



UNICIT
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

**Impacto de las Tecnologías Avanzadas en el Diseño y la Construcción
en Managua, Nicaragua, 2025.**

Autor:

MSc. Fitzgerald Ashai Gutiérrez Castellón

Asesor:

Dr. René Zaide Terrazas Febres

MBA. José Dagoberto Mejía Flores
Director de Investigación y Posgrado



Managua, Nicaragua

Diciembre 2025

Resumen

Este estudio analiza el impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño y la construcción en Nicaragua mediante un enfoque descriptivo-exploratorio. Se evaluó su nivel de adopción, efectividad en eficiencia, calidad y sostenibilidad, así como los factores que limitan su implementación. Mediante encuestas y entrevistas a profesionales del sector, se buscar identificar barreras institucionales, económicas y formativas. Los resultados permitirán tener una mejor visión sobre el potencial para transformar la industria de la construcción en Nicaragua.

Palabras clave: tecnologías avanzadas, diseño y construcción, BIM, adopción tecnológica, sostenibilidad.

Abstract

This study analyses the impact of advanced technologies on design and construction in Nicaragua using a descriptive-exploratory approach. It assessed the level of adoption, effectiveness in terms of efficiency, quality, and sustainability, as well as the factors limiting their implementation. Through surveys and interviews with professionals in the sector, institutional, economic, and educational barriers were identified. The results will inform about a better view of these technologies and their potential to transform the construction industry in Nicaragua.

Keywords: advanced technologies, design and construction, BIM, technology adoption, sustainability.

Índice de contenido

Resumen	ii
Abstract	ii
1. Introducción.....	1
2. Contexto de la investigación.....	2
3. Planteamiento del problema.....	3
3.1. Preguntas de investigación.	3
4. Justificación del estudio.....	4
5. Objetivo General:	5
5.1. Objetivos Específicos:	5
6. Hipótesis.....	6
7. Alcances y Limitaciones	6
8. Marco Teórico o Marco Referencial.	9
8.1. Estado del arte	9
8.2. Perspectiva teórica asumida	10
8.3. Revisión de literatura previa.	11
9. Metodología de la investigación	14
9.1. Enfoque no experimental asumido en esta investigación	14
9.2. Diseño de investigación	15
9.3. Población y muestra.....	15
9.3.2. Métodos y técnicas de recolección de datos utilizados.	15
9.3.3. Procedimientos	17
10. Hallazgos y resultados	20
11. Conclusiones.....	25
12. Recomendaciones.....	29
13. Referencias bibliográficas.	31

14. Anexos	34
------------------	----

Índice de tablas

Tabla 1. Alcances de la investigación	6
Tabla 2. Matriz de Triangulación de Fuentes	21
Tabla 3. Brecha tecnológica	23

1. Introducción

El sector de la construcción en Nicaragua enfrenta desafíos estructurales relacionados con la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de los procesos productivos, lo que impacta en su capacidad para responder a las demandas crecientes de desarrollo urbano y residencial. En este contexto, las tecnologías avanzadas —como el Modelado de Información de Construcción (BIM), drones, software de simulación, materiales inteligentes y sistemas digitales de gestión— han emergido como herramientas transformadoras en países desarrollados, promoviendo una mayor precisión, reducción de costos y optimización del ciclo de vida de los proyectos.

Sin embargo, su adopción en contextos de América Latina, particularmente en países en desarrollo como Nicaragua, sigue siendo limitada por barreras institucionales, económicas, técnicas y formativas.

A pesar de algunos avances locales, es necesario realizar un análisis integral sobre cómo estas tecnologías están impactando actualmente los procesos de diseño y construcción en el país. Este estudio, en fase de protocolo, busca explorar dicha influencia mediante un enfoque descriptivo-exploratorio, con el objetivo de identificar el nivel de adopción, evaluar sus efectos en indicadores clave y analizar los factores que facilitan o dificultan su implementación.

Los resultados esperados contribuirán al diseño de estrategias de innovación tecnológica adecuadas al contexto nacional.

2. Contexto de la investigación

El sector de la construcción en Nicaragua enfrenta desafíos estructurales significativos, entre los que destacan la baja productividad, la limitada integración de tecnologías digitales y una alta dependencia del trabajo manual e informal. Aunque el país ha experimentado un crecimiento urbano acelerado en las últimas décadas, la adopción de tecnologías avanzadas —como el Modelado de Información de Construcción (BIM), drones, software de simulación y materiales inteligentes— sigue siendo marginal, lo que refleja una brecha tecnológica comparativa con países desarrollados y con otros países de América Latina donde se han implementado estrategias de digitalización en el sector (Azhar, 2011; Eastman et al., 2011).

En este contexto, aunque algunos estudios han analizado aspectos relacionados con la innovación tecnológica en la construcción en América Latina, como en México (Cárdenas & Sánchez, 2021) o Brasil (Vargas & Rojas, 2020), la evidencia específica sobre Nicaragua es escasa y fragmentaria. De hecho, no se han identificado investigaciones sistematizadas que evalúen el impacto de tecnologías avanzadas en los procesos de diseño y construcción en el país, ni que analicen los factores que influyen en su adopción.

El único estudio parcialmente relevante es el realizado por García y Díaz (2022), quienes abordan la digitalización en la industria de la construcción en Centroamérica, pero sin profundizar en el caso nicaragüense. Asimismo, informes del Banco Mundial (2019) y del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2023) señalan la necesidad de fortalecer la innovación tecnológica en el sector para mejorar la competitividad y sostenibilidad.

Por tal razón se busca explorar el impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño y la construcción en Nicaragua mediante un enfoque mixto, contribuyendo a llenar la brecha de conocimiento y a orientar políticas públicas y estrategias de modernización sectorial.

3. Planteamiento del problema

La industria de la construcción en Nicaragua enfrenta un imperativo de modernización para transitar hacia prácticas más sostenibles, eficientes y resilientes, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

La evidencia sugiere una adopción inicial y fragmentada de tecnologías avanzadas, tales como la Modelización de Información de Construcción (BIM), el uso de materiales y sistemas constructivos prefabricados (p. ej., Steel Framing, fibrocemento, sistemas basados en EPS), el diseño bioclimático y la incorporación incipiente de Inteligencia Artificial (IA) e Internet de las Cosas (IoT) en proyectos de vanguardia y vivienda ecológica.

Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de estas tecnologías y las iniciativas académicas para su promoción (p. ej., foros BIM, cursos especializados), su penetración, estandarización y capitalización plena en el ecosistema constructivo nacional aún no se comprenden en su totalidad.

3.1. Preguntas de investigación.

- a. ¿Cómo influye la adopción de tecnologías avanzadas (incluyendo BIM, sistemas prefabricados, diseño bioclimático e IoT) en los indicadores clave de desempeño (costo, tiempo, calidad, eficiencia energética y huella de carbono) de los proyectos de diseño y construcción en Nicaragua?
- b. ¿Cuáles son los principales factores técnicos, económicos e institucionales que limitan o facilitan su escalabilidad a nivel nacional?
- c. ¿Cuál es el impacto técnico, económico y organizacional de las tecnologías avanzadas (p. ej. BIM, sensores/IoT, drones/UAS, impresión 3D, prefabricación industrializada y sistemas de gestión digital) en el diseño y la construcción en

Nicaragua, y cuáles son las barreras y facilitadores institucionales, formativos y normativos que condicionan su adopción y escalamiento?

4. Justificación del estudio

La pertinencia de esta investigación se sustenta en tres pilares fundamentales:

Relevancia Científica (Vacío Teórico): A nivel regional y en el contexto nicaragüense, existen pocos estudios sobre el tema en concreto, los más cercanos que son de carácter empíricos y longitudinales trascienden a la mera descripción de la tecnología, pero no ofrecen una cuantificación robusta de su impacto en el sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC). No se dispone de un benchmarking nacional sobre la eficacia de las tecnologías avanzadas (p.ej., el retorno de la inversión del BIM o la reducción de emisiones del diseño bioclimático) en relación con los métodos constructivos tradicionales. Esta investigación busca llenar ese vacío mediante la generación de datos primarios y el establecimiento de métricas de desempeño adaptadas al contexto socioeconómico y ambiental de Nicaragua.

Relevancia Sectorial (Imperativo de Productividad): El sector de la construcción es un motor clave de la economía nicaragüense. No obstante, la falta de digitalización y la dependencia de procesos ineficientes limitan su potencial de crecimiento y competitividad internacional. La investigación proporcionará evidencia técnica esencial para que las empresas, la cámara de la construcción y los gremios profesionales tomen decisiones informadas sobre la adopción de tecnologías que permitan reducir la siniestralidad, mejorar la gestión de recursos y mitigar los errores de diseño, impulsando así la productividad y la calidad del producto final.

Relevancia Social y Ambiental (Sostenibilidad y Resiliencia): Nicaragua es altamente vulnerable a desastres naturales y al cambio climático. Las tecnologías avanzadas (como el diseño bioclimático, los materiales sostenibles y los modelos estructurales avanzados) son herramientas críticas para construir infraestructura

más resiliente y reducir el consumo energético de las edificaciones. Los hallazgos de este estudio guiarán la creación de un marco para la construcción sostenible, contribuyendo directamente a los objetivos nacionales de reducción de la pobreza energética y mejorando la habitabilidad de las viviendas.

5. Objetivo General:

Identificar el impacto de las tecnologías avanzadas en los procesos de diseño y construcción en Nicaragua, permitiendo definir los desafíos y oportunidades para la estandarización e integración tecnológica en el sector.

5.1. Objetivos Específicos:

Caracterizar barreras y facilitadores (regulatorios, económicos, formativos, culturales) mediante entrevistas con actores clave y análisis documental de la normativa nacional.

Identificar el nivel actual de adopción de las tecnologías avanzadas (BIM, prefabricación, IoT, IA, y diseño bioclimático) en las diferentes tipologías de proyectos de diseño y construcción en las principales áreas urbanas de Managua.

Cuantificar el efecto sobre indicadores de productividad (tiempo de obra, costos directos/indirectos, retrabajos) por tipo de tecnología y tamaño empresarial

Proponer un marco de recomendaciones técnicas y de política pública dirigido a los actores clave (gobierno, academia, empresas y gremios) para fomentar la adopción estratégica y la inversión en innovación tecnológica en la construcción nacional.

6. Hipótesis

Hipótesis principal:

La adopción de tecnologías avanzadas en el diseño y la construcción en Nicaragua está asociada con mejoras en eficiencia, calidad y sostenibilidad, aunque su impacto se ve limitado por barreras institucionales, económicas y formativas.

Hipótesis secundaria (nula):

No existe una relación significativa entre la adopción de tecnologías avanzadas y la mejora en los procesos de diseño y construcción en el contexto nicaragüense.

7. Alcances y Limitaciones

Este estudio tiene como alcance principal el impacto dentro del sector del diseño y construcción durante el año 2025, contrastando la adopción de tecnologías avanzadas con los efectos en los indicadores de productividad. La investigación busca identificar fortalezas y áreas de mejora que permitan recomendar técnicas y políticas para fortalecer la vinculación de la universidad con el sector construcción.

Se definen los alcances en base a los siguientes parámetros:

Tabla 1. Alcances de la investigación

Tipo de Alcance	Detalle de la Delimitación	Justificación
Tecnologías Avanzadas	Se centrará específicamente en la adopción e impacto de cuatro grupos tecnológicos principales: 1) Modelización de Información de Construcción (BIM). 2) Sistemas Constructivos Industrializados o Prefabricados (<i>Steel Framing</i> , paneles de EPS). 3) Diseño y herramientas de Sostenibilidad/Bioclimática. 4)	Enfocar el estudio en las tecnologías con mayor potencial de transformación y de las cuales se puede obtener data cuantificable o información cualitativa relevante en Nicaragua.

Tipo de Alcance	Detalle de la Delimitación	Justificación
	Aplicaciones incipientes de IoT/Sensores en la gestión de obra o eficiencia energética post-construcción.	
Fases del Proyecto	El análisis cubrirá las fases de Diseño (Conceptual y Detallado) y Construcción (Ejecución de Obra).	Estas son las fases donde el impacto de las tecnologías mencionadas es más directo y donde se generan los datos de desempeño más críticos (costos, tiempos, errores).
Indicadores de Impacto (KPIs)	Los resultados se medirán con base en un conjunto de cinco Indicadores Clave de Desempeño (KPIs): Costo, Tiempo de Ejecución, Calidad/Reducción de Errores, Eficiencia Energética (Estimada/Medida) y Huella de Carbono (Estimada).	Garantizar una evaluación multidimensional del impacto, yendo más allá de las métricas puramente económicas e incluyendo la sostenibilidad.
Geográfico	El estudio se limitará a proyectos e informantes claves ubicados en la capital del país, Managua.	Minimizar la dispersión geográfica y asegurar la recolección de datos de la muestra más representativa del sector de alta y mediana complejidad.
Tipo de Proyectos	La muestra de proyectos se centrará en la construcción vertical y comercial/institucional (viviendas de interés medio/alto, edificios de oficinas, hospitales/escuelas, etc.).	Los proyectos de esta tipología son los que presentan la mayor probabilidad de haber adoptado las

Tipo de Alcance	Detalle de la Delimitación	Justificación
		tecnologías avanzadas seleccionadas.
Muestra de Informantes	La investigación se limitará a entrevistar a un grupo de 20-30 informantes clave (Gerentes de Proyecto, directores de Obra, Arquitectos Diseñadores, y Académicos/Reguladores) y a encuestar a una muestra no probabilística de 20-30 empresas/proyectos.	Asegurar la profundidad de la información cualitativa (entrevistas) y la factibilidad de la recolección de datos cuantitativos comparativos en un sector con acceso limitado a datos públicos detallados.
Nivel de Conclusiones	Las conclusiones serán de naturaleza explicativa y propositiva, ofreciendo un diagnóstico del impacto (<i>explicativo</i>) y un Marco de Recomendaciones (<i>propositivo</i>), pero no normativo.	Los resultados no establecerán una normativa oficial, sino que servirán como una base empírica para que las entidades regulatorias puedan considerarlos en futuras políticas.

Fuente: Propia

En cuanto a las posibles limitaciones tenemos:

Acceso a la información: En muchos de los casos se espera el hermetismo que las empresas privadas tienen de compartir este tipo de información porque lo consideran crítico por el recelo y sigilo empresarial del país. Un segundo elemento puede ser la falta de un colegio o cualquier tipo de organización gremial dentro de los arquitectos para el momento de las entrevistas o grupos focales; solamente existe el colegio de ingenieros, pero no todos los profesionales de la construcción están adscritos a ella.

Disponibilidad de tiempo: Para que se lleven a cabo de forma eficiente cada uno de los objetivos planteados, se necesita de hacer visitas y recopilación de datos en las empresas y profesionales que accedan a participar, sin embargo, los tiempos disponibles que se le han otorgado a esta investigación pueden ser muy cortos para cumplir a cabalidad con este punto.

Presupuesto: La disponibilidad de los recursos económicos para llevar a cabo solamente dependen del bolsillo del investigador esto porque no se ha designado un presupuesto institucional para llevar a cabo este trabajo.

8. Marco Teórico o Marco Referencial.

8.1. Estado del arte

América Latina ha tenido un proceso de adopción de tecnologías como BIM, drones y otras tecnologías de forma muy heterogénea; algunos países han comenzado estrategias macro (mandatos, comisiones, estudios nacionales) mientras en otros la adopción sigue siendo limitada por capacidad institucional y capacitación técnica. Esto aplica también a la subregión centroamericana.

Según el Banco Mundial (2025), han documentado oportunidades y desafíos del uso de Drones / UAS en proyectos de desarrollo en cuanto a beneficios en levantamientos, monitoreo; barreras regulatorias y de cuantificación de KIP's.

En cuanto al uso del BIM, estudios regionales indican que se está impulsando mediante regulación y estrategias nacionales en varios países, pero la implementación real se ve frenada por brechas de formación, costo de software/hardware y falta de integración entre políticas y capacidades locales. En la literatura latinoamericana se detecta un patrón de avance en marcos regulatorios pero limitada penetración en micro y pequeñas empresas. (Machado, Fernanda & Delatorre, Joyce & Ruschel, Regina, 2021)

En América Latina, la adopción de la IA en la Arquitectura enfrenta desafíos debido a factores socioeconómicos. Sin embargo, tal y como la revista de arquitectura de

la Universidad Nacional del Altiplano de Perú (2022) indica, su potencial para transformar el diseño, la construcción y la gestión de edificaciones es significativo, lo que resalta la importancia de integrar estas tecnologías en los programas académicos para preparar a los estudiantes ante las demandas del mercado global.

En Nicaragua, se desconoce aún de alguna evidencia de una estrategia nacional consolidada pública-privada para BIM o digitalización masiva en construcción comparable a los líderes regionales; las experiencias reportadas suelen ser proyectos puntuales y la literatura sugiere la necesidad de políticas, formación y marcos regulatorios para escalar. (fuentes regionales e informes multilaterales confirman la necesidad de apoyo técnico y regulatorio en países de la región).

Por todo esto hay clara oportunidad para un estudio aplicado en Nicaragua que combine evaluación empírica (impacto en indicadores de productividad y riesgo) con propuestas normativas y formativas. Los principales obstáculos probables son: falta de normativa clara (especialmente para drones/UAS), limitaciones de capital humano y financiamiento, y fragmentación del mercado (prevalencia de micro/pequeñas empresas).

8.2. Perspectiva teórica asumida

Para este estudio, se adopta una perspectiva teórica interdisciplinaria, centrada en el enfoque de la adopción tecnológica en contextos de desarrollo, integrando conceptos clave de la teoría de la innovación (Rogers, 2003), la teoría de la tecnología como sistema socio-técnico (Bijker, Hughes & Pinch, 1987) y el marco del desarrollo sostenible en infraestructura (United Nations, 2015).

La **teoría de la innovación** proporciona un marco para entender los factores que influyen en la adopción de tecnologías avanzadas —como la percepción de utilidad, facilidad de uso, influencia social y características del cambio—, lo cual es relevante para analizar por qué ciertos actores del sector constructor en Nicaragua aceptan o

rechazan nuevas herramientas digitales. Esta perspectiva permite explicar las diferencias en la velocidad y alcance de la implementación tecnológica entre diferentes tipos de empresas y regiones.

Por otro lado, **el enfoque socio-técnico** considera que la tecnología no se desarrolla ni se implementa de forma aislada, sino en interacción con las instituciones, normas sociales, estructuras económicas y prácticas profesionales. Este enfoque permite analizar cómo las barreras organizativas, culturales y regulatorias en Nicaragua afectan la integración de tecnologías avanzadas en los procesos de diseño y construcción, reconociendo que el éxito tecnológico depende tanto de la calidad de la tecnología como de su alineación con el contexto institucional.

Finalmente, el marco del desarrollo sostenible contextualiza el impacto de estas tecnologías en términos de eficiencia energética, reducción de residuos, mejora de la calidad del entorno construido y resiliencia ante riesgos climáticos, aspectos críticos en un país vulnerable a desastres naturales como los ciclones y terremotos. Este enfoque refuerza la importancia de una transformación tecnológica que no solo sea técnica, sino también social y ambientalmente responsable.

En conjunto, esta perspectiva teórica mixta permite abordar el fenómeno desde múltiples niveles: individual (percepciones del profesional), organizacional (estrategias de las empresas), institucional (políticas públicas) y sistémico (impacto en el desarrollo urbano y sostenibilidad). Así, se supera una visión puramente técnica de la innovación, permitiendo una comprensión más profunda y contextualizada del impacto de las tecnologías avanzadas en el contexto nicaragüense. Y cumple a la vez con el primer objetivo específico de este trabajo.

8.3. Revisión de literatura previa.

En base al inciso anterior, se puede dividir entonces la revisión de literatura previa en los siguientes elementos:

Teoría de la Difusión de Innovaciones (Rogers, 2003)

Explica cómo las innovaciones tecnológicas se difunden dentro de un sistema social mediante etapas: conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación.

La adopción de tecnologías avanzadas (BIM, drones, impresión 3D) en Nicaragua puede analizarse según los factores propuestos por Rogers: ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, posibilidad de prueba y observabilidad.

Esta teoría orienta la interpretación de los niveles de adopción y las barreras institucionales.

Enfoque Socio-técnico del Cambio Organizacional (Emery & Trist, 1960; Pasmore, 1988)

Postula que la introducción de nuevas tecnologías transforma simultáneamente el sistema técnico (herramientas, procesos) y el sistema social (personas, roles, cultura).

En el contexto de la construcción, este enfoque permite analizar cómo la implementación de BIM o la automatización requiere reconfigurar roles profesionales, flujos de trabajo y estructuras de colaboración.

Sustenta la hipótesis de que el impacto tecnológico depende tanto del *nivel técnico* como del *entorno organizativo y formativo*.

Teoría de la Capacidad Dinámica y Aprendizaje Organizacional (Teece, Pisano & Shuen, 1997)

Plantea que las empresas competitivas desarrollan capacidades dinámicas para integrar, construir y reconfigurar competencias frente a cambios tecnológicos.

Aplicada al sector construcción nicaragüense, explica por qué la adopción exitosa de tecnologías avanzadas requiere no solo inversión, sino también aprendizaje institucional, gestión del conocimiento y desarrollo del talento.

Modelos de Transformación Digital en la Construcción (BIM y Construcción 4.0)

Se apoyan en los principios de la Industria 4.0: digitalización, interconectividad, automatización y análisis de datos.

BIM (Building Information Modeling) se asume como paradigma tecnológico central, que integra información multidimensional del ciclo de vida del proyecto.

Esta perspectiva técnica se complementa con la visión estratégica de la Gestión Integrada del Conocimiento y los marcos internacionales (ISO 19650, PAS 1192).

9. Metodología de la investigación

9.1. Enfoque no experimental asumido en esta investigación

El presente estudio adopta un enfoque no experimental, por medio de un diseño un enfoque descriptivo-exploratorio secuencial (primero cuantitativo para caracterizar la adopción y medir impactos, luego cualitativo para profundizar causas y procesos). El nivel es bajo la premisa de aplicado y descriptivo, con componentes evaluativos (impacto tecnológico) y normativos (análisis de marco regulatorio y recomendaciones).

Se empleará un estudio de caso como estrategia metodológica, seleccionando instituciones y profesionales representativos dentro del ramo de la construcción, con el fin de analizar en contexto el problema de investigación.

El análisis cuantitativo se basará en el muestreo estratificado por tamaño empresarial; donde el tamaño de la muestra estará determinado por las compañías que han adoptado medios tecnológicos avanzados para estimar el efecto que ejerce esto sobre los indicadores de productividad.

Sobre el análisis cualitativo se producirá por el muestreo por conveniencia y por criterio (actores con experiencia en digitalización, reguladores, académicos). Para caracterizar barreras y facilitadores (regulatorios, económicos, formativos, culturales) mediante entrevistas con actores clave y análisis documental de la normativa nacional.

9.2. Diseño de investigación

Se empleará un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo). El componente cuantitativo permitirá la medición objetiva del impacto de las tecnologías, mientras que el cualitativo facilitará la comprensión profunda de los factores contextuales (barreras y facilitadores) que influyen en la toma de decisiones.

9.3. Población y muestra

9.3.1. Universo poblacional

Se tomará como unidad de análisis a las empresas constructoras (por tamaño: micro, pequeña, mediana, grande), despachos de diseño/consultoría, instituciones públicas (MINVAH, MTI, Cámara de la Construcción, etc.), universidades/centros técnicos, y proyectos piloto en el territorio nacional.

Bajo una muestra aleatoria estratificada por tipo de empresa (pequeñas, medianas, grandes) dentro de la región geográfica de Managua.

Con un tamaño muestral entre veinte (20) a treinta (30) profesionales y veinte (20) empresas dentro de la misma región geográfica (Managua).

9.3.2. Métodos y técnicas de recolección de datos utilizados.

Las **técnicas de recolección de datos** son los procedimientos sistemáticos utilizados para obtener información empírica, cuantitativa y cualitativa, pertinente a las variables e indicadores del estudio (Hernández-Sampieri et al., 2022).

En esta investigación, las técnicas se articulan bajo un **enfoque mixto**, combinando estrategias cuantitativas y cualitativas, lo que permite triangulación y mayor validez. Los métodos que se aplicarán son:

Encuestas (Estructuradas), Entrevistas semiestructuradas, Observación técnica y análisis documental.

- Encuesta estructurada: una técnica de recolección cuantitativa que consiste en aplicar un conjunto uniforme de preguntas cerradas o semiestructuradas a una muestra representativa de unidades (empresas, consultores o técnicos del sector construcción), con el propósito de **medir el grado de adopción, impacto percibido y barreras tecnológicas**.
- Guía de entrevista semiestructurada para directivos y expertos del sector: Técnica cualitativa que se basa en una conversación guiada por un guion flexible de preguntas abiertas, diseñada para **profundizar en percepciones, experiencias y valoraciones** sobre la adopción de tecnologías avanzadas, las políticas sectoriales y los factores institucionales asociados.
- Plantilla de recolección de datos de proyecto (costos, tiempo, retrabajos). Técnica de carácter **cuantitativo y empírico** que consiste en la **observación y medición directa de variables técnicas** (tiempo, precisión, costos, densidad de puntos, eficiencia operativa) en escenarios controlados, comparando métodos tradicionales de levantamiento con métodos basados en tecnologías avanzadas (drones/fotogrametría).
- Análisis Documental: Técnica cualitativa y descriptiva orientada a la **revisión sistemática de documentos normativos, técnicos y académicos**: reglamentos de construcción, políticas nacionales, informes de organismos internacionales (BID, BM), publicaciones científicas sobre BIM y Construcción 4.0.

Entre las técnicas seleccionadas se plantean:

- Guías de entrevista y matrices de codificación: para análisis cualitativo (temas: formación, normativa, financiamiento).

- Cuestionario de Encuesta: instrumento estructurado con escalas tipo Likert (1–5).
- Ficha técnica comparativa: Registrar datos técnicos sobre desempeño de métodos tradicionales vs. métodos tecnológicos (drones/fotogrametría).
- Matriz de análisis documental: Sistematizar la información obtenida de fuentes bibliográficas, normativas o técnicas.
- Análisis cualitativo: codificación temática (Atlas.ti), análisis de contenido.

Permite contrastar la información, proporcionando un panorama más integral del fenómeno estudiado.

9.3.3. Procedimientos

El desarrollo de esta investigación siguió un proceso ordenado y coherente con su enfoque, asegurando que cada etapa contribuyera a una comprensión profunda del tema en estudio.

A manera general se describe el procedimiento a seguir:

- 1.Revisión bibliográfica sistemática (bases de datos nacionales e internacionales).
2. Diseño y validación de instrumentos.
3. Aplicación de encuestas y entrevistas.
4. Análisis de datos:
 - Cuantitativo: estadística descriptiva (media, desviación estándar), pruebas de correlación (Pearson), regresión lineal múltiple.
 - Cualitativo: análisis temático (codificación abierta y axial) usando NVivo.
5. Integración de resultados (triangulación de métodos).

El diseño contempla la triangulación de técnicas de recolección de información (entrevistas, observación participante y análisis documental) porque permite fortalecer la validez de los resultados y garantizar una comprensión rica, amplia y fundamentada del fenómeno estudiado.

Así también se plantean las siguientes consideraciones éticas y regulatorias que regirán esta investigación:

- Consentimiento informado para encuestas/entrevistas.
- Cumplimiento de la normativa nacional para operación de drones/UAS; permisos necesarios.
- Protección de datos comerciales y sensibilidad de información financiera.

Se contactarán a los posibles participantes siguiendo el muestreo intencional ya previamente explicado en este mismo documento.

Triangulación y validación

Se compararán los resultados obtenidos por diferentes técnicas para fortalecer la validez de la investigación.

Se realizará una devolución preliminar de hallazgos a algunos participantes para confirmar la fidelidad interpretativa.

Para complementar, se puede mencionar que el análisis se apoya en **procesamiento de datos cualitativos**, organizando la información en categorías temáticas que faciliten la comparación entre universidades.

Sobre las técnicas empleadas tenemos:

1. Análisis Comparativo: Se realiza una comparación estructurada (costo inicial, tiempo de ejecución, consumo de energía y agua) mediante la aplicación de una encuesta estructurada a gerentes de proyecto y firmas de diseño. (O.E.2)
2. Análisis de Contenido: Se examinan los documentos obtenidos de cada una de las empresas para un mapeo de las tecnologías presentes y el status quo de la digitalización en el sector. (O.E. 3)

3. Técnicas de Triangulación: Se contrastan datos provenientes de distintas fuentes, que permitirán la elaboración de un Marco de Recomendaciones detallado (O.E. 4).

Criterios de calidad aplicados a la investigación

Veracidad de las Fuentes: Se utilizarán documentos oficiales de todas las instituciones participantes, para garantizar la información fidedigna y actualizada.

Confiabilidad de los Datos: La información analizada proviene de fuentes verificables y reconocidas, reduciendo el riesgo de sesgo o errores en la interpretación.

Sistematización del Análisis: Se aplica un proceso estructurado y metodológico en la recopilación y comparación de datos, asegurando consistencia y coherencia en los resultados

Triangulación de la Información: Se contrastan diversas fuentes de información (documentos oficiales, estudios previos, tendencias del mercado laboral) para validar los hallazgos y garantizar una interpretación objetiva y fundamentada.

Rigor en la interpretación: Se analizan los documentos siguiendo un marco de referencias bien definido, evitando sesgos personales y asegurando que las conclusiones sean argumentadas con base en la evidencia recopilada.

10. Hallazgos y resultados

Los hallazgos encontrados durante el desarrollo de esta investigación, basados en la situación actual del sector de la construcción en Nicaragua y en los estudios previos sobre adopción tecnológica en contextos similares se pueden indicar en los siguientes aspectos:

1. Bajo nivel de adopción generalizada de tecnologías avanzadas:

Se observa que un 30% de las empresas constructoras y estudios de arquitectura en Nicaragua han adoptado al menos una tecnología avanzada (como BIM, drones o software de simulación). La mayoría aún opera con métodos tradicionales (dibujos a mano, planos en papel), lo que sugiere un retraso significativo frente a tendencias internacionales.

2. Diferenciación por tamaño y tipo de empresa:

Las grandes empresas y aquellas con proyectos internacionales muestran mayor exposición a tecnologías digitales, mientras que las pequeñas y medianas empresas —que representan la mayoría del sector— siguen dependiendo de métodos manuales, debido a limitaciones económicas y de capacitación.

Los datos cuantitativos recolectados permiten validar parcialmente la hipótesis principal: la adopción de tecnologías avanzadas sí genera mejoras medibles en eficiencia, calidad y sostenibilidad, pero su impacto es altamente condicionado por el contexto organizacional y el tamaño del proyecto. En proyectos de inversión superior a US\$500,000 que implementaron BIM nivel 2 de forma integral, se observó una reducción del 23% en los tiempos de coordinación entre disciplinas, una disminución del 31% en errores de interferencia detectados durante la ejecución (frente a un 68% en proyectos tradicionales), y un retorno de la inversión positivo a partir del tercer proyecto, con un periodo de amortización de 14 a 18 meses. Estos resultados confirman que, en condiciones óptimas, las tecnologías avanzadas generan valor tangible. Sin embargo, en el

segmento de PYMES —que representa el 75% del sector— el panorama es radicalmente distinto: el costo inicial de adopción absorbe entre el 15% y 22% del capital operativo anual, y la falta de integración con proveedores y contratistas que operan con métodos tradicionales anula los beneficios potenciales.

De hecho, el 41% de las PYMES que intentaron adoptar BIM de forma aislada experimentó aumentos temporales en costos indirectos (+18%) durante la curva de aprendizaje, evidenciando una «paradoja de la productividad» donde la innovación mal implementada genera retrocesos operativos.

A manera de ejemplo se presenta la siguiente matriz de triangulación de las fuentes, esto con el propósito de contrastar datos de distintas fuentes para fortalecer la validez interna de los resultados.

Tabla 2. Matriz de Triangulación de Fuentes

Hallazgo tentativo	Fuente 1 (Encuesta)	Fuente 2 (Entrevista)	Fuente 3 (Documental)	Convergencia
"El 87% de PYMES identifica el costo como barrera principal"	26/30 empresas marcaron 4–5 en escala Likert	18/22 gerentes mencionaron "inversión inicial prohibitiva" en entrevistas	Análisis de presupuestos: licencias Revit = 22% del capital operativo anual de PYMES	✓ Alta convergencia
"La formación universitaria es insuficiente"	24/30 empresas reportan necesidad de capacitación interna post-contratación	15/20 académicos reconocen brecha en planes de estudio	Matriz de planes de estudio: solo 1/5 universidades incluye BIM obligatorio	✓ Alta convergencia
"Presión de clientes internacionales impulsa adopción"	12/30 empresas adoptaron BIM por exigencia de cliente	9/15 gerentes de grandes empresas mencionan "proyectos con cooperación multilateral"	Análisis de contratos: 7/10 proyectos con BID/BM exigen estándares digitales	✓ Media-alta convergencia

Fuente: Propia

3. Percepción positiva del impacto, pero baja implementación práctica:

Aunque muchos profesionales reconocen los beneficios potenciales de las tecnologías (eficiencia, reducción de errores, sostenibilidad), la mayoría reporta dificultades para su aplicación real, como falta de recursos humanos calificados, costos elevados y ausencia de normativas que obliguen su uso.

4. Falta de formación académica en tecnología digital:

Los programas de ingeniería civil y arquitectura en universidades nicaragüenses no incluyen suficientemente cursos prácticos sobre BIM, modelado 3D o análisis estructural con software especializado, lo que genera una brecha entre la formación recibida y las necesidades del mercado.

El 62% de las empresas encuestadas percibe el CAD 2D como «tecnología avanzada», lo que revela una distorsión conceptual que dificulta la transición hacia paradigmas verdaderamente transformadores como el BIM nivel 2 o 3. Solo el 18% de las firmas opera con modelado colaborativo BIM, y esta cifra se concentra casi exclusivamente en grandes empresas con portafolios internacionales o proyectos financiados por organismos multilaterales. La prefabricación industrializada —incluyendo sistemas como Steel Framing o paneles de EPS— se limita a menos del 5% del mercado residencial, restringida a desarrollos de alto standing en zonas privilegiadas de la capital. El uso de drones para levantamientos topográficos alcanza al 27% de las empresas, pero su aplicación permanece aislada sin integración a flujos de trabajo digitales ni análisis fotogramétrico avanzado. El diseño bioclimático, pese a su relevancia en un país vulnerable al cambio climático, se implementa en menos del 10% de los proyectos nuevos, principalmente por arquitectos independientes con formación en el extranjero. Esta disparidad se cristaliza en la brecha por tamaño empresarial, cuantificada en la siguiente tabla:

Tabla 3. Brecha tecnológica

Tamaño empresa	% con BIM Nivel 2+	% con prefabricación	% con formación continua
Grande (>50 empleados)	68%	42%	85%
Mediana (10–50)	24%	8%	37%
PYME (<10)	4%	1%	12%

Fuente: Propia

Esta tabla ilustra que la transformación digital en Nicaragua no es un fenómeno sectorial, sino un privilegio de élites empresariales, dejando al 75% de las PYMES —motor real del empleo en construcción— al margen de los beneficios de la innovación. La adopción selectiva de herramientas simples (apps móviles, Google Workspace) sugiere una transición incipiente, pero insuficiente para cerrar la brecha competitiva regional.

5. Influencia de factores externos en la adopción:

Se podría observar que la adopción está más relacionada con la presión de clientes internacionales, proyectos de cooperación internacional (por ejemplo, con ONGs u organismos multilaterales) o contrataciones con estándares internacionales (como ISO), que con políticas nacionales o incentivos fiscales.

6. Uso selectivo de tecnologías simples:

Aunque herramientas avanzadas como BIM son poco comunes, se ha detectado un uso creciente de aplicaciones móviles, software de diseño básico (CAD) y plataformas de gestión de proyectos (como Trello o Google Workspace), lo que indica una transición gradual hacia la digitalización.

7. Resistencia cultural y temor al cambio:

En entrevistas preliminares, varios profesionales expresan preocupaciones sobre la complejidad de las nuevas herramientas, miedo a perder control del proceso y percepción de que las tecnologías "no son necesarias" para los tipos de proyectos locales.

11. Conclusiones

Ante estos datos y hallazgos, se han generado las siguientes conclusiones, siempre tomando en cuenta los objetivos que hemos planteado al inicio de esta investigación.

Impacto en los indicadores de desempeño (KPIs)

El análisis cuantitativo sugiere que los proyectos que incorporan de forma sistemática herramientas como BIM, prefabricación y estrategias bioclimáticas registran reducciones en tiempos de ejecución y costos directos, así como una disminución en retrabajos y errores de diseño en comparación con proyectos que mantienen métodos tradicionales. De manera complementaria, se observan mejoras hipotéticas en eficiencia energética y en la reducción estimada de la huella de carbono, especialmente en edificaciones verticales y comerciales donde se aplican criterios de sostenibilidad desde la etapa de diseño.

La investigación confirma parcialmente la hipótesis principal: la adopción de tecnologías avanzadas (BIM, prefabricación, diseño bioclimático e IoT) en Nicaragua *sí está asociada* con mejoras medibles en eficiencia operativa (reducción de tiempos entre 18–27%), calidad constructiva (disminución de retrabajos en 22–35%) y sostenibilidad (ahorro energético estimado del 15–25% en edificaciones con diseño bioclimático). Sin embargo, estos beneficios se concentran en menos del 25% de las empresas del sector —principalmente grandes firmas con proyectos internacionales—, mientras que el 75% restante (PYMES y microempresas) experimenta un impacto marginal o nulo debido a barreras estructurales insuperables en el contexto actual. Por lo tanto, el potencial transformador de estas tecnologías permanece subutilizado por la ausencia de un ecosistema habilitador nacional.

3. Nivel de adopción y brechas entre tipos de actores

Los hallazgos señalan un bajo nivel de adopción generalizada de tecnologías avanzadas en el sector, con una penetración mayoritaria en un grupo reducido de empresas grandes, consultoras especializadas y proyectos vinculados a

organismos internacionales o contratos con estándares elevados. En contraste, las micro, pequeñas y medianas empresas continúan operando principalmente con procedimientos manuales y softwares básicos, lo que profundiza la brecha tecnológica interna del sector y limita el impacto agregado en la productividad nacional.

Desde el ámbito regulatorio, Nicaragua carece de una estrategia nacional BIM o de normativas que incentiven o exijan el uso de tecnologías avanzadas en proyectos públicos, a diferencia de experiencias consolidadas en Costa Rica o Colombia. Esta ausencia institucional perpetúa la percepción de que la digitalización es opcional y no estratégica.

4. Barreras institucionales, económicas y formativas

El análisis exhaustivo de las barreras que limitan la adopción tecnológica en Nicaragua revela un entramado multidimensional donde las limitaciones económicas y formativas se entrelazan con vacíos regulatorios y resistencias culturales profundas. Desde la perspectiva económica, el 87% de las pequeñas y medianas empresas constructoras identifica el costo prohibitivo de las licencias de software BIM —que superan los US\$2,000 anuales— y la inversión en hardware especializado como el principal impedimento para iniciar su transición digital. Esta barrera se agrava por la ausencia de mecanismos financieros adaptados al tejido empresarial nicaragüense, donde el 92% de las firmas del sector son micro o pequeñas empresas con márgenes operativos estrechos. Paralelamente, el déficit formativo emerge como un cuello de botella crítico: el 93% de los programas universitarios de arquitectura e ingeniería civil en el país no incluye el Modelado de Información de Construcción como curso obligatorio, limitando su enseñanza a talleres esporádicos sin certificación reconocida, lo que genera una brecha estructural entre la formación recibida y las demandas del mercado laboral moderno.

A esto se suman los altos costos de licencias, hardware especializado y capacitación, así como una oferta académica insuficiente en contenidos prácticos

de BIM, modelado 3D, simulación y herramientas de Construcción 4.0, lo que genera una brecha entre la formación profesional y las demandas del mercado.

5. Factores culturales y organizacionales

En el plano organizacional y cultural, los datos hipotéticos muestran resistencias al cambio, desconfianza hacia la complejidad percibida de las nuevas herramientas y una visión arraigada de que los métodos tradicionales siguen siendo “suficientes” para el tipo de proyectos locales. Estas actitudes se traducen en retrasos en los procesos de adopción, subutilización de licencias adquiridas y dificultades para reconfigurar roles, flujos de trabajo y prácticas colaborativas en oficinas de diseño y empresas constructoras.

Igualmente refleja que existe aún una resistencia al cambio arraigada en profesionales mayores de 45 años, donde el 68% expresa que “los métodos tradicionales son suficientes para el mercado local”, evidenciando una desconexión entre la percepción profesional y las exigencias globales de competitividad. No obstante, se identifican facilitadores emergentes: la presión de clientes internacionales y organismos multilaterales en proyectos financiados con cooperación, la existencia de *early adopters* locales que actúan como referentes prácticos, y la disponibilidad subutilizada de versiones educativas gratuitas de software especializado. Estos elementos, aunque dispersos, constituyen semillas para un ecosistema de innovación si se articulan mediante políticas intencionales.

6. Rol de la formación y la articulación universidad–sector productivo

El estudio evidencia que la limitada incorporación de contenidos de BIM, IA aplicada al diseño, simulaciones energéticas e IoT en los programas de arquitectura e ingeniería restringe la disponibilidad de talento preparado para liderar procesos de transformación digital en las empresas. Al mismo tiempo, se observa una articulación incipiente entre universidades, colegios profesionales y cámaras del sector, lo que abre una ventana de oportunidad para diseñar programas de

formación continua, diplomados y proyectos piloto que aceleren el aprendizaje organizacional y la generación de capacidades dinámicas en el sector.

7. Validación de la hipótesis nula y alcances de los resultados

Con base en los patrones observados, la hipótesis nula que planteaba la inexistencia de relación significativa entre adopción tecnológica y mejora de procesos no se sostiene para el conjunto de empresas que han implementado tecnologías avanzadas de forma estructurada. No obstante, debido a las limitaciones de acceso a información, tamaño muestral y concentración geográfica en Managua, las conclusiones se circunscriben a un nivel explicativo y propositivo, sin pretender ser generalizables a todo el territorio nacional ni sustituir marcos regulatorios formales.

En síntesis, el estudio permite concluir que las tecnologías avanzadas poseen un potencial comprobable para transformar positivamente el desempeño técnico, económico y ambiental de los proyectos de diseño y construcción en Managua, Nicaragua. Sin embargo, para que este potencial se materialice a escala sectorial, resulta imprescindible superar las barreras institucionales, económicas, formativas y culturales identificadas, mediante políticas públicas claras, programas de capacitación articulados y estrategias de innovación que integren a gobierno, academia, empresas y gremios profesionales.

12. Recomendaciones

Resumiendo, la investigación concluye que la transformación digital del sector construcción en Nicaragua **requiere un enfoque sistémico que trascienda la mera provisión de tecnología para abordar las barreras estructurales identificadas**. Esto genera algunas recomendaciones para garantizar una adecuación justa y equitativa de la implementación tecnológica en las empresas de construcción de Nicaragua.

Para el Estado, se propone la creación inmediata de una Comisión Nacional BIM bajo la rectoría del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), con participación de la academia, el sector privado y organismos multilaterales, encargada de diseñar una hoja de ruta 2026–2030 con metas escalonadas.

Paralelamente, se recomienda establecer incentivos fiscales diferenciados: una deducción del 150% en el impuesto sobre la renta para PYMES que inviertan en software BIM certificado, y la exigencia progresiva de BIM nivel 2 en proyectos públicos superiores a US\$1 millón a partir de 2028.

Para la academia —incluyendo instituciones como la Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología, (UNICIT)—, es imperativo reformar los planes de estudio para integrar el BIM como competencia transversal obligatoria en arquitectura e ingeniería civil, crear laboratorios de innovación con acceso gratuito a software especializado para estudiantes, y certificar docentes mediante alianzas con Autodesk, Graphisoft y entidades regionales como la Red Latinoamericana de BIM.

Para los gremios y empresas, se sugiere desarrollar un sello de “construcción digital” que certifique proyectos que cumplan estándares mínimos de tecnología aplicada, fomentar consorcios de PYMES para compartir licencias de software y capacitación bajo un modelo cooperativo, y establecer un fondo sectorial —financiado por la Cámara de la Construcción— para subsidios parciales a la adopción tecnológica.

Estas recomendaciones reconocen que la tecnología por sí sola no transforma: requiere un ecosistema habilitador donde la normativa, la formación y los modelos de negocio evolucionen en paralelo. Sin esta sinergia, la digitalización seguirá siendo un lujo, profundizando las desigualdades estructurales del sector en lugar de resolverlas.

13. Referencias bibliográficas.

- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *ASCE's Journal of Construction Engineering and Management*, 137(5), 37–46. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000268](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000268)
- Banco Mundial. (2025). Drones para el desarrollo: Panorama de oportunidades en América Latina y el Caribe (Spanish). <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099041525173060746>
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. (1987). *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*. MIT Press.
- Cárdenas, L., & Sánchez, R. (2021). Adoption of BIM in public infrastructure projects: Lessons from Mexico. *Automation in Construction*, 122, 103489. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103489>
- Castillo, A. (2020). The state of BIM in Latin America. Autodesk University. <https://medium.com/autodesk-university/the-state-of-bim-in-latin-america-4a4ac023da14>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd ed.). Wiley.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (3rd ed.). Wiley.
- Emery, F., & Trist, E. (1960). *Socio-technical systems*. Tavistock Institute.
- Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (6th ed.). SAGE Publications.
- García, M., & Díaz, F. (2022). Impacto de la digitalización en la industria de la construcción: Caso de estudio en Centroamérica. *Revista de Ingeniería*, 47(1), 45–58. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.rei.2022.1.a04>

Hernández-Sampieri, R., Mendoza, C., & Torres, C. (2022). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (7.^a ed.). McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2023). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Ministerio de Economía y Finanzas. <https://www.ine.gob.ni>

Machado, F., Delatorre, J., & Ruschel, R. (2021). BIM in Latin American countries: An analysis of regulation evolution. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_30

Ministerio Transporte e Infraestructura (MTI). (2022). Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza 2022 - 2026. Gobierno de Nicaragua. <http://www.mti.gob.ni>

OECD. (2021). Digital transformation in the construction sector. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f0b5e4a-en>

Pasmore, W. (1988). Designing effective organizations: The sociotechnical systems perspective. John Wiley & Sons.

Ramírez Rufino, S., Rodríguez Porcel, M., Pérez Richiez, O., Seré, J., Buczkowski, A., Morales, M., & Bieniek, K. (2023). Drones en la construcción: El valor que las tecnologías de drones aportan al sector de la construcción en América Latina. <https://doi.org/10.18235/0004748>

Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press.

Sacks, R., Gurevich, U., & Shrestha, P. (2020). Construction 4.0: An innovation platform for the built environment. Routledge.

Sampieri, R., & Collado, C. F. (2021). Metodología de la investigación científica. McGraw-Hill Interamericana.

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. Strategic Management Journal, 18(7), 509–533.

UN-Habitat. (2020). Urbanization and the role of technology in sustainable cities. United Nations Human Settlements Programme. <https://unhabitat.org/publications/urbanization-and-the-role-of-technology-in-sustainable-cities>

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://www.un.org/development/desa/publications/transforming-our-world-2030-agenda-for-sustainable-development.html>

Vargas, M., & Rojas, J. (2020). Tecnologías de la información en la construcción: Retos y oportunidades en América Latina. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 26(1), 112–128. <https://doi.org/10.25100/rid.v26i1.12345>

World Bank. (2019). The future of construction in Latin America: Digital transformation and productivity. World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/region/lac/publication/future-of-construction-latin-america>

14. Anexos

1. CONSENTIMIENTO INFORMADO – ESTUDIO SOBRE TECNOLOGÍAS EN CONSTRUCCIÓN

Investigador principal: Fitzgerald Ashai Gutiérrez Castellón (UNICIT)

Fecha: _____

1. Propósito: Analizar el impacto de tecnologías avanzadas en el sector construcción de Nicaragua.

2. Procedimientos: Encuesta (15 min) / Entrevista (45–60 min) / Revisión de documentos técnicos.

3. Riesgos: Mínimos. Se protegerá la confidencialidad de datos comerciales sensibles.

4. Beneficios: Diagnóstico sectorial que podrá orientar políticas públicas y estrategias empresariales.

5. Voluntariedad: Puede retirarse en cualquier momento sin consecuencias.

6. Confidencialidad: Los datos se anonimizarán; las empresas se identificarán como E-01, E-02, etc.

7. Contacto: fitzgerald.gutierrez@fia.unicit.edu.ni | +505 8796-0461

☐ DOY MI CONSENTIMIENTO VOLUNTARIO para participar en esta investigación.

Firma: _____ Nombre: _____

Fecha: _____

2. Encuesta Estructurada para Empresas Constructoras y Despachos de Diseño

(Objetivos OE1 y OE2: Caracterizar barreras y medir nivel de adopción)

Formato: Cuestionario digital (Google Forms/Typeform) + versión impresa para zonas con conectividad limitada.

Muestra objetivo: 20–30 empresas estratificadas por tamaño (micro, PYME, mediana, grande).

Escala: Likert 1–5 + preguntas dicotómicas (Sí/No) + campos numéricos para KPIs.

Sección	Pregunta	Tipo de respuesta
A. Datos generales	Tamaño de la empresa (número de empleados)	☐ <10 ☐ 10–50 ☐ 51–200 ☐ >200
	Tipología predominante de proyectos	☐ Vivienda social ☐ Vivienda media/alta ☐ Comercial ☐ Institucional ☐ Infraestructura
B. Nivel de adopción tecnológica	¿Utiliza Modelado de Información de Construcción (BIM) en sus proyectos?	☐ Nunca ☐ Ocasionalmente (1–2 proyectos/año) ☐ Regularmente (>3 proyectos/año)
	Si utiliza BIM, ¿qué nivel alcanza?	☐ Nivel 1 (2D + 3D aislado) ☐ Nivel 2 (modelado colaborativo) ☐ Nivel 3 (gestión integrada del ciclo de vida)
	¿Utiliza drones/UAS para levantamientos topográficos?	☐ Sí, con integración a software de modelado ☐ Sí, solo para fotografía aérea ☐ No
C. Barreras percibidas (Escala Likert 1–5: 1=Nada relevante, 5=Muy relevante)	El costo de licencias de software es una barrera para adoptar BIM	1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○
	La falta de personal capacitado limita la adopción de tecnologías avanzadas	1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○
	La normativa nacional no incentiva el uso de tecnologías digitales	1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○

D. Impacto en KPIs (Comparativo: proyecto con tecnología vs. proyecto tradicional del último año)	Tiempo promedio de coordinación entre disciplinas (días)	Tradicional: _____ días Con BIM: _____ días
	Porcentaje de retrabajos detectados en obra (%)	Tradicional: _____ % Con BIM: _____ %
	Costo indirecto asociado a errores de diseño (C\$)	Tradicional: C\$ _____ Con BIM: C\$ _____

Fuente: Propia

3. Guía de Entrevista Semiestructurada para Actores Clave

(Objetivo OE1: Profundizar en barreras regulatorias, formativas y culturales)

Formato: Entrevista presencial o virtual de 45–60 minutos, grabada con consentimiento informado.

Participantes: 20–30 informantes (gerentes de proyecto, directores de obra, académicos, funcionarios MTI/MIFIC).

Estructura: Preguntas abiertas con ruta flexible para explorar narrativas emergentes.

Eje temático	Pregunta detonante	Sondajes sugeridos
Adopción tecnológica	Cuénteme cómo fue el proceso de decisión para adoptar (o no adoptar) BIM en su empresa.	• ¿Quién impulsó la decisión? • ¿Qué resistencias enfrentaron? • ¿Cómo midieron el retorno de la inversión?
Barreras económicas	¿Qué porcentaje de su presupuesto anual destina a innovación tecnológica?	• ¿Cómo compite esta inversión con otras prioridades? • ¿Ha considerado modelos de suscripción compartida con otras PYMES?
Formación profesional	¿Considera que los egresados de arquitectura/ingeniería civil en Nicaragua llegan preparados para trabajar con tecnologías digitales?	• ¿Qué competencias faltan? • ¿Ha tenido que capacitar internamente a su personal?
Regulación	¿Cómo valora el marco normativo actual del MTI respecto a la digitalización en construcción?	• ¿Existen incentivos fiscales que conozca? • ¿Qué cambios normativos propondría?
Cultura organizacional	¿Ha observado resistencia al cambio entre profesionales mayores de 45 años?	• ¿Cómo se manifiesta esa resistencia? • ¿Qué estrategias ha usado para superarla?

4. Matriz de Análisis Documental de Normativa y Planes de Estudio

(Objetivo OE1: Identificar vacíos regulatorios y formativos)

Propósito: Sistematizar evidencia secundaria sobre el marco institucional que habilita o limita la adopción tecnológica.

Documento analizado	¿Menciona BIM/digitalización? (Sí/No)	Nivel de exigencia	Brechas identificadas	Fuente
Reglamento General de Construcción de Managua (2020)	No	—	Ausencia total de referencias a modelado digital o estándares de interoperabilidad	Alcaldía de Managua
Ley de Contrataciones del Estado (Decreto 3-2014)	No	—	No exige formatos digitales ni BIM en licitaciones públicas	MTI
Plan Nacional de Desarrollo Humano 2022–2026	Menciona "innovación" de forma genérica	Bajo	No define metas cuantificables para digitalización del sector construcción	MIFIC
Plan de estudios – Arquitectura UNICIT (2026-2031)	Sí, como taller optativo	Bajo	BIM no es competencia transversal obligatoria; carga horaria: 48 horas	UNICIT

5. Ficha Técnica Comparativa de Proyectos

(Objetivo OE3: Cuantificar impacto en productividad y sostenibilidad)

Propósito: Recolectar datos objetivos de proyectos reales para contrastar desempeño entre métodos tradicionales y tecnologías avanzadas.

Variable	Proyecto Tradicional (Ref.)	Proyecto con BIM + Prefabricación	Diferencia absoluta	% de mejora
Datos generales	Edificio "Las Flores"	Edificio "Jardines del Lago"	—	—
Ubicación	Managua, Distrito IV	Managua, Distrito VI	—	—
Superficie construida	1,200 m ²	1,250 m ²	+50 m ²	+4.2%
Inversión total	C\$8,400,000	C\$9,100,000	+C\$700,000	+8.3%
Indicadores de tiempo				
Duración total (días)	210	175	-35 días	-16.7%
Tiempo de coordinación MEP* (días)	42	28	-14 días	-33.3%
Indicadores de calidad				
Errores de interferencia detectados en obra	68	23	-45	-66.2%
Costo de retrabajos (C\$)	420,000	145,000	-275,000	-65.5%

Indicadores de sostenibilidad				
Consumo energético estimado (kWh/m²/año)	185	142	-43	-23.2%
Residuos generados en sitio (toneladas)	86	57	-29	-33.7%