

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA



ARTÍCULO CIENTÍFICO FINAL DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA INGENIERÍA.

TEMA DEL ARTÍCULO:
CONTROL DE CALIDAD: COMPARACIÓN DE MÉTODOS TRADICIONALES VS BIM.

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

DOLORES ESTEFANI RAMOS GÓMEZ	RG19054
CRISTIAN ADALBERTO SANTOS ORELLANA	SO18005

DOCENTE ASESOR:
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS.

NOVIEMBRE DE 2025
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN MATA

VICERRECTORA ACADÉMICA

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA

FISCAL GENERAL

LICDA. ANA RUTH AVELAR VALLADARES

DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
AUTORIDADES



M.SC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO
DECANO

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA
VICEDECANA

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ
SECRETARIO

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO
DIRECTOR DE LA ESCUELA O JEFE DE DEPARTAMENTO

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA
COORDINADORA DEL PROCESO DE GRADO DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

CONTROL DE CALIDAD: COMPARACION DE MÉTODOS TRADICIONALES VS BIM.

QUALITY CONTROL: COMPARISON OF TRADITIONAL METHODS VS BIM.

RESUMEN.

El presente estudio aborda la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) como herramienta de control de calidad en edificaciones, destacando su potencial para transformar los procesos constructivos en El Salvador.

A través de un análisis documental y comparativo con países como España, Chile, México, Reino Unido y Estados Unidos, se evidenció que la integración de BIM en los sistemas de gestión de calidad permite optimizar la planificación, coordinación y supervisión de las obras, mediante la gestión digital y colaborativa de la información.

La investigación identifica que, mientras en dichos países la metodología se encuentra respaldada por marcos normativos internacionales como la ISO 19650¹, en El Salvador su aplicación aún es

limitada y se basa en métodos tradicionales centrados en inspecciones visuales y revisiones manuales de documentación técnica.

El estudio adaptado al contexto salvadoreño, orientada a la implementación gradual de BIM como instrumento de control preventivo de calidad, fomentando la eficiencia, transparencia y sostenibilidad en la construcción.

En conclusión, la adopción de BIM representa una oportunidad estratégica para la modernización del sector, fortaleciendo la trabajabilidad y reduciendo los errores constructivos mediante la integración tecnológica y la colaboración interdisciplinaria.

Palabras clave: Metodología BIM, Control de calidad, Edificaciones, ISO 19650, El Salvador.

¹Norma Global para gestión BIM.

ABSTRACT

This study addresses the application of the Building Information Modeling (BIM) methodology as a quality control tool in buildings, emphasizing its potential to transform construction processes in El Salvador.

Through a documentary and comparative analysis with countries such as Spain, Chile, Mexico, the United Kingdom, and the United States, it was demonstrated that the integration of BIM into quality management systems enhances project planning, coordination, and supervision through digital and collaborative information management.

The research identifies that, while these countries rely on international standards such as ISO 19650, in El Salvador, its implementation remains limited and based on traditional methods focused on visual inspections and manual document reviews.

The study to the Salvadoran context, aimed at the gradual implementation of BIM as a preventive quality control tool, promoting efficiency, transparency, and sustainability in construction. In conclusion, the adoption of

BIM represents a strategic opportunity to modernize the sector, strengthen traceability, and reduce construction errors through technological integration and interdisciplinary collaboration.

Keywords: BIM methodology, Quality control, Buildings, ISO 19650, El Salvador.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, los procesos de control de calidad en la construcción continúan dependiendo en gran medida de métodos tradicionales basados en inspecciones manuales, revisiones documentales impresas y supervisión presencial. Este modelo, aunque funcional, presenta limitaciones en la coordinación, la trabajabilidad de la información y la detección temprana de errores, lo que impacta directamente en la eficiencia y la confiabilidad de las obras ejecutadas.

Ante este panorama, la metodología Building Information Modeling (BIM) surge como una alternativa estratégica para modernizar la gestión de calidad en el sector construcción salvadoreño. BIM permite integrar en un entorno digital colaborativo toda la información del proyecto, facilitando la planificación, el control y la supervisión mediante modelos

inteligentes que anticipan errores y mejoran la comunicación entre los diferentes agentes involucrados.

La presente investigación se centra en analizar comparativamente la aplicación de la metodología BIM como herramienta de control de calidad frente a los métodos tradicionales empleados en El Salvador, tomando como referencia experiencias internacionales exitosas en países como Chile, España, Turquía, China y Suecia. A partir de este análisis, se busca evidenciar los beneficios potenciales, las barreras de implementación y las oportunidades de mejora que permitirían la adopción gradual de BIM en el contexto nacional, con el propósito de fortalecer la eficiencia, la transparencia y la sostenibilidad en la industria de la construcción.

METODOLOGÍA.

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-analítico, orientado a la ayuda de elaboración de una guía metodológica en otros futuros trabajos que permita aplicar la metodología Building Information Modeling (BIM) como herramienta de control de calidad en edificaciones.

El diseño de la investigación es de carácter documental y comparativo, basado en la revisión sistemática de literatura técnica, normativa y científica sobre la aplicación de la metodología BIM en el control de calidad de edificaciones. Este tipo de diseño permite recopilar, clasificar y analizar información proveniente de fuentes internacionales reconocidas, como manuales, guías de implementación, normas ISO, artículos académicos y casos de estudio aplicados en países que han avanzado en la adopción de BIM.

A través de este análisis, se pretende identificar las mejores prácticas y modelos de referencia que puedan servir como base para tener una idea para la elaboración de una metodología adaptada al contexto nacional. Posteriormente, los resultados obtenidos de esta revisión se contrastarán con la situación actual del sector construcción en El Salvador.

Para el análisis de los datos se empleó un método interpretativo y comparativo. Se realizará la revisión y análisis documental de los modelos, normas y experiencias internacionales más relevantes en materia de control de calidad mediante BIM, con el objetivo de

identificar patrones, estándares y estrategias replicables.

Se llevó a cabo una comparación crítica entre los resultados obtenidos y la realidad del sector construcción salvadoreño, tomando en cuenta las condiciones tecnológicas, institucionales y profesionales actuales.

Finalmente, se conocieron los métodos para la implementación de BIM como herramienta de control de calidad en edificaciones, considerando la adaptabilidad y viabilidad en el contexto nacional.

Población y muestra

Dado el carácter documental y comparativo de la investigación, la población de estudio se constituye por la totalidad de documentos técnicos, normativos, académicos y casos de aplicación relacionados con el uso de BIM en el control de calidad de edificaciones a nivel internacional y regional.

Sin embargo, debido a la amplitud de este, se seleccionará una muestra intencionada de fuentes representativas según criterios de relevancia, actualidad y aplicabilidad al contexto salvadoreño.

El resultado esperado será un conjunto estructurado de recomendaciones y estrategias que orienten la integración de BIM en los procesos de control de calidad de edificaciones en El Salvador, considerando la factibilidad técnica y administrativa de su implementación.

Instrumentos y técnicas de análisis

El principal instrumento de recolección de datos será una matriz de análisis documental, en la cual se registrarán las variables más relevantes identificadas en cada fuente, tales como los objetivos de aplicación de BIM, las fases del control de calidad involucradas, los indicadores de desempeño, las normas técnicas empleadas y los resultados obtenidos.

Posteriormente, mediante la técnica de análisis de contenido, se estudiarán según su pertinencia y relación con los objetivos del estudio.

Este procedimiento permitirá establecer relaciones comparativas y derivar conclusiones interpretativas que sirvan de base para conocer la metodología final.

Aplicación de la Metodología BIM como Herramienta de Control de Calidad en Edificaciones

La metodología Building Information Modeling (BIM) constituye un enfoque integral, digital y colaborativo para la concepción, diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones, orientado a gestionar de manera eficiente y efectiva toda la información relevante del proyecto.

BIM no se limita a producir representaciones tridimensionales, sino que incorpora datos funcionales, técnicos, temporales y de costos, permitiendo simular y prever comportamientos, detectar conflictos y mejorar la coordinación entre los distintos agentes del proyecto. (Chuck Eastman, 2011)

El propósito central del BIM se sitúa en optimizar los procesos constructivos, minimizar errores y retrabajos, mejorar la comunicación entre arquitectos, ingenieros, contratistas, supervisores y otras partes interesadas, así como asegurar la trabajabilidad y

estandarización de los datos durante todo el ciclo de vida de la edificación.

Las ventajas más relevantes de su uso incluyen mejora en la eficiencia del diseño, reducción de costos y tiempos, mayor precisión y coherencia en la ejecución, visibilidad de interferencias (Clash detection), y una mejor gestión del mantenimiento posterior a la construcción.

Sin embargo, estas ventajas no se cumplen automáticamente; requieren de infraestructura adecuada, estándares normativos claros, capacitación del personal y una cultura organizacional orientada hacia la transparencia, la colaboración y la calidad.

Normativa ISO aplicable: control de calidad, gestión de información y estándares BIM

El control de calidad en construcción se fundamenta en normas que garantizan procedimientos sistemáticos para verificar que los procesos y productos cumplan requisitos técnicos, normativos y de desempeño.

De particular referencia son ISO 9001:2015², centrada en sistemas de gestión de la calidad, y la serie ISO 19650,

²Es un estándar internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad.

responsabilidades y flujos de trabajo de intercambio de información.

ISO 9001:2015 establece principios de calidad tales como el enfoque al cliente, mejora continua, liderazgo, compromiso de las personas, toma de decisiones basada en evidencia y gestión de riesgos.

Estos principios son compatibles con las prácticas BIM, pues BIM facilita evidenciar, documentar y monitorear procesos, detectar no conformidades y retroalimentar mejoras.

Por otro lado, ISO 19650 define los estándares para estructuras de gestión de la información digital, la elaboración de mandatos de información del cliente (CIR: Client Information Requirements), requisitos de intercambio, planeamiento de corrientes de información y roles de coordinación.

De acuerdo con reportes recientes, varias jurisdicciones han adoptado o están adaptando ISO 19650 al contexto nacional, lo que contribuye a establecer requisitos formales que permiten que BIM cumpla no

solo roles estéticos o funcionales, sino roles de aseguramiento y control de calidad.

Estudios internacionales y casos de países implementando el BIM en control de calidad.

Para entender mejor cómo se aplica BIM en control de calidad bajo normas ISO y otros estándares, conviene revisar ejemplos de diferentes países que han desarrollado casos de estudio, normativas o modelos que integran BIM con control de calidad, verificaciones, trabajabilidad y vigilancia normativa.

En Chile, el estudio “BIM-GIS-Based Approach for Quality Management Aligned with ISO 9001” analiza un flujo digital llamado QualiSite, que integra BIM y SIG (GIS)³ para gestionar inspecciones georreferenciadas, trabajabilidad documental y cumplimiento de los estándares de calidad durante la fase de construcción. Este estudio evidencia mejoras claras en la consistencia de los registros de calidad y en la coordinación entre los datos de campo y los modelos digitales. (Pablo Araya, 2025)

³Sistema de información Geográfica.

⁴Grupo independientes de empresas de servicio de ingeniería, arquitectura y consultoría.

Figura 1

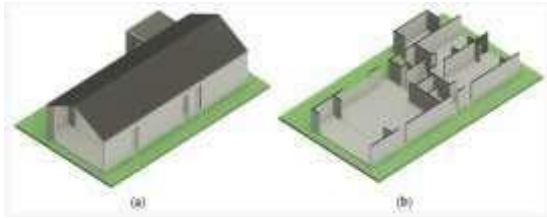


Imagen Geo-referenciada, trabajabilidad documental

Nota: Pablo Araya y Pedro Moraga (2025)

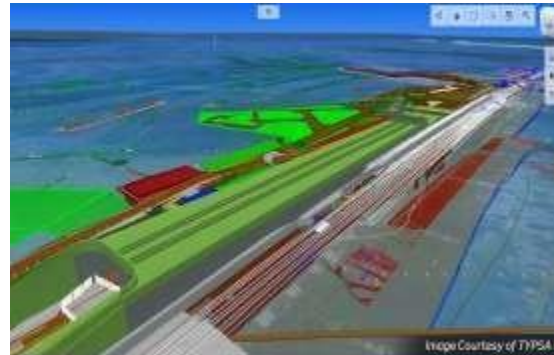
Modelado BIM-GIS en Chile.

<https://n9.cl/6uwskd>

En España, el grupo consultor TYP SA⁴ obtuvo la certificación ISO 19650 para sus flujos de trabajo BIM, lo que implicó adoptar estándares de gestión de la información que mejoran la calidad del diseño, reducen pérdidas de información durante el ciclo de vida y garantizan entregables coherentes. En dicho caso, la certificación implicó homogeneizar plantillas, estándares de modelado, coordinación digital y gestión de modelos federados (modelos combinados de distintas disciplinas), lo que redundó en mayor calidad en los entregables. (GRUOP, 2023)

Figura 2

Integración del modelado con información geográfica.



Nota: TYP SA. (2021). Utilización de Bentley. <https://n9.cl/aj7yi>

Un ejemplo técnico más centrado en control de calidad de los datos BIM lo aporta el estudio español sobre “Quality Control of ‘As Built’ BIM Datasets Using the ISO 19157 Framework and a Multiple Hypothesis Testing Method Based on Proportions”.

En este caso, los autores proponen el uso del estándar ISO 19157⁵ para controlar la calidad de los conjuntos de datos BIM ya ejecutados (‘as built’), utilizando métodos estadísticos que permiten determinar la conformidad de los datos con respecto a elementos expectantes de calidad, dominando errores en

⁵Es un estándar internacional que establece los principios para describir, evaluar y reportar la calidad de los datos geográficos.

consistencia, dominios de atributos y formato.

Este enfoque ilustra cómo normas vinculadas estrictamente con calidad de datos complementan las normas ISO 9001/19650 que regulan la gestión de información. (Pablo Araya-santelices, 2025)

En Turquía, un estudio de caso reciente combinó el uso de escaneo láser con BIM para mejorar el control de la calidad en construcción. El escaneo permite capturar el estado real de la obra y contrastarlo con el modelo BIM diseñado, identificando desviaciones dimensionales, errores de alineación, deformaciones o problemas en la implementación física que serían difíciles de detectar solo con inspección visual o documentos. El resultado fue una reducción significativa de defectos constructivos gracias a la detección temprana y la capacidad de corrección antes de avanzar a fases posteriores. (Polat, 2023)

China también ofrece un caso ejemplar: en Wuhan, en el distrito Hanyang, se implementó un sistema de supervisión de calidad de ingeniería basado en modelos BIM aplicados durante todo el

proceso constructivo para verificar tareas de supervisión, asignación de funciones, la registración de avances y aseguramiento del cumplimiento normativo del proyecto de vivienda de gran escala.

Este sistema permitió detectar discrepancias entre lo planificado y lo ejecutado, optimizar registros de supervisión y reforzar la administración de calidad administrativa. (Shuqiang Wang, 2022)

Figura 3

Interfaz principal de trabajo del jefe de la estación de supervisión de calidad.



Nota: Shuqiang Wang & Jinping Yu (2023) BIM-based government engineering quality supervision system. <https://n9.cl/8pawa3>

Finalmente, en Suecia, el proyecto “Celsius” en Uppsala Science Park⁶ es ejemplo de aplicación de BIM en todas las etapas del desarrollo constructivo, diseño,

⁶Es un destacado centro de innovación e investigación en Suecia.

ejecución y entrega, con fuertes elementos de control de calidad implementados, reconocimiento internacional y certificaciones ambientales. Este caso evidencia cómo el uso extensivo de tecnología BIM, combinado con estándares de sostenibilidad y calidad, puede generar edificaciones de alto rendimiento tanto técnico como ambiental. (Oliver Disney, 2024).

Definición, fundamentos y funciones del control de calidad en construcción.

El control de calidad en edificaciones se refiere al conjunto de procedimientos, actividades y mecanismos destinados a verificar que los materiales, métodos, procesos y resultados de una obra cumplan con los requisitos técnicos establecidos, con las normas aplicables y con las expectativas funcionales y de desempeño. Su fundamento se basa en principios como el cumplimiento normativo, la fiabilidad, la trabajabilidad, la prevención de errores, la mejora continua y la satisfacción del usuario.

El control de calidad tiene varias funciones esenciales: asegurar conformidad con especificaciones de diseño, supervisar que los materiales y

procesos sean adecuados, medir y corregir desviaciones, documentar y certificar resultados, prevenir fallos estructurales y de servicio, y asegurar la durabilidad, seguridad, eficiencia energética y estética de la edificación. Su objetivo último es minimizar los riesgos, reducir costos derivados de retrabajos, demoras o defectos, y garantizar que la edificación cumpla con su propósito funcional sin comprometer su viabilidad técnica ni económica.

Comparación crítica de enfoques tradicionales versus el uso de BIM en control de calidad

Los métodos tradicionales de control de calidad dependen fundamentalmente de inspecciones manuales, mediciones físicas, revisión de planos impresos y supervisión visual in situ. Aunque estos métodos son ampliamente usados y han sido probados a lo largo del tiempo, presentan limitaciones significativas: dificultad para coordinar entre múltiples disciplinas, baja trabajabilidad documental, retrasos en la detección de errores, propensión a interpretaciones subjetivas, y en muchos

⁷Proceso en la construcción que utiliza modelos 3D y BIM para identificar y resolver coaliciones entre diferentes elementos de diseño.

casos una revisión reactiva en lugar de preventiva.

En cambio, la aplicación de BIM permite un control de calidad más proactivo, anticipando errores mediante modelos digitales antes de la construcción, detectando interferencias (Clash detection)⁷, validando cumplimiento de especificaciones técnicas mediante modelos federados, y mejorando la precisión de los datos. Autores como Sacks et al. han destacado cómo BIM facilita detectar errores en etapas tempranas, lo cual reduce sobrecostos y retrabajos. Sin embargo, no todos los enfoques BIM son iguales: algunos se centran únicamente en diseño, otros incorporan fases de ejecución, algunos manejan solo modelos 3D mientras que otros extienden a 4D, 5D e incluso más dimensiones.

Además, la integración normativa varía: algunos países tienen requerimientos legales obligatorios para uso de BIM en obras públicas, mientras otros lo tienen como guía voluntaria o lo están incorporando lentamente. Esta variabilidad muestra que, aunque BIM ofrece ventajas claras, su eficacia en control de calidad depende de la madurez técnica, la

normativa y la capacidad institucional del país o empresa que lo utiliza.

Reflexión sobre la aplicación de BIM para control de calidad en El Salvador, con base en experiencias internacionales

Las experiencias internacionales consultadas evidencian que cuando BIM se implementa con estándares claros, normas ISO vigentes, herramientas complementarias como escaneo láser o GIS, y sistemas de supervisión de calidad integrados, los beneficios en calidad, eficiencia y reducción de errores son cuantificables. En el caso de Valparaíso, Chile, la integración de BIM-GIS con ISO 9001:2015 en el proyecto QualiSite permitió mejoras notables en la trabajabilidad de los registros de inspección, coordinación del modelo y cumplimiento normativo.

En España, la certificación ISO 19650 obtenida por TYPESA resalta cómo formalizar estándares de gestión de la información contribuye a elevar la calidad de los entregables y disminuir pérdidas de información. En Turquía, el uso conjunto de BIM con escaneo láser brinda una fuente de verificación física que refuerza la confiabilidad de los modelos digitales.

⁸Es el conjunto de normas y reglas que rigen una actividad, materia o comunidad específica para regular comportamientos.

En China, sistemas de supervisión basados en BIM aplicados en procesos de obra real ilustran cómo este enfoque puede ser extendido a grandes proyectos de vivienda con estructuras complejas, siempre que haya apoyo institucional y claridad normativa⁸.

Aplicar estas lecciones al contexto salvadoreño implica enfrentar varios retos, pero también oportunidades. Por un lado, el país debe evaluar su capacidad normativa: ¿existen códigos locales que exijan BIM? ¿Están alineados con normas internacionales como ISO 19650 o estándares nacionales? Por otro lado, es necesario valorar la infraestructura tecnológica, la disponibilidad de profesionales formados, la cultura de supervisión de calidad y la tolerancia al error. Si bien no se ha identificado aún un caso masivo documentado en El Salvador que adopte BIM para control de calidad con todos los componentes antes mencionados, podría adaptarse la estrategia de países como Chile (proyecto QualiSite) o España, incorporando auditorías digitales, herramientas de escaneo para verificar “as built”, y normas claras obligatorias para obras públicas, de modo que BIM no sea mera opción sino parte del mecanismo de

aseguramiento regulatorio. (GRUOP, 2023)

La metodología BIM representa una poderosa herramienta para elevar los estándares de control de calidad en construcciones, siempre que su implementación no sea superficial. Su uso bajo normas como ISO 9001:2015 e ISO 19650, combinado con buenas prácticas como verificación de modelos, uso de tecnología de escaneo, coordinación interdisciplinaria y trabajabilidad documental, permite prever errores, mejorar eficiencia, reducir costos y asegurar entregables más confiables. Pese a ello, no basta con contar con la tecnología; se requiere alineamiento normativo, capacitación profesional, cultura organizativa orientada a calidad, y mandatos institucionales que impulsen su aplicación.

En el caso de El Salvador, la adaptación de estos aprendizajes consideráramos las características locales institucionales, técnicas y educativas, de modo que la adopción de BIM como herramienta de control de calidad sea viable, efectiva y sostenible a largo plazo.

Ahora ya que observamos la historia, como sea desarrollado la metodología BIM dentro de estos países y como está El Salvador en el ámbito de control de calidad, analizaremos a continuación los resultados obtenidos de toda la investigación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Con la investigación obtenida nos permitió comprender con mayor claridad las marcadas diferencias entre la forma en que se gestiona el control de calidad en la construcción en El Salvador y las experiencias internacionales revisadas. En el contexto nacional, se observa que el proceso continúa siendo predominantemente manual, con escaso uso de herramientas digitales, registros físicos y una dependencia casi total de la supervisión visual. Esta situación limita la trabajabilidad de la información y retrasa la detección de fallas, lo que repercute directamente en la eficiencia y en los costos de los proyectos.

En contraste, los países analizados Chile, España, Turquía, China y Suecia han logrado incorporar la metodología BIM dentro de sus sistemas de control de calidad, transformando sus modelos

constructivos hacia esquemas más precisos, colaborativos y transparentes. A nuestro juicio, estas experiencias demuestran que la calidad en la construcción no depende únicamente de la normativa o la tecnología disponible, sino del compromiso institucional y profesional por adoptar metodologías innovadoras que permitan anticipar los errores y no simplemente corregirlos.

En Chile, por ejemplo, la integración de BIM con herramientas SIG bajo la norma ISO 9001 ha permitido automatizar inspecciones y consolidar una base de datos digital de calidad. Consideramos que este modelo podría adaptarse al contexto salvadoreño, ya que fortalecería la documentación técnica y reduciría la dependencia de procesos manuales. En el caso español, la certificación ISO 19650 aplicada a flujos de trabajo BIM demuestra la importancia de contar con estándares claros que garanticen coherencia y calidad en la información. Si en El Salvador existiera una estructura normativa similar, los resultados del control serían más verificables y se minimizarían los errores por falta de coordinación entre los equipos de diseño, ejecución y supervisión.

Asimismo, el caso de Turquía evidencia el valor de la verificación geométrica mediante escaneo láser vinculado a modelos BIM, lo que convierte el control de calidad en un proceso técnico y objetivo. En nuestra opinión, este tipo de innovación representa una oportunidad clave para el país, especialmente en obras de gran envergadura donde la precisión y la trabajabilidad de datos son esenciales. Por su parte, el sistema chino de supervisión basado en BIM refleja cómo la integración institucional y el uso de plataformas digitales permiten una gestión más ordenada y transparente de los procesos constructivos, algo que El Salvador podría replicar para fortalecer la fiscalización pública. Finalmente, el modelo sueco destaca por su enfoque integral que combina BIM, sostenibilidad y certificaciones ambientales, mostrando que el control de calidad puede ir más allá de lo técnico e incluir la responsabilidad ambiental y social, aspecto todavía incipiente en nuestro medio.

En conjunto, estas experiencias internacionales reafirman que la metodología BIM ofrece un marco ideal para evolucionar del control de calidad reactivo centrado en la detección de errores durante o después de la ejecución hacia un

modelo preventivo, colaborativo y basado en la información. Desde nuestra perspectiva, el principal desafío para El Salvador no radica únicamente en adquirir la tecnología, sino en generar una cultura organizacional que promueva la capacitación profesional, la estandarización de procesos y la integración normativa con base en las normas ISO 9001 e ISO 19650.

Los resultados evidencian que la aplicación de BIM en el control de calidad tiene el potencial de transformar la industria salvadoreña de la construcción, siempre que exista voluntad institucional, inversión en infraestructura digital y una visión estratégica de largo plazo. Implementar BIM no debe entenderse como una simple modernización tecnológica, sino como un cambio cultural que permita construir con mayor eficiencia, responsabilidad y sostenibilidad, alineando a El Salvador con las mejores prácticas internacionales.

DISCUSION.

Después de analizar los resultados obtenidos, comprendemos que la implementación de la metodología BIM en El Salvador no debe verse únicamente como una tendencia tecnológica, sino como una necesidad para mejorar la forma en que se controla la calidad en las construcciones. Actualmente, el país mantiene un modelo tradicional basado en inspecciones manuales, revisiones en papel y supervisiones visuales. Aunque estos métodos han funcionado durante años, ya no son suficientes para garantizar precisión, eficiencia ni coordinación entre los diferentes actores del proceso constructivo.

Consideramos que BIM representa una herramienta capaz de cambiar esta realidad, porque permite reunir toda la información del proyecto en un solo entorno digital, lo que facilita el seguimiento, la verificación de avances y la detección temprana de errores. Además, su uso fortalecería la transparencia y la trazabilidad de los procesos, aspectos que en la actualidad son limitados por la falta de digitalización y la escasa integración entre diseño, ejecución y supervisión.

A nuestro criterio, aplicar BIM en El Salvador sería posible si se comienza de forma gradual, iniciando con proyectos piloto en instituciones públicas o privadas interesadas en innovar. Lo importante no es solo adquirir el software, sino formar al personal técnico, establecer normas claras y fomentar una cultura profesional que valore la planificación, la calidad y la eficiencia. Creemos que si se logra esa base, la implementación de BIM puede convertirse en una oportunidad real para modernizar la industria y posicionar al país en una línea de desarrollo más competitivo.

También consideramos que uno de los principales beneficios de adoptar BIM radica en la posibilidad de convertir el control de calidad en un proceso preventivo y no reactivo. En lugar de esperar a que los errores aparezcan en la obra, los modelos digitales permitirían anticiparse a los problemas, verificando la compatibilidad entre los diferentes elementos del proyecto antes de construir. Esto representaría un cambio profundo en la manera de trabajar, reduciendo costos, tiempos y conflictos durante la ejecución.

Desde nuestra perspectiva, El Salvador debe avanzar hacia la integración digital de sus procesos constructivos, no como una

obligación impuesta por las tendencias internacionales, sino como una estrategia para mejorar su propia realidad. Implementar BIM implica innovar, pero también comprometerse con una visión de calidad más completa, donde la colaboración, la sostenibilidad y la responsabilidad profesional sean los ejes del desarrollo del sector construcción.

Por lo tanto, nos lleva a concluir que la metodología BIM tiene el potencial de transformar la gestión de la calidad en las edificaciones salvadoreñas. Su adopción debe verse como un proceso de aprendizaje y adaptación que combine la experiencia nacional con los avances tecnológicos, impulsando una nueva cultura constructiva basada en la eficiencia, la coordinación y la mejora continua.

CONCLUSIÓN.

La aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) como herramienta de control de calidad en edificaciones representa un cambio paradigmático en la forma en que se planifica, gestiona y ejecuta la construcción, al integrar en un solo entorno digital todos los procesos que intervienen en el ciclo de vida de una obra.

Los resultados obtenidos a partir del análisis comparativo entre las experiencias internacionales y la realidad salvadoreña reflejan un contraste significativo en el grado de madurez digital de la industria. En estos contextos, BIM no solo ha demostrado su efectividad en la reducción de errores constructivos, sino también en la optimización de los recursos y en la toma de decisiones basada en datos verificables.

En contraste, El Salvador aún se encuentra en una etapa primitiva en cuanto a la integración formal de BIM en la gestión de la calidad de las edificaciones. El control de calidad en el país sigue basándose, en gran medida, en procedimientos tradicionales sustentados en la inspección visual, la revisión documental y el cumplimiento de especificaciones técnicas durante la ejecución, sin la utilización de modelos digitales colaborativos que permitan una trabajabilidad más precisa del cumplimiento de los estándares.

Esta situación genera limitaciones en la eficiencia, la detección temprana de errores y la comunicación entre los diferentes agentes del proceso constructivo.

Por lo tanto, la incorporación de la metodología BIM en el control de calidad

de edificaciones en El Salvador se proyecta como una oportunidad estratégica para modernizar la industria de la construcción y elevar sus niveles de competitividad.

A partir de las experiencias internacionales analizadas, se puede concluir que la adopción de esta metodología requiere no solo de una inversión tecnológica.

Este trabajo constituye un paso esencial hacia la implementación efectiva de BIM como herramienta de control de calidad, capaz de garantizar obras más seguras, eficientes y sostenibles.

En conclusión, el estudio confirma que la metodología BIM tiene el potencial de transformar profundamente los procesos de control de calidad en las edificaciones salvadoreñas, proporcionando una base sólida para la mejora continua y la innovación tecnológica en el sector. Su aplicación permitiría transitar de un modelo reactivo de control, centrado en la detección de fallos, hacia un modelo preventivo y colaborativo, en el que la información digital y la gestión integrada se conviertan en los pilares de la excelencia constructiva nacional.

CUADRO COMPARATIVO A PARTIR DE LO INFORMACIÓN RECOLECTADA DE MÉTODOS TRADICIONALES VS METODOLOGIA BIM; DURANTE LA INVESTIGACIÓN, RESALTANDO LO MAS IMPORTANTE Y CONTRASTANDOLO CON LA REALIDAD ACTUAL DE EL SALVADOR.

País	Estudio o Proyecto	Enfoque de Aplicación BIM	Principales Resultados o Beneficios	Normas o Tecnologías Asociadas	Situación Comparativa con El Salvador
Chile	<i>BIM-GIS-Based Approach for Quality Management Aligned with ISO 9001</i> (Pablo Araya, 2025)	Integración de BIM y SIG (GIS) para gestión digital de calidad y trazabilidad.	Mejora en consistencia de registros, coordinación campo-modelo y control de calidad en construcción.	ISO 9001, herramientas GIS-BIM (QualiSite).	En El Salvador, no se ha implementado aún la integración BIM-GIS; el control de calidad sigue siendo manual y documental, sin trazabilidad digital.
España (TYPESA)	Certificación ISO 19650 para flujos de trabajo BIM (GRUOP, 2023)	Adopción de estándares internacionales de gestión de información BIM.	Mejora en calidad del diseño, reducción de pérdidas de información y coherencia en entregables.	ISO 19650.	En El Salvador, no existen certificaciones ISO 19650; las empresas aplican estándares propios sin un sistema uniforme de control digital.
Turquía	Caso de estudio con escaneo láser y BIM (Polat 2023)	Integración de escaneo láser 3D con BIM para verificar obra real vs. modelo.	Reducción de defectos constructivos, detección temprana de desviaciones y errores.	Escaneo láser, Modelado BIM.	En El Salvador, no se utilizan tecnologías de escaneo 3D en la supervisión de obras; las revisiones son manuales y menos precisas.
China	Supervisión de calidad basada en BIM en Wuhan (Shuqiang Wang, 2022)	Sistema de control BIM durante todo el proceso constructivo.	Mejora en supervisión, control de avances y cumplimiento normativo.	Plataforma BIM integral.	En El Salvador, la supervisión sigue un modelo tradicional con poca digitalización; el seguimiento se realiza en papel o Excel.
Suecia	Proyecto “Celsius” en Uppsala Science Park (Oliver Disney, 2024)	Aplicación integral de BIM con certificaciones ambientales.	Edificaciones sostenibles y de alto rendimiento técnico y ambiental.	Estándares BIM y de sostenibilidad.	En El Salvador, la aplicación BIM es incipiente y sin vínculo con certificaciones ambientales o de sostenibilidad.

Referencias

- Chuck Eastman, P. T. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- GRUOP, T. (2023). TYPESA becomes the first large Spanish engineering company to receive ISO 19650 certification for BIM workflows. BIMCommunity. *TYPESA*.
- Lopez, F. (2015). Calidad en la contruccion. *Revista novedades*, 14 - 25.
- Oliver Disney, M. R. (23 de 04 de 2024). *Emerald insight*. Obtenido de emerald: <https://www.emerald.com/sasbe/article/13/3/512/1220103/Embracing-BIM-in-its-totality-a-Total-BIM-case>
- Pablo Araya, P. M.-G. (29 de 05 de 2025). *MDPI.COM*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/11/6107>
- Pablo Araya-santelices. (31 de 03 de 2025). *Enfoque basado en BIM-GIS para la gestión de la calidad alineado con la norma ISO 9001*. Obtenido de MDPI: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/11/6107>
- Polat, h. a. (31 de 10 de 2023). *Revista de Europa Del Este Sobre Tecnologia Empresarial*. Obtenido de journals: https://journals.uran.ua/eejet/article/view/289987?utm_source=
- Shuqiang Wang, J. Y. (22 de 10 de 2022). *Taylor & Francis*. Obtenido de Tandfonline: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2023.2278890?utm_source