



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**Programa de Doctorado en Arquitectura,
Edificación, Patrimonio y Ciudad**

**Reconocimiento de las técnicas ancestrales del
patrimonio arquitectónico en América**

Doctoranda: Fabiola Colmenero Fonseca.

Director: Dr. Javier Cárcel Carrasco
Catedrático de Universidad

Valencia, España, a 13 de febrero de 2026.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





"Raíces de Luz"

Las piedras susurran lo que fuimos,
el viento murmura lo que seremos.
Entre muros de adobe y torres de acero,
el tiempo se entrelaza, eterno y sincero.
El río del ayer riega el presente,
y en sus aguas reflejan las sombras y el sol.
Saberes antiguos guían la mente,
mientras la ciudad sueña su nuevo rol.
No es olvido, no es ruptura,
es memoria hecha estructura.
Brotan del adobe las voces del tiempo,
tejidas en muros de cal y arena,
susurran los ecos de un pueblo eterno,
dibujan senderos de luz y madera.
Vidrio y acero alzan su canto,
redes pulsantes, ritmo sin fin,
Pero en su centro late el encanto
de historias talladas en barro y jazmín.
Ciudades que piensan, que sienten, que hablan,
tejen memoria en su piel digital,
raíces antiguas, futuro que abraza,
Sabiduría viva en su pulso vital.
Donde late el pasado, brilla el mañana,
Raíces de luz en urbes tempranas.

Fabiola Colmenero Fonseca



Resumen

La conservación del patrimonio arquitectónico en América Latina enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad y adaptación a nuevas tecnologías. Esta investigación analiza la integración de técnicas constructivas ancestrales con herramientas modernas, como la Inteligencia Artificial (IA), el Aprendizaje Automático (ML) y el Modelado de Información de Construcción (BIM), para optimizar la eficiencia energética y la preservación del patrimonio edificado. Se evalúa también el uso de materiales reciclados en la restauración de edificaciones históricas, considerando su impacto ambiental y viabilidad técnica, con estudios de caso en México, Colombia y Brasil.

El estudio adopta un enfoque mixto, combinando análisis cualitativo y cuantitativo. Se realizaron entrevistas con arquitectos y expertos en restauración, así como mediciones de datos térmicos antes y después de la implementación de materiales reciclados. Los hallazgos evidencian una reducción del consumo energético de un 15% y una mejora en el confort térmico, demostrando el potencial de estos materiales para incrementar la eficiencia en la rehabilitación del patrimonio arquitectónico.

Asimismo, la aplicación de IA y ML permite simular escenarios climáticos y optimizar el uso de materiales, facilitando la toma de decisiones informadas en proyectos de restauración. Por su parte, BIM mejora la gestión integral de proyectos patrimoniales al integrar datos históricos, estructurales y de rendimiento energético en un solo sistema.



El estudio también resalta la importancia de las políticas públicas, el financiamiento y los programas educativos que preservan el conocimiento tradicional y fomentan la innovación sostenible.

Finalmente, se proponen estrategias para integrar técnicas ancestrales en la arquitectura moderna, promoviendo un enfoque que respete el patrimonio cultural mientras se adapta a los retos del desarrollo sostenible.

Palabras clave: Técnicas ancestrales, Inteligencia Artificial (IA), Modelado de Información de Construcción (BIM), eficiencia energética, tecnología de materiales



Abstract

The conservation of architectural heritage in Latin America faces significant challenges in terms of sustainability and adaptation to new technologies. This research analyzes the integration of ancestral construction techniques with modern tools, such as Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), and Building Information Modeling (BIM), to optimize energy efficiency and the preservation of built heritage. The use of recycled materials in the restoration of historic buildings is also evaluated, considering their environmental impact and technical feasibility, with case studies in Mexico, Colombia, and Brazil.

The study adopts a mixed approach, combining qualitative and quantitative analysis. Interviews were conducted with architects and restoration experts, as well as thermal data measurements before and after the implementation of recycled materials. The findings show a 15% reduction in energy consumption and an improvement in thermal comfort, demonstrating the potential of these materials to increase efficiency in the rehabilitation of architectural heritage.

Likewise, the application of AI and ML allows simulating climate scenarios and optimizing the use of materials, facilitating informed decision-making in restoration projects. For its part, BIM improves the comprehensive management of heritage projects by integrating historical, structural, and energy performance data into a single system. The study also highlights the importance of public policies, financing, and educational programs that preserve traditional knowledge and foster sustainable innovation.



Finally, strategies are proposed to integrate ancestral techniques into modern architecture, promoting an approach that respects cultural heritage while adapting to the challenges of sustainable development.

Keywords: Ancestral techniques, Artificial Intelligence (AI), Building Information Modeling (BIM), energy efficiency, materials technology



Resum

La conservació del patrimoni arquitectònic a Amèrica Llatina enfronta desafiaments significatius en termes de sostenibilitat i adaptació a noves tecnologies. Esta investigació analitza la integració de tècniques constructives ancestrals amb ferramentes modernes, com la Intel·ligència Artificial (IA), l'Aprenentatge Automàtic (ML) i el Modelatge d'Informació de Construcció (*BIM), per a optimitzar l'eficiència energètica i la preservació del patrimoni edificat. S'avalua també l'ús de materials reciclats en la restauració d'edificacions històriques, considerant el seu impacte ambiental i viabilitat tècnica, amb estudis de cas a Mèxic, Colòmbia i el Brasil.

L'estudi adopta un enfocament mixt, combinant anàlisi qualitativa i quantitativa. Es van realitzar entrevistes amb arquitectes i experts en restauració, així com mesuraments de dades tèrmiques abans i després de la implementació de materials reciclats. Les troballes evidencien una reducció del consum energètic d'un 15% i una millora en el confort tèrmic, demostrant el potencial d'estos materials per a incrementar l'eficiència en la rehabilitació del patrimoni arquitectònic.

Així mateix, l'aplicació d'IA i ML permet simular escenaris climàtics i optimitzar l'ús de materials, facilitant la presa de decisions informades en projectes de restauració. Per part seua, *BIM millora la gestió integral de projectes patrimonials en integrar dades històriques, estructurals i de rendiment energètic en un sol sistema.

L'estudi també ressalta la importància de les polítiques públiques, el finançament i els programes educatius que preserven el coneixement tradicional i fomenten la innovació sostenible.



Finalment, es proposen estratègies per a integrar tècniques ancestrals en l'arquitectura moderna, promovent un enfocament que respecte el patrimoni cultural mentre s'adapta als reptes del desenvolupament sostenible.

Paraules clau: Tècniques ancestrals, Intel·ligència Artificial (IA), Modelat d'Informació de Construcció (BIM), eficiència energètica, tecnologia de materials



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Contenido

i

Resumen.....	v
Abstract.....	vii
Resum.....	ix
Dedicatorias	xi
Agradecimientos.....	xiii
Lista de tablas, figuras y ecuaciones.	xxviii
Tablas	xxviii
Figuras	xxxi
Introducción	1
Capítulo 1. Fundamentos y enfoque de la investigación	4
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2 Justificación de la investigación.....	9
1.3 Objetivos de la investigación.....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos:	13



1.4 Metodología empleada.....	14
1.5 Marco de referencia	20
1.6 Marco legal	28
1.6.1 Convención sobre la Protección del patrimonio mundial, cultural y natural de la UNESCO	29
1.6.2 Ley General de Bienes Nacionales de México	31
1.6.3 Ley de Patrimonio Cultural de Colombia	31
1.6.4 Política Nacional de Patrimonio Cultural de Brasil	32
1.6.5 Directrices de la UNESCO sobre la Conservación del Patrimonio Arquitectónico	32
1.6.6 Normas Internacionales ISO	33
1.7 Marco normativo	34
1.8 Marco Teórico: La Conservación del Patrimonio Arquitectónico y la Integración de Nuevas Tecnologías	39
1.8.1 La Conservación del Patrimonio Arquitectónico: Fundamentos y Enfoques	40
1.8.2 Saberes Ancestrales y Patrimonio Arquitectónico.....	44
1.8.3 Eficiencia Energética en las Culturas Constructivas	45
1.8.4 Educación para la Paz y la Sostenibilidad	46
1.8.5 Desarrollo de Asignaturas Globales y la Formación de Profesionales	47
1.8.6 La Triple Hélice: Universidades, Industria y Gobierno	48



1.8.7 Introducción a la matriz intercultural.....	52
1.8.8 BR Brasil.....	54
1.8.9 co Colombia	55
1.8.10 mx México	55
1.8.11 Reflexión comparativa	58
Capítulo 2 Fundamentos del Patrimonio Arquitectónico en América.....	63
2.1 Definición y características del patrimonio arquitectónico	64
2.1.1 La importancia del contexto cultural en la conservación.....	67
2.1.2 Patrimonio arquitectónico y la identidad local	69
2.1.3 La sostenibilidad en la conservación del patrimonio arquitectónico	70
2.2 Influencias culturales y evolución de las técnicas constructivas.....	72
2.2.1 Influencia de las culturas ancestrales en las técnicas constructivas.....	72
2.2.2 Intercambios culturales y evolución técnica	73
2.2.3 La tecnología moderna y la reinterpretación del patrimonio	74
2.3 Materiales y métodos ancestrales en la construcción	77
2.3.1. Materiales utilizados en la construcción ancestral.....	79
2.3.2. Métodos constructivos ancestrales.....	82
2.3.3 Revalorización de los materiales y métodos ancestrales	82



2.4 Impacto ambiental y sostenibilidad en la arquitectura tradicional	83
2.5 Estudio de los paisajes y territorios de América Latina: Cómo los paisajes y las edificaciones existentes reflejan el conocimiento ancestral.	85
2.5.1 México: La Conexión Cósmica y Natural en la Arquitectura Prehispánica	89
2.5.2 Colombia: Adaptación y Resiliencia en los Territorios Andinos y Amazónicos	90
2.5.3 Brasil: Sincretismo Cultural y Adaptación al Clima Tropical	91
2.6 Impacto de la modernidad sobre las culturas constructivas tradicionales: Análisis de cómo la globalización y las políticas públicas han afectado las técnicas constructivas ancestrales.....	93
2.6.1 La Globalización y su Efecto sobre las Técnicas Constructivas Ancestrales	93
2.6.2 Políticas Públicas y el Desplazamiento de las Técnicas Constructivas Ancestrales ...	94
2.6.3 Impacto de la Modernidad en México, Colombia y Brasil.....	95
2.6.4 La Modernidad y la Conservación del Patrimonio Constructivo.....	96
2.7 El papel de la naturaleza y el medio ambiente en la construcción tradicional: Estudio de la relación entre el hombre y la naturaleza en las culturas constructivas de América Latina.	99
2.7.1 Principios de diseño bioclimático y edificios pasivos	104
2.7.2 Modelos de sostenibilidad inspirados en el Buen Vivir (Sumak Kawsay).....	105
2.7.3 Enfoques Teóricos para el Análisis del Patrimonio Arquitectónico	106



2.8 Saberes Ancestrales y Conocimientos Cosmogónicos.....	108
2.8.1 Teoría de la Interconexión Cósmica (Cosmovisión Andina y Mesoamericana)	109
2.8.2 Epistemologías Indígenas y su transmisión del conocimiento	111
2.8.3 Buen Vivir (Sumak Kawsay) y su impacto en la arquitectura sostenible.....	114
2.8.4 Sistemas de Clasificación del Mundo Natural en diversas culturas	116
2.9 Eficiencia Energética en la Arquitectura Patrimonial	121
2.9.1 Ley de la Conservación de la Energía y su aplicación en edificaciones.....	121
2.9.2 Teoría de la Exergía y optimización del consumo energético	122
2.9.3 Edificios Pasivos y Bioclimáticos en la arquitectura tradicional.....	123
2.9.4 Economía del Hidrógeno y Energías Renovables como alternativa sostenible.....	124
2.10 Economía Circular y Conservación del Patrimonio Arquitectónico	125
2.10.1 Principios de la Cuna a la Cuna (Cradle to Cradle - C2C) en materiales arquitectónicos	125
2.10.2 Teoría del Metabolismo Industrial y su influencia en la restauración patrimonial...	126
2.10.3 Modelo de las 9R aplicado a la arquitectura sustentable	128
2.10.4 Doughnut Economics (Economía del Donut) y su enfoque en el equilibrio ecológico	129
Capítulo 3: Análisis de técnicas Ancestrales y su Reconocimiento en la Arquitectura Sostenible	132



3.1 Análisis de técnicas ancestrales y su reconocimiento en la arquitectura sostenible . 135

3.1.1 Eficiencia energética en las prácticas tradicionales	136
3.1.2 Estudio de Casos: Ejemplos de comunidades que integran saberes ancestrales en sus construcciones.....	137
3.1.3 Políticas públicas de inclusión de la eficiencia energética en la vivienda tradicional	138
3.1.4 Desarrollo de políticas públicas y programas para la inclusión de la eficiencia energética	138
3.1.5 Mediciones de Pobreza Energética en Viviendas Patrimoniales	139
3.1.6 Ejemplos de Políticas en México y Europa	139
3.1.7 Participación Social y Enfoques en la Conservación del Patrimonio	139
3.1.8 Enfoque Social: Soluciones a Problemas Comunitarios a Través de Proyectos que Mejoran la Calidad de Vida	140
3.1.9 Enfoque Constructivo: Documentación y Análisis de Procedimientos Constructivos con Diversos Materiales.....	140
3.1.10 Enfoque Cultural: Preservación de Costumbres y Tradiciones como Parte del Patrimonio Cultural Inmaterial	140
3.1.11 Enfoque Político: Impulso de Políticas Urbanas a Nivel Local y Multinivel para la Conservación del Patrimonio.....	141



3.1.12 Enfoque Tecnológico: Innovación en I+D para el Desarrollo de Nuevos Materiales Sostenibles y Pedagogía.....	141
3.2 Principales técnicas de construcción tradicionales en América	148
3.2.1 Construcción en Adobe.....	148
3.2.2 Tapia Pisada	149
3.2.3 Quincha	150
3.2.4 Piedra Sillar y Cantería	151
3.2.5 Bahareque	151
3.3 Integración de materiales reciclados en la restauración patrimonial	156
3.3.1 Beneficios Ambientales y Económicos	156
3.3.2 Aplicaciones de Materiales Reciclados en la Restauración Patrimonial	157
3.3.3 Estudios de Caso en América Latina	158
3.3.4 Desafíos y Recomendaciones	159
3.4 Uso de tecnologías modernas para la optimización de técnicas ancestrales.....	159
3.4.1 Modelado de Información para la Construcción (BIM)	160
3.4.2 Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático.....	160
3.4.3 Impresión 3D y Manufactura Aditiva	160
3.4.4 Monitoreo Digital y Sensores IoT	161



3.5 Estudios de caso: Jalisco y Oaxaca (México) y otras regiones de América Latina (Colombia y Brasil)	163
3.5.1 El Concepto del Pasaporte de Materiales: Definición y su Relación con la Sostenibilidad en la Arquitectura.....	164
Capítulo 4: Modelo de Innovación Tecnológica para la Conservación del Patrimonio	211
4.1 Diseño metodológico	213
4.1.1 El Macroproyecto Educativo “Raíces del Futuro: Convergencia de saberes y tecnología para Ciudades Sostenibles	225
4.1.2 Enfoque metodológico	271
4.2.1 Variables	273
4.2.2 Definiciones teóricas.....	275
4.2.3 Definiciones operacionales	288
4.3 Hipótesis.....	293
4.3.1 Hipótesis general (H_1):.....	293
4.3.2 Hipótesis alternativa (H_a):.....	293
4.3.3 Hipótesis nula (H_0):.....	293
4.3.4 Preguntas de investigación:	294
4.4 Objetivo general	297
4.5 Objetivos específicos	298



4.6 Población.....	299
4.6.1 Población y muestra.....	299
4.6.2 Muestra	300
4.6.3 Instrumento y Procedimiento de Aplicación	307
4.7 Instrumentos.....	313
4.7.1 Carta de consentimiento informado	314
4.7.2 Prueba de antecedentes lectores.....	314
Capítulo 5: Resultados y discusión	317
5.1 Resultados en México	321
5.1.1 Caso 1: Sierra Norte de Jalisco (Viviendas con tierra cruda).	322
5.1.2 Caso 2: Zapotlán el Grande (Viviendas con piedra volcánica).....	329
5.1.3 Caso 3: Tequila, Jalisco – Viviendas con tierra cruda y bagazo del agave	335
5.1.4 Caso 4: Oaxaca (Viviendas con tierra y madera).....	343
5.2 Resultados en Brasil.....	351
5.2.1 Caso: São Paulo (Conjunto patrimonial en Avenida Paulista)	352
5.3 Resultados en Colombia	358
5.3.1 Caso: Eje Cafetero (Viviendas tradicionales con bahareque).....	359
5.3.2 Caso: Leticia, Amazonía – Innovación con Tradición	364



5.3.3 Caso 4: Taller de Descarbonización en la Vivienda en el Eje Cafetero (Colombia).	388
5.3.4 Caso 5: Innovación con Tradición en la Amazonía (Leticia, Colombia)	389
5.3.5 Caso 6: Estudio de las Tres Casas en Brasil (Conservación Cultural y Arquitectónica en São Paulo)	391
5.3.6 Desarrollo: Transformación del Mercado Laboral y Liderazgo en la Gestión de Proyectos Sostenibles	395
5.4 Propuesta de proyecto arquitectónico y de ciclo de vida de los materiales.	402
5.4.1 Parte 1: Integración de Sostenibilidad en el Diseño (M.D.P.)	405
5.4.2 Parte 2. Mapeo	410
5.4.3 Parte 3. Análisis, diagnóstico y síntesis cartográfica del territorio de Guanajuato: enfoque geoespacial, sostenible y energético	438
5.4.4 Parte 3. Proyecto arquitectónico	445
5.4.4 Parte 4: Ciclo de Vida	456
5.4.5 parte 5 Memoria Técnica – Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	466
5.4.6 Cálculo Manual	467
5.4.7 Cálculo con software: Resultados del Modelo y Evaluación Energético-Ambiental	475
Chapter 6: Conclusions and Future Research	481
6.1 Challenges and opportunities in heritage conservation	493
6.1.1 Wear and Tear and Deterioration by Climate Change	493



6.1.2 Urbanization and Uncontrolled Expansion.....	493
6.1.3 Lack of Financial and Political Resources.....	494
6.1.4 Globalization and Cultural Homogenization	494
6.1.5 Lack of Knowledge and Little Community Participation.....	495
6.2 Opportunities in Heritage Conservation	495
6.2.1 Technology and Digitalization in Conservation	495
6.2.2 Sustainable and Adaptive Approach.....	495
6.2.3 Community Awareness and Education.....	496
6.2.4 Inclusive Conservation Policies.....	496
6.2.5 Strengthening International Networks and Collaborations.....	497
6.3 Proposals for the integration of ancestral techniques in sustainable architecture ...	497
6.4 Promotion of Training and Research.....	501
6.5 Future lines of research	503
Glosario.....	518
Glosario de nuevos conceptos originados	533
Referencias.....	535
Apéndices	553
.....	553



Lista de tablas, figuras y ecuaciones.

Tablas

Tabla 1 <i>Aplicación de Saberes Ancestrales en la Conservación del Patrimonio Arquitectónico y su Relación con la Eficiencia Energética: Un Estudio Comparativo de México, Colombia y Brasil.</i>	50
Tabla 2 <i>Matriz intercultural: Pueblos originarios y ciencia moderna.</i>	53
Tabla 3 <i>Enfoques Teóricos para el Análisis del Patrimonio Arquitectónico.</i>	120
Tabla 4 <i>Análisis de Técnicas Ancestrales y su Reconocimiento en la Arquitectura Sostenible.</i>	145
Tabla 5 <i>síntesis de los diferentes sistemas constructivos y sus materiales en América Latina.</i>	153
Tabla 6 <i>comparativa teórica de autores analizados en base al dialogo de saberes y sostenibilidad territorial.</i>	221
Tabla 7 <i>matriz de autores, referencias y trabajos analizados para la elaboración de marco teórico robusto contemplado en la investigación.</i>	230
Tabla 8 <i>concentración de las variables contempladas en las universidades relacionadas con el concepto “aula abierta”.</i>	243
Tabla 9 <i>matriz tanto de variables como categorías de análisis para el instrumento y proceso de aplicación de la investigación.</i>	308
Tabla 10 <i>matriz resumida de variables, objetivos e instrumentos de análisis.</i>	313
Tabla 11 <i>Consumo energético anual según simulación BEM (Sierra Norte, Oaxaca)</i>	325
Tabla 12 <i>Emisiones de Carbono durante el ciclo de Vida del Edificio</i>	326



Tabla 13 <i>Distribución mensual del consumo energético simulado (BEM)</i>	327
Tabla 14 <i>Consumo energético anual según simulación BEM (Zapotlán el Grande, Jalisco, México)</i>	331
Tabla 15 <i>emisiones de carbono durante el ciclo de vida del edificio.</i>	332
Tabla 16 <i>distribución mensual del consumo energético simulado (BEM).</i>	334
Tabla 17 <i>Consumo energético anual según simulación BEM (Jalisco, México)</i>	338
Tabla 18 <i>Emisiones de carbono durante el ciclo de vida del edificio.</i>	339
Tabla 19 <i>Distribución mensual del consumo energético simulado (BEM)</i>	342
Tabla 20 <i>Consumo energético anual según simulación BEM (Oaxaca, México).</i>	346
Tabla 21 <i>Emisiones de carbono durante el ciclo de vida del edificio.</i>	348
Tabla 22 <i>Distribución mensual del consumo energético simulado (BEM).</i>	349
Tabla 23 <i>Balance General de Emisiones de Carbono (Caso Brasil).</i>	355
Tabla 24 <i>componentes de la carga interna del modelo simulado en proyecto Brasil.</i>	357
Tabla 25 <i>consumo energético de la edificación en Colombia (Tiny House) en modelada y simulada en Software Revit</i>	361
Tabla 26 <i>emisiones de carbono emitidas durante el ciclo de vida del edificio.</i>	362
Tabla 27 <i>distribución del consumo energético mensual posterior a la simulación en Software Revit.</i>	363
Tabla 28 <i>análisis comparativo de casos de estudio desarrollados</i>	368
Tabla 29 <i>análisis de competencias Clave para la Construcción Sostenible</i>	398
Tabla 30 <i>Matriz intercultural de pueblos originarios y ciencia moderna (Diálogo entre saberes ancestrales, nanotecnología y gestión escolar digital)</i>	400



Tabla 31 <i>cuantificación de emisiones en función de la etapa de cálculo.</i>	470
Tabla 32 <i>resultados obtenidos para las emisiones de carbono obtenidas del proyecto</i> <i>“Guanajuato”</i>	476
Tabla 33 <i>resultados encontrados para indicadores energéticos del proyecto Guanajuato.</i>	476
Tabla 34 <i>resultados encontrados en función de las cargas térmicas en condiciones de diseño</i> <i>del proyecto “Guanajuato”.</i>	477
Tabla 35 <i>presupuesto desarrollado por partidas del modelo denominado “proyecto</i> <i>Guanajuato”.</i>	479



Figuras

Figura 1 <i>Ejes estratégicos para la conservación integral del patrimonio arquitectónico: integración de técnicas ancestrales, sostenibilidad, innovación tecnológica, normativa y colaboración institucional (Gobierno–Industria–Academia).....</i>	6
Figura 2 <i>descripción gráfica del planteamiento del problema, hipótesis y justificación.</i>	8
Figura 3 <i>Factores de riesgo y oportunidades para la conservación del patrimonio arquitectónico: entre los retos del entorno construido y climático, y las posibilidades de innovación, sostenibilidad y educación.</i>	9
Figura 4 <i>Importancia del patrimonio, su preservación, reducción del impacto ambiental y las tecnologías emergentes.</i>	10
Figura 5 <i>Modelo RWYC: descubrir, conocer y comunicar el patrimonio cultural a través de la educación, la investigación y la acción comunitaria.....</i>	16
Figura 6 <i>Diagrama metodológico de la Investigación desarrollada.</i>	18
Figura 7 <i>Marco de referencia: sostenibilidad, tecnologías emergentes y metodologías mixtas en la conservación del patrimonio arquitectónico en América Latina.</i>	23
Figura 8 <i>Retos, tecnologías y técnicas tradicionales en la conservación del patrimonio arquitectónico en América Latina, con un enfoque integral y ejemplos de aplicación en México y Colombia.</i>	28
Figura 9 <i>Orden cronológico de la preservación para el patrimonio Arquitectónico y Nuevas Tecnologías.</i>	29
Figura 10 <i>Flujo de facultades y actividades desarrolladas por la convención del patrimonio mundial.</i>	30



Figura 11 <i>Marco normativo nacional e internacional contemplado para el presente trabajo. ..</i>	35
Figura 12 <i>Esquema de la conservación del patrimonio arquitectónico a partir de cuatro ejes: sostenibilidad, saberes ancestrales, tecnologías emergentes y formación profesional.</i>	40
Figura 13 <i>Modelo de triple hélice aplicado a la preservación del patrimonio, basado en la interacción entre universidades, industria y gobierno.</i>	49
Figura 14 <i>Modelo de triple hélice para la preservación del patrimonio, que articula universidades, industria y gobierno mediante innovación, sostenibilidad y colaboración.</i>	51
Figura 15 <i>Sistemas constructivos de México, Brasil y Colombia.</i>	54
Figura 16 <i>sistemas constructivos y Biomateriales empleados en los mismos</i>	57
Figura 17 <i>diagrama radial que compara dos dimensiones del patrimonio arquitectónico en sostenibilidad, innovación, educación, gobernanza y tecnología, destacando diferencias y áreas de equilibrio.</i>	66
Figura 18 <i>interrelación del patrimonio cultural con personas, medio ambiente y cultura, mostrando su carácter integral y multidimensional.</i>	68
Figura 19 <i>consecuencias negativas de la intervención descontextualizada en el patrimonio arquitectónico frente a los beneficios de integrar saberes tradicionales y participación comunitaria para su conservación y continuidad cultural.</i>	70
Figura 20 <i>relación triangular entre eficiencia energética, tradición basada en saberes locales y tecnologías emergentes como BIM, IA y ML en la conservación arquitectónica.</i>	71
Figura 21 <i>mapa ilustrado de América Latina con ejemplos de arquitectura patrimonial, mostrando la diversidad cultural y constructiva presente en la región.</i>	72



Figura 22 <i>evolución de la arquitectura patrimonial desde los saberes ancestrales hasta la incorporación de tecnologías digitales y materiales contemporáneos, evidenciando un proceso de adaptación y continuidad cultural.</i>	76
Figura 23 <i>saberes y técnicas ancestrales aplicadas en la construcción utilizando materiales locales como madera, adobe, piedra y paja.</i>	77
Figura 24 <i>mapa ilustrado de América Latina con expresiones arquitectónicas y culturales ancestrales, evidenciando la diversidad de saberes constructivos que caracterizan a la región. 86</i>	
Figura 25 <i>proceso comunitario de construcción con tierra y técnicas ancestrales, donde se combina el trabajo colectivo con prácticas tradicionales adaptadas al entorno.</i>	91
Figura 26 <i>diagrama del sistema de economía circular propuesto por la Fundación Ellen MacArthur, donde se muestran los flujos de materiales renovables y finitos, junto con estrategias de reutilización, reciclaje y regeneración.</i>	126
Figura 27 <i>concepto y flujo del metabolismo industrial.</i>	127
Figura 28 <i>concepto de las 9R de la economía circular, que incluye reducir, reutilizar y reciclar, además de rediseñar, repensar, recuperar, renovar, reparar y remanufacturar para una gestión sostenible de los recursos.</i>	129
Figura 29 <i>guía para la conservación del patrimonio cultural, organizada en tres fases: actividades previas, acciones en situ y elementos constructivos, integrando aspectos técnicos, históricos y ambientales.</i>	134
Figura 30 <i>uso de técnicas constructivas tradicionales con tierra en viviendas vernáculas y el potencial de materiales alternativos como el bagazo de agave para su aplicación en procesos sostenibles.</i>	136



Figura 31 <i>sistema constructivo tradicional de bahareque, donde se emplean entramados de madera y tierra mezclada con fibras naturales, reflejando técnicas ancestrales de adaptación al entorno.</i>	137
Figura 32 <i>avances e implementación de la tecnología en la restauración de edificaciones históricas</i>	162
Figura 33 <i>Ciclo de vida de los materiales de México, Brasil y Colombia.</i>	165
Figura 34 <i>Ciudad y Territorio Innovación con tradición: una apuesta para la arquitectura en la Amazonia Amazonia 04 de septiembre de 2024 Creado por KJRB/JFSC/LOF N.º 028.</i>	186
Figura 35 <i>Actividades desarrolladas para el programa RCWY en la UNAL sede Amazonia.</i> ..	202
Figura 36 <i>metodología Reconnecting With Your Culture (RWYC) implementada en América Latina.</i>	215
Figura 37 <i>enfoque mixto contemplado para el trabajo descrito (cualitativo y cuantitativo).</i>	217
Figura 38 <i>fases de la implementación de la metodología propuesta para la presente investigación.</i>	219
Figura 39 <i>representación gráfica del concepto “aula abierta” enfocada en la versatilidad de la técnica.</i>	229
Figura 40 <i>modelo de triple hélice implementado.</i>	233
Figura 41 <i>representación grafica del modelo triple hélice y si integración en el contexto actual.</i>	234
Figura 42 <i>conceptualización y descripción del concepto de aula abierta.</i>	236
Figura 43 <i>descripción y relaciones directas e indirectas del concepto “aula abierta”.</i>	237



Figura 44 <i>cuatro definiciones operacionales contempladas y englobadas para el presente trabajo.</i>	289
Figura 45 <i>flujos gráficos de las hipótesis planteadas para el presente trabajo.</i>	294
Figura 46 <i>casos de estudio desarrollados y contemplados en el presente trabajo y ubicados en México.</i>	304
Figura 47 <i>casos de estudio desarrollados y contemplados en el presente trabajo y ubicados en Brasil.</i>	305
Figura 48 <i>casos de estudio desarrollados y contemplados en el presente trabajo y ubicados en Colombia.</i>	306
Figura 49 <i>modelo desarrollado y simulado en software Revit para la presente investigación.</i>	324
Figura 50 <i>Representación gráfica del consumo energético anual en la edificación en Sierra Norte.</i>	325
Figura 51 <i>emisiones de carbono producto de la edificación Sierra Norte.</i>	327
Figura 52 <i>distribución mensual del consumo energético simulado en Sierra Norte.</i>	328
Figura 53 <i>modelo desarrollado para Zapotlán el Grande en software Revit de Autodesk.</i>	330
Figura 54 <i>consumo energético anual de la vivienda modelada y simulada en Zapotlán el Grande, Jalisco.</i>	332
Figura 55 <i>emisiones de Carbono generadas por la edificación al simularse en Revit de Autodesk.</i>	333
Figura 56 <i>distribución mensual del consumo energético simulado para la edificación en Revit.</i>	334
Figura 57 <i>caso de estudio experimental construido con bagazo de agave y mezcla de tierra.</i> .	335



Figura 58 (a-d) fases que contemplan la elaboració del bagazo del agave y adobe como material constructivo.	336
Figura 59: representación gráfica de los consumos anuales posteriores a la simulación en software Revit.	339
Figura 60 representación gráfica de las emisiones de carbono emitidas antes durante y al finalizar el ciclo de vida de la construcción.	340
Figura 61 descripción gráfica de los consumos energéticos obtenidos posterior a la simulación.	341
Figura 62 distribución mensual del consumo energético simulado (BEM) obtenido de la simulación en Revit.	343
Figura 63 representación gráfica del consumo energético anual obtenido de la simulación en Revit.	347
Figura 64 representación gráfica de las emisiones de carbono de la edificación.	348
Figura 65 distribución mensual del consumo energético obtenido en la simulación BEM de Revit.	350
Figura 66 fases contempladas para la conservación del patrimonio cultural.	351
Figura 67 modelo de Casa Da Rosas desarrollado y simulado (Sao Paulo, Brasil).	354
Figura 68 balance de emisiones de carbono producidas por el modelo.	356
Figura 69 descripción grafica de la carga térmica en el modelo simulado “Caso Brasil”	358
Figura 70 modelo desarrollado y simulado de edificación en Colombia para el caso de estudio presentado.	360
Figura 71 Consumo energético anual simulado para la edificación en Colombia.	362



Figura 72 <i>descripción gráfica de las emisiones de carbono producidas por la edificación por fases.....</i>	363
Figura 73 <i>representación gráfica del consumo energético obtenido en la simulación.</i>	364
Figura 74 <i>innovación en técnicas constructivas ancestrales mediante el uso de fibras naturales con materiales endémicos.</i>	365
Figura 75 <i>desarrollo de actividades bajo un contexto de inclusión y equidad en la participación y aprendizaje.</i>	366
Figura 76 <i>macro-micro localización del municipio y estado de Guanajuato en México.</i>	411
Figura 77 <i>mapa de irradiancia solar en el estado de Guanajuato en las 4 estaciones del año en unidades de W/m^2.....</i>	412
Figura 78 <i>mapa de vientos dominantes en función de la época del año en Guanajuato.....</i>	414
Figura 79 <i>mapa de ubicación para localidades en Guanajuato.....</i>	416
Figura 80 <i>mapa del promedio de humedad relativa en Guanajuato.</i>	418
Figura 81 <i>mapa de humedad relativa con escala de Richter, correspondiente a Guanajuato..</i>	420
Figura 82 <i>mapa de susceptibilidad a inundaciones, indicando los principales cuerpos de agua en Guanajuato.....</i>	422
Figura 83 <i>mapa de ubicación de cuerpos de agua, localidades y carreteras de Guanajuato..</i>	425
Figura 84 <i>mapa para la ubicación de residuos de demolición, construcción y reciclables en Guanajuato.</i>	427
Figura 85 <i>mapa de recursos ancestrales en Guanajuato, indicando tipos de suelo y tipos de roca encontrandos.</i>	429



Figura 86 <i>mapa de trazabilidad de materiales y fuentes de infraestructura existente en Guanajuato.</i>	431
Figura 87 <i>mapa de densidad poblacional en función de las manzanas existentes en Guanajuato.</i>	432
Figura 88 <i>mapa de accesibilidad a servicios básicos en Guanajuato.</i>	434
Figura 89 <i>concentración de edificaciones culturales en el Guanajuato.</i>	436
Figura 90 <i>Índice de rezago</i>	439
Figura 91 <i>Potencial solar vs situación socioeconómica.</i>	441
Figura 92 <i>Mapa de prioridad energética.</i>	442
Figura 93 <i>planta arquitectónica baja proyecto Guanajuato.</i>	447
Figura 94 <i>planta arquitectónica alta de proyecto Guanajuato.</i>	449
Figura 95 <i>alzado frontal del proyecto denominado “Guanajuato”.</i>	450
Figura 96 <i>Alzado principal del proyecto Guanajuato.</i>	451
Figura 97 <i>Sección Longitudinal del proyecto Guanajuato.</i>	452
Figura 98 <i>axonometría explotada del proyecto Guanajuato (render).</i>	453
Figura 99 <i>Corte fugado</i>	454
Figura 100 <i>perspectivas digitales y sección en perspectiva en software Revit (proyecto Guanajuato).</i>	455
Figura 101 <i>perspectivas digitales y sección en perspectiva en software Revit (proyecto Guanajuato).</i>	456
Figura 102 <i>calculo final del ciclo de vida de la edificación cuantificada y modelo final utilizado.</i>	466
Fuente: <i>elaboración propia.</i>	466



Figura 103 desglose de materiales y sus emisiones en unidades de CO ₂	470
Figura 104 distribución gráfica del carbono incorporado por sistema constructivo.....	475
Figura 105 cultura americana modernizada (RWYC).	510
Figura 106 Tecnología emergente (IA, Machine Learning, KPI).	512
Figura 107 Conectividad global (IoT + redes).	514
Figura 108 Permanencia a través del tiempo.	516
Figura 109 sinergia entre la cultura y su trascendencia al futuro.	517



Ecuaciones

Ecuación 1 <i>modelo para obtener la cuantificación del “Z-score”</i>	423
Ecuación 2 <i>modelo final para obtener la cuantificación de la huella de carbono producida.</i> .	466
Ecuación 3 <i>modelo para obtener las emisiones de transporte.</i>	471
Ecuación 4 <i>modelo para obtener las emisiones de construcción.</i>	472
Ecuación 5 <i>modelo para obtener las emisiones de mantenimiento.</i>	472
Ecuación 6 <i>modelo para obtener las emisiones de remplazo.</i>	473