleza compleja y multifacética, requiere de un enfoque interdisciplinar. La colaboración con ingenierías, ciencias ambientales, y tecnologías emergentes será clave para desarrollar soluciones que no solo sean eficientes, sino también viables a nivel industrial.

Uno de los mayores desafíos será trasladar los avances obtenidos en el laboratorio a la industria local y regional. Para lograr este objetivo, BIOARQ deberá trabajar en conjunto con actores clave de la industria de la construcción, promoviendo espacios de trabajo colaborativo entorno a las necesidades del sector de la construcción, la adopción de los materiales y sistemas constructivos validados a través del laboratorio. Este proceso de transferencia de tecnología será fundamental para transformar el mercado de la construcción en la región, haciéndolo más resiliente y sostenible.

Finalmente, a medida que el laboratorio se consolide como un centro de investigación, se espera que también juegue un papel crucial en la educación y la capacitación de los futuros arquitectos y profesionales de la construcción. La inclusión de BIOARQ en los currículos de pregrado y posgrado permitirá que los estudiantes se involucren activamente en la experimentación y la innovación, promoviendo una nueva generación de profesionales comprometidos con la sostenibilidad y la adaptación climática.

## Conclusiones

El laboratorio BIOARQ ha sido concebido como una herramienta fundamental para la investigación y la validación de soluciones constructivas adaptadas a las condiciones climáticas de la frontera andina entre Colombia y Venezuela. Los climas semiáridos fríos y cálidos de los municipios de Pamplona y Villa del Rosario representan un desafío significativo para la industria de la construcción, que tradicionalmente ha utilizado materiales poco adecuados para estas condiciones. El laboratorio busca generar una respuesta arquitectónica que integre de manera efectiva las características climáticas en el diseño, optimizando el confort térmico de las edificaciones a través de estrategias bioclimáticas y materiales innovadores.

A través de la experimentación in situ y el monitoreo en tiempo real, BIOARQ permitirá medir de manera precisa el comportamiento físico-térmico de los materiales y sistemas constructivos. Esta metodología, alineada con estándares internacionales, proporcionará datos que facilitarán la toma de decisiones informadas sobre la eficiencia energética y la sostenibilidad de los desarrollos arquitectónicos en la región.

Uno de los principales objetivos de BIOARQ es contribuir al avance de la arquitectura sostenible, promoviendo la adopción de tecnologías constructivas con bajo impacto energético y alta eficiencia térmica. El laboratorio no solo evaluará materiales tradicionales, como los cerámicos, sino también tecnologías emergentes que puedan ofrecer mejores respuestas a los desafíos climáticos de la región.

El laboratorio no solo se limita a la investigación, sino que también se proyecta como un espacio de formación y transferencia de conocimiento para estudiantes, docentes y profesionales de la construcción. La integración del laboratorio en los programas académicos de la Universidad de Pamplona fomentará la experimentación como un modelo pedagógico, preparando a los futuros arquitectos para enfrentar los retos de la sostenibilidad y la adaptación climática.

Finalmente, aunque el laboratorio se centra en los desafíos locales de la región andina, los resultados obtenidos tienen el potencial de ser replicados y adaptados a otras regiones con características climáticas similares. BIOARQ se posiciona como un modelo de investigación aplicada que puede influir en la industria de la construcción a nivel regional y global, promoviendo la arquitectura bioclimática como una solución viable y necesaria en un contexto de cambio climático.

## Bibliografía

- Ashby, M. F., & Jones, D. R. (2012). *Engineering materials 1: an introduction to properties, applications and design* (Vol. 1). Elsevier.
- ASTM International. (s.f.). About ASTM International. ASTM International. <https://www.astm.org/about.html>
- Atsonios, I. A., Mandilaras, I. D., Kontogeorgos, D. A., & Founti, M. A. (2018). Two new methods for the in-situ measurement of the overall thermal transmittance of cold frame lightweight steel-framed walls. *Energy and Buildings*, 170, 183-194.
- Bergman, T. L. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons.
- Comité de Autoevaluación del Programa de Arquitectura. (2023). *Arquitectura en cifras*. Universidad de Pamplona. [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_126/recursos/general/03112023/arqcifras.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_126/recursos/general/03112023/arqcifras.pdf)
- Desogus, G., Mura, S., & Ricciu, R. (2011). Comparing different approaches to in situ measurement of building components thermal resistance. *Energy and Buildings*, 43(10), 2613-2620.
- Evangelisti, L., Guattari, C., Gori, P., de Lieto Vollaro, R., & Asdrubali, F. (2016). Experimental investigation of the influence of convective and radiative heat transfers on thermal transmittance measurements. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 78, 214-223.
- Gaspar, K., Casals, M., & Gangoellés, M. (2018). In situ measurement of façades with a low U-value: Avoiding deviations. *Energy and Buildings*, 170, 61-73.
- Givoni, B. (2018). *Passive and low energy architecture: Basics, design, simulation*. CRC Press.
- Hansen, T. K., Bjarløv, S. P., Peuhkuri, R. H., & Harrestrup, M. (2018). Long term in situ measurements of hygrothermal conditions at critical points in four cases of internally insulated historic solid masonry walls. *Energy and Buildings*, 172, 235-248.
- Hensen, J. L. M., & Lamberts, R. (Eds.). (2011). *Building performance simulation for design and operation*. Spon Press.
- IDEAM. (6 de septiembre de 2024). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. <https://www.ideam.gov.co/>
- ISO. (s.f.). About ISO. ISO. <https://www.iso.org/about-us.html>
- Marino, B. M., Muñoz, N., & Thomas, L. P. (2017). Estimation of the surface thermal resistances and heat loss by conduction using thermography. *Applied Thermal Engineering*, 114, 1213-1221.
- Olesen, B. W., Parsons, K. C., & de Dear, R. J. (2012). *Indoor environment and thermal comfort of humans*. Springer.
- OpenAI. (2024). ChatGPT: Asistencia en redacción y desarrollo de contenido basado en el modelo GPT-4. OpenAI. <https://chat.openai.com/>
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). *Nanotechnology in eco-efficient construction: Materials, processes and applications*. Woodhead Publishing.

Santamouris, M. (Ed.). (2012). Energy and climate in the urban built environment.  
Routledge.

Shaping Tomorrow's Global Built Environment Today. (s.f). About ASHRAE.  
<https://www.ashrae.org/about>



# APROXIMACIÓN EPISTEMOLÓGICA DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO A LOS MODELOS DE NEGOCIOS SOSTENIBLES AEMNS

## Autores:

Nelson Andrés Martínez Marín<sup>1</sup>  
Raúl Marcelo Volker<sup>2</sup>

## Palabras clave:

Modelos de negocios sostenibles, pensamiento complejo, transdisciplinaria, competitividad, auto-eco-organización, biosociosistemas

## Resumen:

El presente texto presenta avances de una tesis doctoral que aplica el pensamiento complejo a los modelos de negocios sostenibles en la industria de la construcción en Colombia. Tradicionalmente, los modelos de negocios, como el modelo CANVAS, se han utilizado para describir cómo una empresa crea, entrega y captura valor (Osterwalder et.al., 2015). Sin embargo, cuando se aplican a la sostenibilidad, estos modelos suelen ser estáticos y simplistas, sin capturar la complejidad necesaria para abordar la sostenibilidad de manera efectiva (Stål, 2023; Morin, 1984). La investigación realizada, destaca que la industria de la construcción en Colombia, un sector vital para la economía pero altamente contaminante, requiere innovaciones profundas en sus modelos de negocios, integrando conceptos de sostenibilidad y economía circular (Daou, 2020).

La tesis plantea que los modelos de negocios sostenibles deben evolucionar para reflejar la empresa como una realidad biosocioantropológica (Morin, 1984), utilizando un enfoque transdisciplinario que supere las limitaciones de los modelos actuales, lo cual implica un cambio epistemológico desde la comprensión de la empresa como una máquina, a la comprensión de esta desde un punto de vista ecologizado. Como objetivo general, se propone desarrollar un modelo de negocio complejo, sostenible y transdisciplinario, aplicado en un estudio de caso en la industria de la construcción en Colombia. El enfoque de la tesis en desarrollo es cualitativo, e integra métodos de biología, sociología y antropología, con un análisis profundo de la literatura basado en el modelo PRISMA (Page, 2021). La investigación busca cocrear soluciones con las empresas estudiadas, aportando un conocimiento práctico y científico que trascienda lo teórico y que sea transferible para su uso en el sector (Stål, 2023).

◦ <sup>1</sup> Universidad Multiversidad Mundo Real Edgar Morin , C 52, Loma Linda, Hermosillo, Sonora, México  
◦ <sup>2</sup> Universidad Multiversidad Mundo Real Edgar Morin , C 52, Loma Linda, Hermosillo, Sonora, México nandresmartinez@unicolmayor.edu.co



## Introducción

Algunos autores no reconocen la administración como ciencia, sino más bien como una técnica llamada al control de socio sistemas (Bunge, 1896), mientras que otros consideran que puede aplicársele dicho estatus en la medida en que tenga en cuenta la relación sujeto-objeto, cuente con rigor, sistematización y coherencia para la resolución de problemas prácticos, sin limitarse a ellos; a través de conocimientos provenientes de distintas disciplinas a partir de explicaciones de tipo holístico de aplicación universal (Londoño, 2017). Tanto en un sentido, como en el otro sería apropiado aplicar principios del paradigma de la complejidad dado que el problema de la administración, de acuerdo con Morín, está formulado en dicho plano (Morin, 2009).

Lo anterior teniendo en cuenta que el hombre como recurso (aún se habla in-creíblemente de recursos humanos) o en otros términos como medio de producción, no es unidimensional. Dicho hombre, o más bien dicha persona tiene una dimensión física, una biológica, una psicológica, una social. En fin, no es una simple máquina que obedece las reglas de la cibernética del primer orden con lo cual las organizaciones considerando su factor humano entrañan una realidad biosocioantropológica compleja que entraña desorden, aleatoriedad, creatividad (por lo tanto autogeneratividad) y estrategia lo cual tiene implicaciones epistemológicas tal como lo plantea Edgar Morin en el sentido de que el factor humano no es la irracionalidad que es necesario integrar con el fin de generar rendimientos financieros; por el contrario es necesario integrar el factor económico y técnico en dicha realidad biosocioantropológica (Morín, 1984) para el desarrollo económico y social.

Por otra parte la teoría de la administración reconoce que una de las labores principales de la administración es lidiar con el cambio en medio de una realidad dinámica enfrentada a un entorno competencia, y con ello de la necesidad de construir competitividad (Magretta, 2002), lo que en sí mismo remite al concepto de estrategia y al concepto de organización, los dos abordados por el método-estrategia de la complejidad en sus aspectos de innovación, aleatoriedad, evenencialidad, y los principios generativos: hologramático, recursividad y dialógico.

Se reconoce por otro lado, que la administración estudia (con fines del planeación, ejecución, control y corrección) actividades y relaciones de naturaleza administrativa dentro de los socio-sistemas organizados tanto con fines de lucro como sin él, a través de la aplicación del método científico o el resultado de investigaciones provenientes de distintas disciplinas entre las que se encuentran la psicología, ciencias sociales, ciencias básicas y ciencias aplicadas (Bunge, 1896). Al considerar la organización empresarial como un socio-sistema, ello implica la existencia en ella de aspectos sistémicos y aspectos sociales en la que se concibe la relación entre sujetos ellos mismos complejos y contradictorios, lo cual tiene reflejo en la organización en su conjunto (24). Dado lo anterior, se ratifica lo mencionado antes.

Uno de los problemas de la administración que ha recibido atención en la literatura reciente, tiene que ver con los modelos de negocios como representaciones arquetípicas intermediarias entre la estrategia y la operación de negocios (Al-Debei, 2010). Dichas representaciones ilustran arquitectura de acuerdo con la cual se organizan distintos bloques de asuntos que son necesarios de tener en cuenta para el diseño, producción, distribución y monetización de productos y servicios; generadores de valor para un grupo de clientes en un mercado determinado. Se reconoce la utilidad de estos artefactos como herramientas conceptuales de alineación entre la estrategia y los procesos de negocios, los cuales deben ajustar sus sistemas de información con el fin de atender las expectativas de los stakeholders, todo lo anterior en un entorno complejo, incierto y en permanente cambio. Otros usos los cuales no son excluyentes se refieren a su análisis como marcos de referencia de intercesión entre la estrategia y los procesos; y como capital representado en conocimiento estratégico para la toma de decisiones (Al-Debei, 2010; Foss; y Saebi, 2017).

En línea con lo anterior, si se entiende la empresa, como realidad biosocioantropológica, el cual es un concepto complejo que integra dimensiones biológicas, sociales y culturales, según Morin (1984). Este enfoque transdisciplinario propone que las empresas no deben ser vistas únicamente como entidades económicas, sino como organismos vivos que se autoorganizan y se autoregeneran, enfrentando continuamente procesos de desintegración y regeneración (Morin, 1995).

A continuación, se presentan algunos aspectos relevantes identificados en el desarrollo de los avances que a la fecha se han realizado en relación con la tesis doctoral de que anunciada en el resumen del presente artículo.

## Metodología

Para la realización de una aproximación epistemológica desde el pensamiento complejo se ha desarrollado una serie de tres búsquedas sistemáticas de literatura con fundamento el modelo PRISMA (Page, 2021). Las búsquedas fueron y análisis de información fueron realizadas en las bases de datos SCOPUS, PROQUEST, SAGE, DIALNET y Google Scholar, con el fin de identificar conceptos, métodos y herramientas para la observación de aspectos biológicos, sociológicos y antropológicos de la empresa respectivamente, a través de la búsqueda de artículos publicados en inglés, español y portugués cuyos resultados fueron analizados a través del uso de Rayan AI.

En primer lugar se realizó la lectura de título, resumen y conclusiones para un total de 945 resultados obtenidos con la siguiente ecuación de búsqueda: (Business OR Firm OR Enterprise) AND ("social living organism" OR "living organism")

OR "living system") AND ("concepts" OR "methods" OR "analytical tools"), relacionados con el aspecto biológico de las empresas; 392 resultados obtenidos con la siguiente ecuación de búsqueda: (Business OR Firm OR Enterprise OR Organizational OR Management OR Business Model) AND ("sociology") AND ("concepts" OR "methods" OR "analytical tools"), relacionados con la dimensión sociológica; y 1793 resultados obtenidos con la siguiente ecuación de búsqueda: (Business OR Firm OR Enterprise OR Organizational OR Management OR Business Model) AND ("Anthropology") AND ("concepts" OR "methods" OR "analytical tools").

Luego del cribado el total de artículos analizados a través de la lectura, resumen y extracción de información correspondió a: 25 artículos relacionados con la dimensión biológica de la empresa, 20 artículos relacionados con su dimensión sociológica y 35 artículos relacionados con su dimensión antropológica.

Dicha revisión dio como resultado la identificación de una lista de "requisitos" necesarios para el diseño de un modelo de negocios complejo y transdisciplinario.

## Resultados y discusión

En el presente apartado relacionado con los resultados, para el caso preliminares; en el desarrollo del trabajo en proceso, se presentan algunos aspectos centrales relacionados con los modelos de negocios, los modelos de negocios sostenibles y la necesidad de su observación desde la perspectiva de la complejidad. De la misma manera se plantean rasgos a tener en cuenta en relación con dicha complejidad junto con una síntesis de los requisitos para el diseño del modelo en desarrollo.

### Modelos de Negocios

Osterwalder y Pigneur (Osterwalder, 2003) describen los modelos de negocio como un mediador entre diferentes perspectivas y capas del negocio. Proponen un triángulo compuesto por estrategia, organización y tecnología de la información, en el cual el modelo de negocio actúa como un "pegamento" conceptual que facilita la comunicación y comprensión de cómo la empresa genera ingresos (Osterwalder, 2003). Este marco se sostiene en cuatro pilares: innovación del producto y propuesta de valor, relaciones con los clientes, administración de la infraestructura y aspectos financieros, comparables a las áreas cubiertas por el Cuadro de Mando Integral de (Kaplan, 1996).

Los modelos de negocio han ganado relevancia tanto en la práctica como en la investigación, siendo útiles para analizar la estrategia e innovación (Teece, 2010), estudiar modelos de negocio sociales (Yunus, 2010), y enfrentar desafíos en mercados emergentes adaptándose a diversas condiciones (Dahan, 2010). Zott y Amit (2010) definen el modelo de negocio como el contenido, estructura y gestión de transacciones diseñadas para crear valor explotando oportunidades. Esta definición se complementa con la de Osterwalder, quien lo describe como la base sobre la cual una empresa crea, proporciona y captura valor, destacando su función para directores en el diseño, análisis y cambio de la lógica de negocios (Osterwalder et al., 2004).

Finalmente, (Schaltegger et al., 2016) sugieren que los modelos de negocio mejoran la comprensión de las relaciones y actividades indirectas del negocio. Así, se entiende que un modelo de negocio articula componentes como la propuesta de valor, la interfaz de consumidor, la administración de infraestructura y aspectos financieros, conectando el nivel estratégico de la organización con el operativo. Sin embargo, es necesario apuntar que como antecedente se encuentra que, los modelos de negocios, de acuerdo con la literatura especializada de amplia aceptación se conciben como herramientas conceptuales que contienen una serie de objetos, conceptos y una relación entre ellos que se infiere (Osterwalder, et al., 2004.) a través de la simplificación orientada al diseño y comunicación de la forma en la que una firma crea, entrega y captura valor.

Dicha simplificación invita a aceptar la visión de la administración clásica de la empresa como sistema inerte que debe funcionar como una máquina en ambientes estables, lineales y predecibles, lo cual debe ser superado para reconocer el gran entramado de relaciones que la empresa mantiene con su entorno (Arias y Ramírez, 2019), junto con otras complejidades.

### Modelos de Negocios Sostenibles

La economía global se encuentra en una profunda transformación tecnológica, económica, social y política, marcada por la insostenibilidad de los patrones de creación y distribución de riqueza, según (Arias-Pineda, 2009 y Elkington 1986). Los modelos de negocio pueden jugar un papel clave en la mejora del desempeño organizacional al adoptar la sostenibilidad, aunque este tema aún es poco explorado (Stubbs, 2008). Para integrar realmente la sostenibilidad, las organizaciones deben transformar el modelo tradicional neoclásico, donde la sostenibilidad impulsa las decisiones empresariales, un desafío dado que el modelo dominante prioriza la maximización de beneficios para los accionistas (Ibidem).

Lüdeke-Freund (2009) amplía este enfoque sugiriendo que los modelos de negocio sostenibles deben reconfigurarse para incluir un nuevo pilar orientado a aspectos no financieros, creando valor para la sociedad y el medio ambiente. Teece (2010) argumenta que la innovación en los modelos de negocio es tan importante como el modelo mismo, ya que puede establecer una ventaja competitiva diferenciada. (Schaltegger et.al., 2016) identifican cuatro modos de innovación en modelos de negocio hacia la sostenibilidad: ajuste del modelo existente, adopción de nuevos modelos, mejora de componentes clave y rediseño completo de la oferta de valor.

En la industria de la construcción en Colombia, integrar la sostenibilidad en los modelos de negocio puede mejorar la competitividad y la supervivencia en el mercado. Los modelos de negocio sostenibles, basados en la propuesta de (Osterwalder y Pigneur, 2011) y (Stål, 2023 y Schaltegger ), incluyen cinco pilares: Producto, Gestión de la Infraestructura, Interfaz con el Cliente, Aspectos Financieros y Aspectos Ambientales. Estos pilares abarcan desde la propuesta de valor hasta la gestión de costos e ingresos, incorporando también costos y beneficios ambientales, fundamentales para mitigar impactos negativos.

Un nuevo enfoque, Ecocanvas, promueve la economía circular, reemplazando el concepto de fin de vida de los productos con la restauración y reutilización, reduciendo impactos ambientales y sociales negativos (22). Este arquetipo de negocio sostenible representa un avance en la conceptualización y aplicación de modelos orientados a la sostenibilidad.

Es importante notar, en todo caso que desde el punto de vista semántico se reconoce un comportamiento sistémico del modelo de negocios. Conceptos como relación, flujo, dinámica de dos vías, interconexión entre otros; aducen al intercambio de recursos, información y energía. Sin embargo, tal y como se ha mencionado; no se supera la representación estática en la cual las relaciones de infieren fácticamente, tal y como propone Osterwalder (7).

### Epistemología Compleja de los Modelos de Negocios

Históricamente, se ha pensado en la separación entre naturaleza y cultura, lo que ha impedido atribuir comportamientos sociales a factores biológicos (30). Sin embargo, la conferencia decenal de antropólogos sociales de 1973 buscó establecer conexiones entre biología, sociología y antropología, aunque carecía de evidencia suficiente para vincular directamente estas disciplinas (Ibidem). A pesar de ello, los estudios biosociales han continuado, explorando fenómenos como la selección de pareja y problemas de comportamiento, entre otros (31).

Por otra parte, Morin, en su obra "El Método" (32), argumenta que el ser humano es a la vez individual, social y biológico, y que es necesario rearticular estas

dimensiones en un enfoque que él denomina pensamiento ecologizado. Este pensamiento reconoce la interdependencia entre la sociedad y la naturaleza, sugiriendo que la comprensión de la complejidad natural puede enriquecer el pensamiento cultural (Ibidem). Además, Morin (33) enfatiza que el conocimiento es un acto biológico, cerebral, cultural y social, y que debe integrarse en la realidad humana para comprender mejor los fenómenos empresariales.

La empresa, vista como un organismo viviente, realiza funciones similares a las de un ser vivo, tales como la ingestión, procesamiento, adaptación y regeneración. Este enfoque permite superar la visión tradicional de la empresa como una máquina inerte, reconociendo el entramado de relaciones que mantiene con su entorno (14). Asimismo, Morin (29) destaca la importancia de la sociología y la antropología para entender las dinámicas internas y externas de las empresas, subrayando que los procesos empresariales son inseparables e interdependientes de los sociales.

En resumen, la empresa debe ser comprendida desde una perspectiva biosociocultural que considere su complejidad y las interacciones entre sus dimensiones biológicas, sociales y culturales. Este enfoque no solo facilita la comprensión de la empresa como un sistema vivo y dinámico, sino que también ofrece un marco para desarrollar modelos de negocios sostenibles y competitivos. La transdisciplinariedad es clave para enriquecer estos modelos y adaptarlos a los desafíos actuales, permitiendo la cocreación de soluciones aplicables en el contexto empresarial (21,34), mejorando las posibilidades de que los modelos de negocios y los modelos de negocios sostenibles tal y como han sido explicados antes, capturen y permitan dar soluciones a la complejidad que entraña la empresa como organización dedicada a la creación, entrega y captura de valor, el cual es el fin esencial de todo modelo de negocios.

### El Concepto de Valor desde una perspectiva compleja

Respecto del valor, tanto en los modelos de negocios tradicionales, como en ellos modelos de negocios sostenibles, el mismo corresponde al concepto habitual el cual se remite a su definición como un elemento cuantificable que toma la forma de unidades monetarias, y del cual se espera tenga un crecimiento permanente: "alcanzando metas estratégicas y generando beneficios al negocio a través de un uso de las tecnologías de la información TI eficaz e innovador" (35). Lo anterior se deriva del hecho de que el valor se concibe de manera ampliamente aceptada desde el punto de vista de la economía y la contabilidad como una manifestación del

...valor presente de flujos de efectivo esperados en el futuro" de acuerdo con lo cual, el valor económico de un activo será el valor presente de cualquier ingreso futuro que se espera obtener, menos el valor presente de cualquier costo futuro relacionado con él" (36).

◦ <sup>1</sup> Traducción libre del autor  
◦ <sup>2</sup> Traducción libre del autor



De acuerdo con esto, los aspectos sociales y ambientales son considerados externalidades valoradas en cero de acuerdo con lo cual, tanto desde el punto de vista económico y contable; como desde el punto de vista de la estrategia empresarial su mensurabilidad no es relevante.

Un modelo de negocios complejo y transdisciplinario propone un cambio de paradigma de una economía creciente a una que reconoce la importancia del medio ambiente (37) implica un desarrollo sostenible, basado en los límites planetarios (38), y que considera las dimensiones económica, social y ambiental (39). La sostenibilidad en las empresas se fundamenta entonces en la cuenta de triple resultado (TBL), propuesta por John Elkington (15,16), que refleja la interdependencia entre sociedad, economía y ecosistema global. Lo anterior, aún a pesar de no existe un método contable claro para medir y comparar estos impactos tal y como reconoce la última autora citada.

Este aspecto se supera parcialmente al considerar aspectos económicos, sociales y ambientales en los modelos de negocio, centrando la atención en los stakeholders, quienes tienen interés en las actividades y resultados de las organizaciones, como clientes, empleados, reguladores, y comunidades locales, buscando generar valor en un sentido más amplio en el que se tiene en cuenta el capital financiero, pero también el capital natural, el capital intelectual, el capital social junto con el capital humano tal y como son definidos por el Consejo Internacional de Reporte Integrado IIRC (40). Lo anterior implica una cierta transformación desde una economía centrada en los accionistas hacia una economía basada en los intereses de los stakeholders (41) en la que incluso la naturaleza puede ser considerada como tal T622 (42); (43), facilitando un pensamiento integrativo y decisiones enfocadas en la creación de valor a corto, mediano y largo plazo; junto con una conexión entre estrategia y operaciones, superando retos mencionados en el análisis antes respecto de los modelos de negocios CANVAS y ECOCANVAS.

### Requisitos para el desarrollo del Modelo de Negocios Complejo y Transdisciplinario

Apelando a los aspectos expuestos en los apartados anteriores y en el desarrollo de las indagaciones relacionadas con el desarrollo de la tesis doctoral a la que corresponden las explicaciones aportadas antes, la Tabla 1 recopila algunos de los aspectos a tener en cuenta en el diseño del modelo; de acuerdo con puntos clave que han sido identificados, en correspondencia con los elementos que han sido expuestos en los tres apartados precedentes. Para efectos de exposición, dichos aspectos y elementos toman la forma de requisitos de acuerdo con lo siguiente:

**Tabla 1.** Requisitos para el desarrollo de un modelo de negocio complejo sostenible y transdisciplinario basado en el modelo CANVAS

Requisito	Descripción
<b>Reconocimiento del macro concepto biosocioantropológico</b>	Entiende a la empresa como realidad biosocioantropológica (3,41). "Debemos ir hacia una concepción enriquecida y transformada de la ciencia (la cual evoluciona, como todas las cosas vivientes y humanas) en la que se establezca la comunicación entre objeto y sujeto, entre antropología y ciencias naturales. Entonces se podrá intentar la comunicación (que no la unificación) entre hechos y «valores»" (29).
<b>Reconocimiento de la complejidad</b>	"pensar de modo integrado la complejidad organizacional del mundo físico, biológico y antropológico desde una perspectiva anti-reduccionista, anti-esencialista, no finalista y no totalizadora" (44) Requiere de un pensamiento ecologizado el cual es una "aptitud para considerar la naturaleza en su complejidad permitirá desarrollar el pensamiento complejo para la comprensión de la cultura misma" (Ibidem) Al hablar de las empresas es necesario tener en cuenta que "Estamos frente a sistemas extremadamente complejos en los que la parte está en el todo y el todo está en la parte. Esto es válido para la empresa que tiene sus reglas de funcionamiento y, en cuyo interior, juegan las leyes de la sociedad en su totalidad" (29).
<b>Uso de aspectos de la biología como metáfora</b>	aspectos relacionados con la regeneración de la auto-poiesis, la sobrevivencia que remite a lo evolutivo, la degradación y la muerte son conceptos propios de la biología que se integran en la observación de la empresa como sistema vivo a manera de metáforas respecto de la organización eminentemente social que es la empresa asimilación de la empresa como un sistema vivo, permite de una parte superar la visión de la administración clásica de la empresa como sistema inerte que debe funcionar como una máquina en ambientes estables, lineales y predecibles y de otra parte reconocer el gran entramado de relaciones que la empresa mantiene con su entorno (14) de manera recursiva Las empresas deben adaptarse a un entorno inestable y evolucionar como sistemas complejos. Las relaciones internas y con el entorno influyen en su supervivencia mediante aprendizaje, flexibilidad y adaptación. Innovación y estabilidad no son contradictorios sino necesarios. La organización toma rasgos de organismos vivos, siendo entonces al mismo tiempo sistemas adaptativos complejos (45).
<b>Observación de aspectos sociológicos en la empresa</b>	No está el individuo, por una parte, la Sociedad por otra, la especie de un lado, los individuos del otro, de un lado la empresa con su organigrama, su programa de producción, sus estudios de mercado, del otro lado sus problemas de relaciones humanas, de personal, de relaciones públicas. Los dos procesos son inseparables e interdependientes (29). La sociedad y las empresas están compuestas por muchos agentes adaptativos interactuando entre ellos. Estos agentes pueden ser de tres tipos: personas, programas de ordenador y máquinas. De entre ellos, los primeros son sin duda los más importantes (46). Las empresas se enfrentan a cambios permanentes que afectan su comportamiento y entorno. Estos cambios se observan en niveles macro (cultura), meso (empresa, procesos) y micro (aspectos del nivel individual), influenciando relaciones, liderazgo y estrategias. Las dinámicas institucionales junto con nuevos paradigmas como sostenibilidad y diversidad amplían el análisis de actores internos y externos de las organizaciones.
<b>Observación de aspectos antropológicos de la empresa</b>	"para que tal comunicación sea posible hace falta, por una parte, un pensamiento capaz de reflexionar sobre los hechos y de organizarlos para tener un conocimiento de ellos, no ya solamente atomizado, sino molar, y, por otra, un pensamiento capaz de concebir el enraizamiento de los valores en una cultura y una sociedad. (29) complejizar de manera recíproca el pensamiento sobre la naturaleza (incluidos aspectos ecológicos) y el pensamiento sobre la cultura lo que el autor denomina un "bucle espiral" (Morin, 1977, p.118): Eco-(bio)-antropo-socio-lógico o lo que es lo mismo invita a la comprensión de la cultura en sí misma con el fin de dar cuenta del pensamiento ecologizado

**Nota.** Elaboración propia de acuerdo con la bibliografía citada



Aspectos relacionados con la necesidad de entender a la empresa como realidad bio-socioantropológica, ha sido abordado previamente en el desarrollo del presente escrito, con lo cual queda sustentado el requerimiento de la observación de sus dimensiones sociológica, antropológica y biológica. De esta manera, el modelo de negocios trans-disciplinario debe recoger al mismo tiempo la complejidad propia del sistema empresa y sus relaciones desde el punto de vista de su "ecología". Mientras que su rasgo transdisciplinario principal se encontraría expresado en la inclusión de conocimiento cotidiano que trasciende a lo teórico a través de aportes conceptuales para la solución de problemas provenientes de los miembros de la empresa caso de estudio (21).

Se espera que trabajos futuros permitan presentar el modelo resultado de las indagaciones en desarrollo.

## Discusión

Se reconoce el valor de los arquetipos para el diseño y comunicación de los modelos de negocios, tanto tradicionales como sostenibles, dicho valor se hace evidente en la amplia adopción que dichos artefactos tienen en el mundo empresarial y la producción académica. Sin embargo, se trata de modelos estáticos que no permiten dar cuenta de la complejidad del sistema empresa la cual de acuerdo con la postura de Edgar Morin, uno de los autores principales que inspira el desarrollo del modelo de negocios sostenible y transdisciplinario requiere el reconocimiento de la empresa como realidad biosocioantropológica.

Al reconocer que existe complejidad que es necesario atender, en el contexto de la sostenibilidad es necesario además transformar el concepto de valor pasando del concepto tradicional inspirado en la economía y la contabilidad, para reconocer y tener en cuenta otras formas de valor que tienen que ver con aspectos ambientales, sociológicos, y culturales; es decir, antropológicos. El marco de referencia de la IIRC es un buen punto de inicio para la identificación, la creación, la entrega y la captura del valor que debe atender a todos los interesados que incluye pero no se limita a los accionistas (o propietarios) de la firma. Se espera poder avanzar hacia el diseño del modelo de negocios sostenible y transdisciplinario el cual debe obedecer a algunos requisitos plasmados en la Tabla 1, para luego realizar un testeo y ajuste del mismo a través de un caso de estudio. De manera específica se pretende un caso de estudio en la industria de la construcción sostenible en Colombia. Finalmente, se espera contar con la oportunidad de realizar una exposición del modelo resultado de la investigación

Agradecimientos. Este artículo se desarrolló en el marco de los avances de la tesis doctoral "Aproximación Epistemológica desde el Pensamiento Complejo a Los Modelos de Negocios Sostenibles: Caso de Estudio en Una Empresa de la Industria de la Construcción en Colombia" la cual se encuentra en desarrollo para optar por el título de Doctor en Pensamiento Complejo en la Universidad Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, México. Agradecimiento especial a Raúl Marcelo Volker, director y gran apoyo en el desarrollo de la tesis mencionada y la redacción del presente artículo.

Divulgación de intereses. Los autores no tienen intereses en competencia por declarar que sean relevantes para el contenido del presente artículo.

## Referencias

- Osterwalder A, Pigneur Y, Bernarda G, Smith A. Deseñando la Propuesta de valor. : DEUSTO; 2015.
- Stål HI, Riumkin I, Bengtsson M. Business models for sustainability and firms' external relationships—A systematic literature review with propositions and research agenda. *Bus Strat Env* 2023 -01-04;32(6):3887.
- Morin E. Ciencia con Conciencia . Barcelona: ANTHROPOS; 1984.
- Daou A, Mallat C, Chammas G, Cerantola N, Kayed S, Saliba NA. The Eco-canvas as a business model canvas for a circular economy. *Journal of Cleaner Production* 2020 -03-09;258.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021 -03-29.
- Osterwalder A, Pigneur Y. Generación de modelos de negocios. 1st ed. Barcelona: DEUSTO; 2011.
- Osterwalder A, Pigneur Y. ' An ontology for e-business models ' Value Creation from E-Business Models; 2003. p. 1-26.
- Kaplan RS, Norton DP. Balance Score Card. Barcelona: Ediciones Gestión; 1996.
- Yunus M, Moingeon B, Lehmann-Ortega L. Building social business models: Lessons from the grameen experience. *Long Range Planning* 2010;43(2-3):308-325.
- Dahan NM, Doh JP, Oetzel J, Yaziji M. Corporate-NGO collaboration: Co-creating new business models for developing markets. *Long Range Planning* 2010;43(2-3):326-342.
- Zott C, Amit R. Business Model Design: An Activity System Perspective. *Long Range Planning* 2010;43(2-3):216-226.
- Osterwalder, A., Parent, C., & Pigneur, Y. (2004). Setting up an Ontology of Business Models. In CAiSE Workshops (3) (pp. 319-324).
- Schaltegger, S., Hansen, E. G., & Lüdeke-Freund, F. (2016). Business models for sustainability: Origins, present research, and future avenues. *Organization & environment*, 29(1), 3-10.
- Arias-Pineda AA, Ramírez-Martínez L. La organización-empresa: ¿un sistema vivo? Aportes de la teoría de la complejidad y la filosofía ambiental a la teoría administrativa y organizacional. *Rev esc adm neg* 2019 -09-03(86):133.
- García MJ, . La Cuenta del Triple Resultado o Triple Bottom Line . *Revista de Contabilidad y Dirección* 2015:65-77.
- Elkington J. Enter the Triple Bottom Line. *The Triple Bottom Line: Does it all Add Up?* 2001;1(1986):1-16.
- Stubbs W, Cocklin C. Conceptualizing a "Sustainability Business Model". *Organization & Environment* 2008;21(2):103-127.
- Lüdeke-freund. Business Model Concepts in Corporate Sustainability Con-texts: From Rhetoric to a Generic Template for "Business Models for Sustainability. *Methods* 2009;10.
- Teece DJ. Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning* 2010;43(2-3):172-194.
- Osterwalder A, Pigneur Y. Generación de modelos de negocios. Barcelona; 2011.
- Schaltegger H, Lüdeke-Freund. Business Models for Sustainability: Origins, Present Research, and Future Avenues. *Organization & Environment*, 2016;29(1):3-10.
- MacArthur E, Waughray D. Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. 2014.
- Bunge M. Status epistemológico de la administración. 1896:1-5.
- Londoño IC, Botero JJ, Gómez JA. ¿La administración es ciencia? *Sinapsis* 2017:29-41.
- Morin E. Introducción al pensamiento complejo. 2009.
- Magretta J. Why Business Models Matter. *Harvard Business Review* 2002;80(5):86-97.
- Al-Debei MM, Avison D. Developing a unified framework of the business model concept. *European Journal of Information Systems* 2010:351-376.
- Foss, N. J., & Saebi, T. (2017). Fifteen years of research on business model innovation: How far have we come, and where should we go?. *Journal of management*, 43(1), 200-227.
- Morin E. El Método V: La humanidad de la humanidad. Hermosillo, México: Multiversidad Mundo Real Edgar Morin; 1995.
- Reynolds V. Review : Biosocial Anthropology. 1976.
- Wind J. Review of some books on human sociobiology. *Journal of Human Evolution* 1981:443-447.
- Morin E. El Método I: La naturaleza de la naturaleza. Madrid, España: Ediciones Cátedra; 1977.
- Morin E. El Método 3. El conocimiento del Conocimiento. Madrid, España: Ediciones Cátedra; 2005.
- Vorbohle C, Szopinski D, Kundisch D. Toward Understanding the Complexity of Business Models – A Taxonomy of Business Model Dependencies. *ECIS 2021 Research Papers*. 2021.
- ISACA. Un Marco de Negocio para el Gobierno y la Gestión de las TI de la Empresa. Schaumburg, Illinois, USA: ISACA; 2012.
- Abela M. Paradise Lost: Accounting Narratives without Numbers. *Accounting, Economics and Law: A Convivium* .
- Brozovic D. Business model based on strong sustainability: Insights from an empirical study. *Business Strategy and the Environment* 2020:763-771.
- Meadows D, Meadows D, Randers J, Behrens W. Limits to Growth. New York; 1972.
- Hamad S, Draz MU, Lai FW. The Impact of Corporate Governance and Sustainability Reporting on Integrated Reporting: A Conceptual Framework. *SAGE Open* .
- IIRC. International IR Framework. 2021:1-58.



- Roth S, Czakon W, Amann W, Dana LP. From organised scepticism to re-search mission management? Introduction to the Great Reset of management and organization theory. Scandinavian Journal of Management 2023.
- Corte Constitucional Republica de Colombia. Sentencia T-622/16. 2016.
- Corte Suprema de Justicia Republica de Colombia. Sentencia STC4360. 2018.
- Rodríguez Zoya L. Contribución a la crítica del pensamiento complejo de Edgar Morin. Bases para un programa de investigación sobre los paradigmas. Gazeta de Antropología 2018;33(2).
- Gell-Mann M. El quark y el jaguar: Aventuras en lo simple y lo complejo. : Tusquets Editores.
- Sáez-Vaca F, García O, Palao J, Rojo P. Gestión de la Complejidad en la Empresa. Innovación tecnológica en las empresas Madrid, España: Universidad Poli-técnica de Madrid.



# DOCUMENTACIÓN HISTÓRICA COMO APORTE A FUTURO PROCESO DECLARATORIO DE LA HACIENDA LA ESTANCIA EN CHACHAGÜÍ NARIÑO

TEMA - BIOETICA, MATERIALIDAD Y CONSERVACION

## Resumen:

**Autor:**  
Juan José Villota Insuasty

La Hacienda Estancia, ubicada en Chachagüí, Nariño, es un valioso ejemplo de la arquitectura colonial en Colombia. Con más de ciento cincuenta años de historia, el inmueble enfrenta un estado de deterioro que amenaza su preservación. Este análisis tiene como objetivo evaluar su importancia arquitectónica y cultural, y describir el proceso necesario para su postulación como Bien de Interés Cultural (BIC) ante el Ministerio de Cultura. Además, se explora cómo la bioética, entendida como el estudio de la conducta humana en relación con las ciencias y los valores morales, se integra en el proceso de conservación patrimonial.



## Bioética y Conservación Patrimonial

La bioética aborda las implicaciones morales de nuestras acciones y decisiones, especialmente en contextos donde los valores humanos y el bienestar se entrelazan con prácticas científicas y tecnológicas. En el contexto de la conservación patrimonial, la bioética se manifiesta en la necesidad de tomar decisiones informadas que respeten y preserven los valores culturales y arquitectónicos del patrimonio histórico, mientras se aplica la tecnología moderna.

## Influencia de la Bioética en la Conservación de Bienes Culturales

El Decreto 1080 de 2015 establece criterios para la valoración y conservación de bienes culturales en Colombia. La bioética influye en cómo estos criterios se aplican, al garantizar que la intervención en un bien cultural sea respetuosa con su integridad histórica y cultural.

## Criterios de Valoración Según el Decreto 1080 de 2015

- 1. Antigüedad:** La Hacienda Estancia, cuenta con más de 150 años de historia, presenta un valor cultural intrínseco significativo. La bioética nos lleva a considerar la importancia de preservar este legado para las generaciones futuras.
- 2. Autoría:** Aunque no se dispone de información detallada sobre los autores originales, la bioética destaca la responsabilidad de preservar los bienes culturales independientemente de la autoría específica.
- 3. Autenticidad:** La preservación de materiales originales, como los muros de tapia, teja de barro, piso en ladrillo, y algunos acabados en piedra, es fundamental. La bioética resalta la importancia de mantener la autenticidad para respetar la historia y la identidad del mismo.
- 4. Constitución del Bien:** La integridad estructural y material del inmueble debe ser preservada. La bioética nos guía en la aplicación de técnicas que minimicen el impacto en la estructura original mientras se asegura su estabilidad.
- 5. Forma:** Mantener la forma original de la hacienda es crucial. La bioética subraya la importancia de intervenir de manera que respete el diseño original y la funcionalidad del bien.
- 6. Estado de Conservación:** Aunque la hacienda está deteriorada, se debe actuar con sensibilidad para restaurar sin comprometer su valor histórico. La bioética exige un equilibrio entre intervención y preservación.

**1. Contexto Ambiental:** La ubicación y el entorno de la hacienda han cambiado con el tiempo. La bioética enfatiza la necesidad de contextualizar la restauración dentro de su entorno histórico para mantener su significado cultural.

**2. Contexto Físico:** La ubicación y el entorno de la hacienda han cambiado con el tiempo. La bioética enfatiza la necesidad de contextualizar la restauración dentro de su entorno histórico para mantener su significado cultural.

**3. Contexto Urbano:** este es uno de los Criterios que no se puede Valorar ya que este bien actualmente no se encuentra dentro de un campo Urbano.

**4. Representatividad y Contextualización Sociocultural:** La importancia sociocultural de la hacienda, incluyendo su historia y su impacto en la comunidad, debe ser considerada. La bioética nos impulsa a respetar y reflejar estos aspectos en la restauración.

Esto Asegura que la restauración y preservación se realicen de manera que respeten y mantengan los valores históricos y culturales del bien, al tiempo que se aplican tecnologías modernas de manera ética. Esta integración de principios bioéticos garantiza que la Hacienda Estancia no solo sea preservada en su forma material, sino también en su significado cultural y histórico para las futuras generaciones.

## Diseño Metodológico

Dentro de lo que es el paradigma entramos en una combinación entre la fase positivista, donde hablaríamos de objetos materiales, en este caso el bien inmueble y también hablaríamos de una teoría interpretativa, donde a base de relaciones con lo existente, con criterios y con anécdotas podemos crear unas suposiciones ambas válidas para la investigación.

Se puede caracterizar como estudio de fenomenología al buscar etapas de tiempo pasado a través de metodologías científicas y perceptuales.

El enfoque metodológico incluye tres etapas:

- 1. Información y Percepción:** Recopilación de datos históricos, entrevistas, y análisis del estado actual del inmueble, siguiendo principios bioéticos de respeto y precisión.
- 2. Procesamiento de Información:** Evaluación y análisis de los documentos históricos y datos arquitectónicos para entender el valor cultural y tomar decisiones éticas sobre la conservación.
- 3. Valoración e Intervención:** Aplicación de los criterios del Decreto 1080 con un enfoque bioético para asegurar que las intervenciones respeten la integridad del bien y su valor cultural.

## Resultados

La Hacienda Estancia, a pesar de su deterioro, conserva elementos significativos que justifican su postulación como BIC. La aplicación de la bioética en el proceso de conservación asegura que las decisiones tomadas respeten tanto el valor histórico del inmueble como los principios morales relacionados con su preservación. La conservación adecuada de la Hacienda Estancia permitirá mantener su legado para futuras generaciones, reflejando un equilibrio entre la intervención moderna y el respeto por la historia.

Este enfoque bioético no solo garantiza la integridad del bien, sino que también promueve un entendimiento profundo y respetuoso del patrimonio cultural, alineando la conservación con valores humanos y éticos.

## Discusión

**1. Desafíos en la Conservación:** La Conservación de la Hacienda Estancia presenta varios desafíos, entre ellos la necesidad de equilibrar la intervención moderna con la preservación de elementos originales. La bioética juega un papel crucial en este aspecto, ya que guía la toma de decisiones para garantizar que las técnicas utilizadas respeten la historia del inmueble. La intervención debe ser cuidadosamente planificada para evitar alteraciones que puedan comprometer el valor cultural de la hacienda.

**2. Impacto de las Tecnologías Modernas:** La incorporación de tecnologías modernas en la restauración debe ser manejada con cuidado. Aunque las técnicas actuales pueden ofrecer soluciones eficaces para la preservación, es vital que estas se apliquen de manera que respeten la autenticidad del bien. La bioética ayuda a garantizar que las soluciones tecnológicas no se conviertan en una amenaza para la integridad histórica del inmueble.

**3. Contextualización en el Entorno Actual:** La Hacienda Estancia se encuentra en un entorno que ha cambiado significativamente con el tiempo. La restauración debe considerar estos cambios para contextualizar adecuadamente el inmueble en su entorno actual. La bioética subraya la importancia de mantener el contexto sociocultural y físico del bien, asegurando que la intervención no desvirtúe su relevancia histórica.

**4. Involucramiento de la Comunidad y Educación:** La conservación y el reconocimiento de la Hacienda Estancia como BIC no solo son responsabilidades de las autoridades, sino también de la comunidad local. La bioética promueve la inclusión de la comunidad en el proceso de conservación, fomentando la educación sobre la importancia del patrimonio y asegurando que la restauración refleje y respete los valores locales.

**1. Recomendaciones para Futuras Intervenciones:** Se recomienda realizar una evaluación continua y detallada del estado del inmueble, aplicar técnicas de restauración basadas en principios bioéticos, y mantener un enfoque flexible para adaptarse a nuevos descubrimientos o cambios en el entorno. Además, se debe promover la participación comunitaria y educar al público sobre la importancia de la Hacienda Estancia para fortalecer su reconocimiento y conservación.

## Conclusiones

La Hacienda Estancia, con su rica herencia colonial, representa un tesoro arquitectónico y cultural que ilustra la historia y la evolución de la región. Su valor como patrimonio arquitectónico colonial no solo radica en su antigüedad, sino también en su capacidad para ofrecer una ventana al pasado, reflejando las características constructivas y estilísticas de la época. Sin embargo, a pesar de su importancia, la hacienda enfrenta desafíos significativos en términos de conservación debido a su estado de deterioro.

Para asegurar que la Hacienda Estancia sea preservada de manera efectiva y reconocida como un Bien de Interés Cultural (BIC), es crucial abordar su conservación mediante un enfoque que no solo mantenga su integridad histórica, sino que también se alinee con principios bioéticos. La bioética, al enfocar la toma de decisiones desde una perspectiva moral y ética, proporciona un marco que asegura que las intervenciones en el bien patrimonial respeten tanto su valor cultural como su significado histórico.

## Referencias

- Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 397 de 1997*. Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural.
- Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997*. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991.
- Ministerio de Cultura de Colombia. (s. f.). *Patrimonio cultural y bienes de interés cultural*  
<https://www.mincultura.gov.co/areas/patrimonio/Paginas/default.aspx>
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1080 de 2015*. Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura
- Presidencia de la República de Colombia. (2019). *Decreto 2358 de 2019*. Por el cual se modifica el Decreto 1080 de 2015 en lo relacionado con el patrimonio cultural.



Innovación y sostenibilidad  
en arquitectura:

# CLIMA, ENERGÍA Y TERRITORIO

Vicerrectoría de Investigación y Extensión



Facultad de Arquitectura y Bellas Artes



Grupo de Investigación Alarife



Grupo de Investigación Inti Rumi