

MODELADO BIM EN EL DISEÑO RESIDENCIAL ESTRATEGIAS PARAMÉTRICAS DE ARQUITECTURA DIGITAL

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.678112526026>

Data de aceite: 12/03/2025

Ghyslaine Romina Manzaba Carvajal

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador
<https://orcid.org/0009-0002-1439-9246>

Ricardo Andrés Valencia Robles

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1723-472X>

María Isabel Romero Jara

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6863-1018>

César Arturo Cuenca Márquez

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador

RESUMEN: El presente estudio analiza la transición pedagógica de técnicas tradicionales hacia una arquitectura digital mediante la implementación de metodología BIM en programas de viviendas sociales en Ecuador. A partir de un levantamiento digital se examina su materialidad aplicando

herramientas avanzadas en Revit, ejecutado por estudiantes de pregrado de la asignatura BIM y BIM II, del grado de Diseño de Interiores y Arquitectura; este enfoque permite simular múltiples escenarios sostenibles, realizando una comparación sistemática a través del análisis paramétrico del diseño arquitectónico y constructivo. Las estrategias pedagógicas implementadas fomentan un aprendizaje colaborativo y dinámico, integrando tecnología de simulación avanzada para mejorar la comprensión del diseño. Este trabajo contribuye a la generación de propuestas que maximicen la sustentabilidad y adaptabilidad en el ciclo de vida de los proyectos residenciales, como parte de un Proyecto de Investigación de Fondo Concursable Interno (FCI) de la institución.

PALABRAS CLAVE: materialidad, diseño paramétrico, vivienda social, modelado BIM.

BLOQUES TEMÁTICOS: Ideación gráfica, Aprendizaje basado en problemas (MA-ABP), fabricación digital.

BIM MODELING IN RESIDENTIAL DESIGN

PARAMETRIC STRATEGIES OF DIGITAL ARCHITECTURE

ABSTRACT: The present study analyzes the pedagogical transition from traditional techniques to digital architecture through the implementation of BIM methodology in social housing programs in Ecuador. Based on digital surveys, the materiality of these housing units is examined using advanced tools in Revit, carried out by undergraduate students from the BIM and BIM II courses in the Interior Design and Architecture grade. This approach enables the simulation of multiple sustainable scenarios, conducting a systematic comparison through the parametric analysis of architectural and construction design. The implemented pedagogical strategies promote collaborative and dynamic learning, integrating advanced simulation technology to enhance design comprehension. This work contributes to the development of proposals that maximize sustainability and adaptability in the lifecycle of residential projects, as part of a Competitive Research Fund Project promoted by the educational institution.

KEYWORDS: materiality, parametric design, social housing, BIM modeling.

THEMATIC AREAS: graphic ideation, problem-based learning (PBL), digital fabrication.

1 | INTRODUCCIÓN

La transición de las técnicas tradicionales hacia la arquitectura digital ha transformado significativamente el proceso de diseño y construcción en el siglo XXI, y es preciso mencionar cómo la metodología BIM (Building Information Modeling) se ha consolidado como una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la arquitectura. Este estudio examina su aplicación práctica en el modelado de viviendas de interés social en Ecuador, con el objetivo de analizar la eficiencia energética y material de estas edificaciones.

En Ecuador, los programas de viviendas sociales han comenzado a incorporar tecnologías digitales para optimizar la calidad de las edificaciones; es así como, este estudio se centra en casos específicos en que los estudiantes del grado de Arquitectura y Diseño de Interiores realizaron un levantamiento digital de viviendas utilizando el software Autodesk Revit. Estas tecnologías permiten identificar un diagnóstico detallado de las edificaciones, para posteriormente evaluar parámetros en la herramienta integrada Insight como el índice de uso de energía anual, según las normativas internacionales y el costo promedio del kwh por mes. “Revit no solo permite modelar de manera precisa, sino que también facilita el análisis de eficiencia energética y la simulación de escenarios sostenibles” (Brown, Smith, and Davis 2022).

La metodología pedagógica aplicada en este estudio enfatiza el aprendizaje colaborativo, integrando plataformas digitales que mejoran la comprensión de los estudiantes sobre el diseño arquitectónico y la sostenibilidad. “El uso de tecnologías digitales en la enseñanza del diseño arquitectónico no solo mejora el proceso de aprendizaje, sino que también fomenta la innovación y la creatividad en los estudiantes”(Salazar 2021). Este

enfoque educativo ha permitido a los estudiantes desarrollar competencias socialmente responsables en simulación avanzada y análisis paramétrico, mejorando su capacidad para enfrentar los desafíos contemporáneos de sostenibilidad en la arquitectura.

Un aspecto clave de este estudio es el análisis de la circularidad de los materiales empleados en la construcción de viviendas. La circularidad en el sector de la construcción es crucial para reducir el impacto ambiental, al asegurar que los materiales utilizados puedan ser reciclados o reutilizados al final de la vida útil del edificio” (González 2019). En este sentido, la integración de BIM en el proceso de diseño ha permitido identificar soluciones más sostenibles y eficientes, alineadas con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo.

2 | ANTECEDENTES

El presente estudio, desarrollado en un ambiente de aprendizaje colaborativo, forma parte de un Proyecto de Investigación de Fondo Concursable Interno (FCI) de la Universidad de Guayaquil, Ecuador, con fecha de inicio en septiembre de 2023 y una duración de dos años. El objetivo es generar una **pirámide formativa** que analice cómo los enfoques pedagógicos impactan en la retención de información, destacando que los métodos activos, como el aprendizaje práctico, son más efectivos que los enfoques pasivos como la lectura o la escucha (Johnson 2021). Este modelo se relaciona con la **Taxonomía de Bloom**, que enfatiza la importancia de las habilidades cognitivas de orden superior, logradas a través de enfoques activos (Kim 2019); además, el uso de plataformas digitales y el aprendizaje colaborativo mejoran la retención y la aplicación de conocimientos (Miller, 2021; Rodríguez, 2022).

En el marco de una experiencia docente orientada a aproximadamente 31 estudiantes de los niveles 4 y 9 en las asignaturas de BIM (Básico) y BIM II (Avanzado), respectivamente, se diseñó un proyecto pedagógico centrado en el levantamiento digital de viviendas unifamiliares, con el objetivo de adaptar el proceso de aprendizaje a las capacidades técnicas de cada grupo, como lo muestra la Fig. 1. En el nivel básico, se les asignó la tarea de modelar una vivienda con un sistema constructivo tradicional, permitiendo que los estudiantes se familiarizaran con los principios fundamentales del modelado en BIM y la representación digital de componentes arquitectónicos, con un enfoque en la correcta asignación de materiales y su ubicación geográfica.

En el nivel profesional avanzado, los estudiantes trabajaron en viviendas de sistemas constructivos más complejos, como estructuras cerchadas y mampostería confinada; al utilizar datos reales proporcionados por programas habitacionales del gobierno, los estudiantes logran un aprendizaje contextualizado y colaborativo, desarrollando competencias técnicas avanzadas y una comprensión profunda del impacto de las decisiones de diseño en la sostenibilidad.



Fig. 1 Clase demostrativa de la asignatura BIM, carrera Diseño de Interiores. Fuente: Manzaba, G (2024)

3 | MARCO TEÓRICO: DISEÑO INTEGRADOR

La enseñanza de la arquitectura y el diseño residencial ha evolucionado con la adopción de tecnologías como BIM (Building Information Modeling), que ha transformado los procesos de aprendizaje al mejorar tanto la comprensión teórica como la práctica de los estudiantes. Estas herramientas permiten la representación gráfica de proyectos y la experimentación con procesos complejos, facilitando la transición entre la academia y la industria. El BIM crea un entorno colaborativo y multidisciplinario donde los estudiantes integran conocimientos técnicos y creativos, experimentan con opciones de diseño y toman decisiones informadas sobre materialidad y sostenibilidad. Además, permite analizar proyectos complejos y comprender la interrelación entre decisiones de diseño y aspectos técnicos, como la construcción y el uso de materiales. Un ejemplo relevante es la integración del diseño algorítmico con BIM en estudios tradicionales, optimizando los procesos de diseño y mejorando la comprensión de los estudiantes sobre la interacción entre teoría y práctica (Caetano and Leitão 2018).

En este sentido, el diseño paramétrico es una herramienta clave en la educación arquitectónica moderna, especialmente en proyectos de vivienda social y diseño residencial. Permite a los estudiantes generar múltiples alternativas de diseño basadas en parámetros predefinidos, facilitando la exploración de soluciones creativas ajustadas a las limitaciones del proyecto, como costo y eficiencia energética. Esta flexibilidad es crucial para enseñar la optimización del rendimiento energético y la mejora de la sostenibilidad y estética de los edificios. Un estudio reciente demostró cómo el enfoque paramétrico BIM mejora el

rendimiento energético en edificios residenciales, reforzando la conexión entre teoría y práctica (Gan et al. 2023) Además, el aprendizaje basado en proyectos (PBL) promueve la resolución de desafíos reales en equipo, especialmente cuando se combina con BIM. La automatización de procesos y planos es un ejemplo claro de cómo este enfoque puede replicarse en el aula, mejorando la eficiencia y reduciendo desperdicios mediante la fabricación digital (Manrique et al. 2015).

El análisis del ciclo de vida de los materiales es esencial para los arquitectos y diseñadores de interiores, ya que les ayuda a comprender cómo las decisiones sobre materiales afectan la sostenibilidad y el rendimiento a largo plazo del edificio. BIM facilita la enseñanza de estos conceptos al simular el uso de materiales alternativos y técnicas sostenibles (Girardet and Botton 2021). Además, BIM y el diseño paramétrico mejoran la ideación gráfica, permitiendo visualizar ideas de manera precisa, lo que facilita el desarrollo de soluciones constructivas viables; la fabricación digital permite a los estudiantes crear prototipos, promoviendo la creatividad y mejorando la comprensión de los procesos constructivos (He et al. 2021).

En resumen, la inclusión de metodologías BIM y herramientas de diseño paramétrico en la enseñanza del diseño residencial y la arquitectura digital resulta en un enfoque integral que permite a los estudiantes adquirir competencias clave en el uso de tecnologías avanzadas. Estos métodos no solo promueven la comprensión del impacto de la materialidad y la sostenibilidad en los proyectos, sino que también permiten a los estudiantes aplicar conceptos teóricos a través de ejercicios prácticos basados en problemas reales. Así, la enseñanza de la arquitectura a través de BIM se convierte en una herramienta pedagógica fundamental para preparar a los futuros profesionales ante los retos de la industria moderna.

3.1 Principios didácticos

La experiencia docente parte de una serie de bases teóricas que justifican la efectividad de la práctica en determinados principios didácticos explicados a continuación.

3.1.1 Aprendizaje basado en la práctica real

El principio de aprendizaje práctico sugiere que los estudiantes deben involucrarse directamente en proyectos reales o simulaciones que reflejen los desafíos del mundo profesional. Utilizar BIM en el diseño residencial permite que los estudiantes comprendan las implicaciones técnicas y materiales de sus decisiones de diseño. Esto fortalece su capacidad para integrar aspectos creativos y técnicos, simulando escenarios de la vida real (Caetano and Leitão 2018).

3.1.2 Enseñanza colaborativa y multidisciplinar

El BIM es intrínsecamente colaborativo, lo que fomenta el trabajo en equipo entre estudiantes de distintas disciplinas. Este enfoque multidisciplinario permite integrar conocimientos de arquitectura, ingeniería, y sostenibilidad, fortaleciendo la interacción y cooperación en el entorno académico y profesional (Gan et al. 2023).

3.1.3 Simulación de decisiones técnicas mediante el análisis de materialidad

El modelado BIM permite simular el impacto de los materiales en el rendimiento energético y la sostenibilidad de un proyecto. Incluir el análisis de la materialidad en la enseñanza ayuda a los estudiantes a evaluar el ciclo de vida de los materiales, entender sus impactos, y tomar decisiones informadas que optimicen el diseño (Girardet and Boton 2021).

3.1.4 Desarrollo de la creatividad a través de la ideación gráfica y fabricación digital

El uso de herramientas BIM y paramétricas permite a los estudiantes explorar diferentes configuraciones y soluciones de diseño de forma gráfica y práctica. La fabricación digital permite llevar estas ideas a la realidad, mejorando la comprensión de los procesos constructivos (He et al. 2021).

3.2 Objetivos de aprendizaje

La Fig. 2 presenta los objetivos pedagógicos, logros de aprendizaje e indicadores de evaluación para un proyecto de modelado BIM aplicado a viviendas de interés social. Los estudiantes desarrollarán habilidades en modelado arquitectónico, diseño paramétrico y análisis energético, con un enfoque en la colaboración y optimización de soluciones constructivas.

OBJETIVO PEDAGÓGICO

LOGROS DE APRENDIZAJE

INDICADORES DE EVALUACIÓN

Desarrollar proyectos de vivienda de interés social utilizando el modelado BIM.

Los estudiantes serán capaces de **modelar** dos viviendas de interés social en Revit, integrando los componentes arquitectónicos, estructurales y materiales, aplicando los **estándares de diseño** adecuados.

- Crear correctamente los modelos BIM de dos viviendas de interés social en Revit.
- Presentar la documentación técnica del proyecto (planos, cortes, vistas 3D).

Aplicar principios de diseño paramétrico para optimizar soluciones constructivas en un entorno colaborativo.

Los estudiantes podrán trabajar de manera **colaborativa** en la optimización de diseños utilizando herramientas de **diseño paramétrico** en Revit.

- Utilizar herramientas de diseño paramétrico para generar diferentes configuraciones de diseño.
- Trabajar de manera colaborativa en OneDrive, asegurando que los archivos estén compartidos y actualizados para todos los miembros del equipo.

Presentar un análisis energético como ejemplo de una aplicación avanzada del modelo BIM creado por los estudiantes.

Los estudiantes conocerán las posibilidades de realizar análisis energéticos avanzados en los modelos BIM que han creado, demostrando la **utilidad del modelado** para **futuras investigaciones** o proyectos de sostenibilidad.

- Presentar un análisis energético que evalúe el impacto de los elementos arquitectónicos en eficiencia del diseño.
- Utilizar el análisis para demostrar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista de eficiencia energética.

Fig. 2 *Objetivos de aprendizaje de la experiencia docente.* Fuente: Elaboración propia a partir del sílabo de la asignatura BIM y BIM II (2024)

4 | METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

La metodología aplicada en los casos de estudio sigue un enfoque **constructivista** y **colaborativo**, basado en la teoría de Vygotsky, donde el aprendizaje es un proceso social que se fortalece a través de la interacción y el trabajo conjunto en proyectos del mundo real (McInerney and McInerney 2018). Para el nivel básico (4º semestre), se utilizó un método **instruccional**, donde los estudiantes abordaron tareas de modelado simples.

En el nivel avanzado (9º semestre), se aplicó un enfoque de **aprendizaje basado en proyectos (PBL)**, que, promueve un aprendizaje activo y colaborativo mediante el trabajo en problemas complejos de diseño paramétrico (Bogler 2020). A continuación, se procede a explicar en tres apartados las estrategias aplicadas con los recursos utilizados, la población objeto de estudio y la línea de tiempo que supedita las fases de desarrollo de las actividades encomendadas a los estudiantes.

4.1 Estrategias de aprendizaje

La Fig. 3 muestra de manera clara las estrategias de aprendizaje aplicadas, justificando cada una de ellas en relación con el contexto de enseñanza y el objetivo del proyecto. Además, presenta los recursos didácticos que permiten visualizar los elementos

clave, como software, plataformas colaborativas, guías técnicas y materiales académicos, que se utilizarán en el proceso formativo.



Fig. 3 Esquema de conectividad entre las estrategias, finalidad y recursos didácticos utilizados en la metodología aplicada.

Fuente: Elaboración propia (2024)

4.2 Población objeto de estudio

4.2.1 Estudiantes de 4° curso de la carrera Diseño de Interiores, asignatura BIM

En este paralelo, se dictó el programa para un total de 21 estudiantes. Los tiempos declarados en el pènsum académico disponen que la asignatura tiene 3 horas semanales de clases, es decir, 2 horas de componente docente, 1 hora práctica y 3 horas autónoma por semana, durante 16 semanas de clases del periodo académico CI 2024-2025. Las asignaturas en el área de expresión previas a cursar BIM corresponden a Dibujo asistido por Computadora y Perspectiva.

4.2.2 Estudiantes de 9° curso de la carrera Arquitectura, asignatura BIM II

La asignatura BIM II, con 10 estudiantes matriculados (Fig. 4) en el periodo mencionado, dispone un total de 5 horas de clases semanales, al ser 2 horas en contacto con el docente y 3 horas prácticas y, 1 hora adicional de manera autónoma. En el área expresión, la asignatura previamente cursada es Expresión Arquitectónica.



Fig. 4 Clase demostrativa de la asignatura BIM II, carrera Arquitectura.

Fuente: Valencia, R (2024)

Es recurrente hacer mención que para los dos cursos, la aplicación del ejercicio secuencial tuvo un tiempo de ejecución de 6 semanas.

4.3 Preguntas de Investigación

-¿De qué manera el modelado BIM optimiza la cuantificación de materiales en comparación con los métodos tradicionales de levantamiento gráfico y manual en proyectos arquitectónicos?

-¿En qué medida el uso de tecnologías digitales en el aprendizaje basado en proyectos (PBL) mejora la comprensión y aplicación de sistemas constructivos industrializados complejos, como estructuras cerchadas, frente a los métodos tradicionales de representación gráfica?

-¿Cómo contribuye el uso de simulaciones energéticas en BIM a la evaluación precisa de materiales para optimizar la eficiencia energética de las viviendas, en comparación con los enfoques tradicionales?

4.4 Fases de desarrollo

Para el cumplimiento de cada una de las estrategias descritas en el apartado previo, se esquematizó una línea del tiempo que describe la ejecución de actividades secuenciales que permiten cumplimentar la entrega final del modelado digital de las viviendas, en 6 semanas de clases. En ese sentido, la Tabla 1 muestra una distinción del tiempo destinado a determinadas actividades básicas y avanzadas que debieron cumplir los estudiantes de 4° y 9° curso, según el nivel de complejidad y las 6 fases a ejecutar, resumidas en la creación del modelo, diseño de estructura, definición de ambientes, materialidad, detalles constructivos, laminación y presentación final.

ACTIVIDADES POR REALIZAR	Curso 4° Semestre (Nivel Básico) Enfoque Instruccional						Curso 9° Semestre (Nivel Avanzado) – Enfoque PBL					
	No. SEMANAS						No. SEMANAS					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Fase 01. Creación del Modelo básico: levantamiento de la estructura de la vivienda en base a elementos de referencia o rejillas de diseño; trabajo colaborativo en OneDrive.	■	■	■									
Fase 01. Modelado inicial y revisión del proyecto: asignación de roles y levantamiento del modelado básico; trabajo colaborativo en OneDrive.							■					
Fase 02. Definición de ambientes y distribución espacial: revisión y ajuste de la distribución espacial; trabajo colaborativo en OneDrive.			■	■	■							
Fase 02. Diseño paramétrico y estructura de cubierta: cubierta tipo cercha.								■	■	■		
Fase 03. Asignación de materiales: coordinación en la nube para aplicar materiales existentes de la biblioteca de sistema.					■							
Fase 03. Creación de nuevos materiales: inserción de propiedades físicas y químicas según información técnica de materiales.										■	■	
Fase 04. Detalles constructivos y elementos de anotación: añadir elementos de detalle en puertas y ventanas, así como acotaciones y etiquetas; trabajo colaborativo en OneDrive.					■							
Fase 04. Refinamiento del modelo y optimización de detalles: colaboración para asegurar coherencia técnica a partir de detalles.											■	■
Fase 05. Laminación y preparación de presentación: trabajo en equipo para coordinar la entrega arquitectónica del ejercicio.					■							
Fase 05. Laminación avanzada y preparación gráfica: planos técnicos detallados y coordinación de la presentación final.											■	■
Fase 06. Presentación Final: exposición del modelo y láminas finales en equipos.						■						
Fase 06. Presentación Final avanzada: énfasis en el diseño paramétrico. Exposición colaborativa e infográfica.												■

Tabla 1. Fases de desarrollo de las actividades realizadas en el 4° y 9° curso

Fuente: Elaboración propia (2024)

Es pertinente hacer mención que las fases se duplican según la complejidad de la actividad y en la que, precisamente la duración de las mismas fases no es igual en los cursos académicos mencionados.

5 I RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS PEDAGÓGICAS

5.1 Nivel Arquitectónico constructivo

El ejercicio secuencial desarrollado por el nivel básico del 4° curso de la carrera Diseño de Interiores presenta una vivienda de interés social de planta única y en un área comprendida de 39.00m² (Fig. 5), que dispone de tres zonas correspondientes a social, privada y de servicio. En un único ambiente se dispone la sala, comedor y cocina y, a través del levantamiento de paredes interiores, se disponen independientemente dos dormitorios y un baño completo. Las especificaciones técnicas definen los siguientes sistemas constructivos y materiales:

- Cimentación: sistema de plintos de hormigón armado
- Contrapiso: hormigón simple
- Sobrepiso: cerámica nacional
- Estructuras: hormigón armado
- Mampostería: bloque de hormigón
- Cubierta: acero galvanizado o zinc
- Carpintería: aluminio y vidrio
- Puertas: madera chapada o laurel

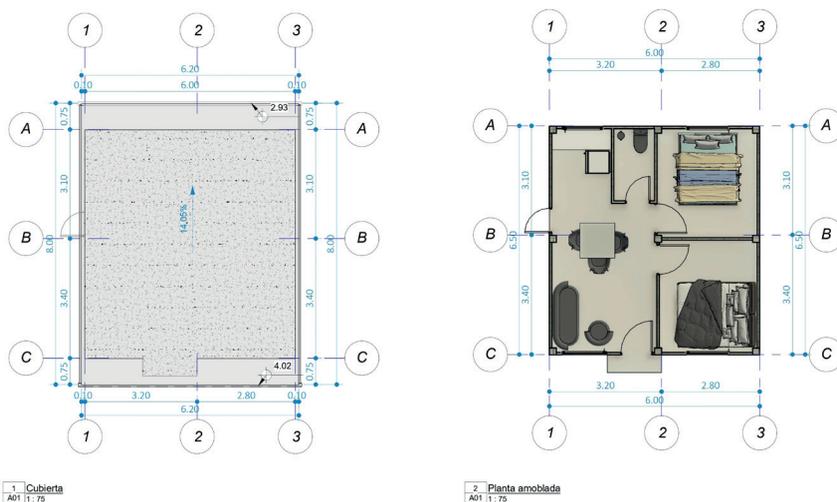


Fig. 5 *Planta arquitectónica y plano de cubierta de vivienda unifamiliar tipología Costa.*
Fuente: Trabajo colaborativo de los estudiantes de BIM a partir de las especificaciones técnicas del Programa habitacional *Casa para todos* (2024)

Los resultados obtenidos en la problemática planteada demuestran que su alcance ha permitido entregar un diseño arquitectónico completo de una vivienda, incluida una cuantificación de materiales (Fig. 6) y perspectivas realistas (Fig. 7) que, en relación a asignaturas como Dibujo Arquitectónico (4 horas), Análisis de Costos y Presupuestos (2 horas) y Perspectiva (2 horas) que presentan los mismos entregables de manera independiente, según lo declarado en sus sílabos, BIM ha permitido optimizar los tiempos en un 62,50%.

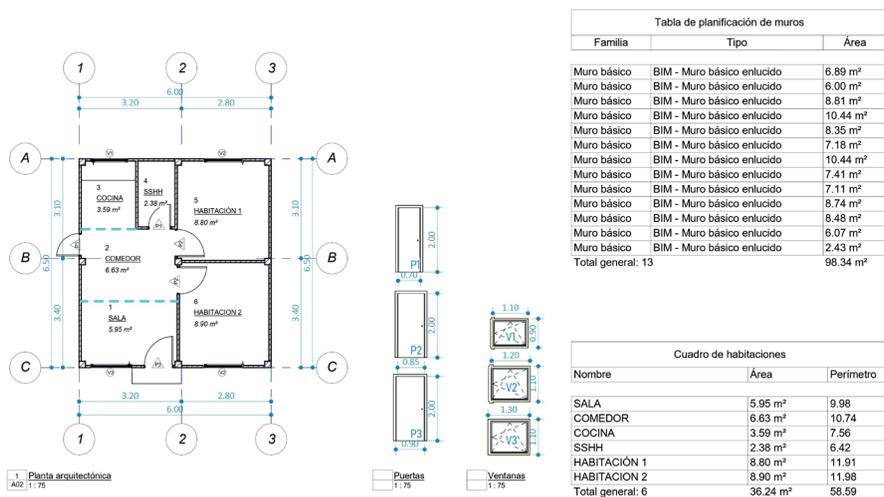


Fig. 6 Leyendas y tablas de planificación de vivienda unifamiliar tipología Costa.

Fuente: Trabajo colaborativo de los estudiantes de BIM a partir de las especificaciones técnicas del Programa habitacional Casa para todos (2024)



Fig. 7 Alzados, perspectiva y sección fugada de vivienda unifamiliar tipología Costa.

Fuente: Trabajo colaborativo de los estudiantes de BIM a partir de las especificaciones técnicas del Programa habitacional Casa para todos (2024)

5.2 Nivel Paramétrico

El segundo problema que atiende al objetivo y pregunta de investigación 2 implica la presentación de una vivienda unifamiliar de accesibilidad universal (Fig. 8) situada en la región Costa del territorio ecuatoriano, temática ejecutada por el 9º curso (nivel profesional) de la carrera Arquitectura.

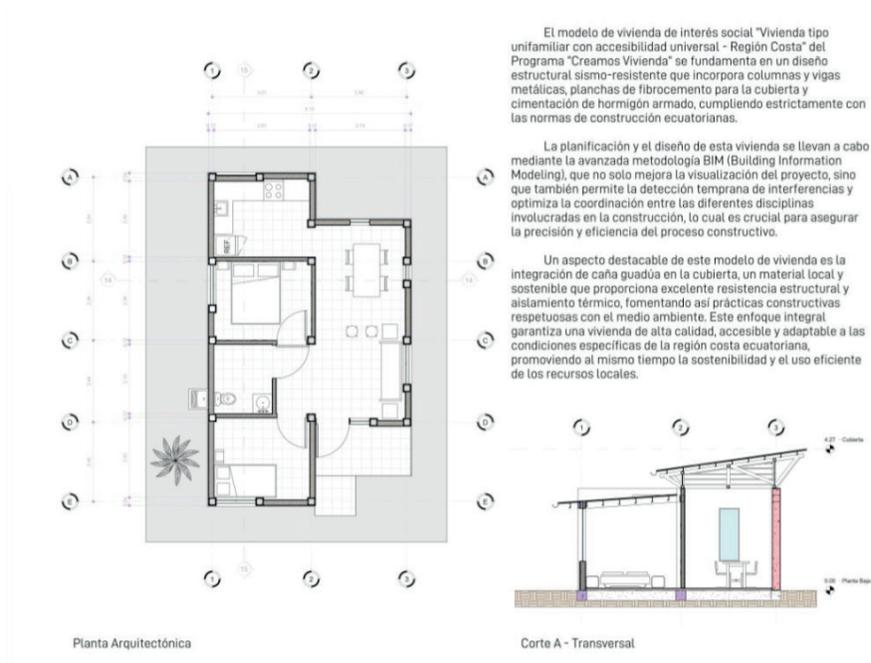


Fig. 8 Planta arquitectónica y sección de vivienda unifamiliar de accesibilidad universal.

Fuente: Trabajo colaborativo de estudiantes de BIM II a partir de las especificaciones técnicas del Programa habitacional Creamos vivienda 2021 (2024)

Su área construida es de aproximadamente 55.00m² y dispone las mismas denominaciones de zonas y espacios que en el ejercicio expuesto en el apartado previo; su principal diferencia radica en las circulaciones interiores y la amplitud de los espacios, cuales sistemas constructivos y materiales se detallan en breve:

- Cimentación: vigas de hormigón simple
- Contrapiso: hormigón simple
- Sobrepiso: cerámica
- Pilares: bloque estructural
- Mampostería: estructural de bloque dintel
- Cubierta: cerchada en caña guadua y panel de acero tipo sándwich con espuma rígida de poliuretano



Fig. 10 Renderización de vivienda unifamiliar de accesibilidad universal.

Fuente: Trabajo colaborativo de los estudiantes de BIM II a partir de las especificaciones técnicas del Programa habitacional Creamos vivienda 2021 (2024)

Los resultados obtenidos en la problemática planteada demuestran que su alcance ha permitido entregar un diseño paramétrico-técnico que, en relación con las horas semanales en asignaturas como Dibujo Arquitectónico II (3 horas), Dirección y Gestión de Obras (2 horas), Construcción VI (2 horas) y Expresión Arquitectónica (4 horas) que presentan los mismos resultados autónomamente, BIM II ha permitido optimizar los tiempos en un 54,54%.

5.3 Nivel Energético

Como tercer problema, con los datos obtenidos en el ejercicio del 9° curso se abordó el análisis energético de la vivienda de interés social en Chongón, Guayaquil, Ecuador. Este análisis se llevó a cabo utilizando metodologías BIM para evaluar la eficiencia energética del proyecto. Con un área de 55,00 m² y materiales seleccionados de acuerdo con las condiciones climáticas locales, Autodesk Insight fue la herramienta utilizada para simular el consumo energético (Fig. 11) y proponer mejoras en el diseño y en la elección de los materiales. Este enfoque sigue metodologías BIM aplicadas en proyectos residenciales para optimizar el rendimiento energético y reducir el impacto ambiental (P. Tzortzopoulos Ling Ma 2019; Sadeghifam 2019).



Fig. 11 Análisis Autodesk Insight. <https://insight.autodesk.com/OneEnergy/Model/526746>.

Fuente: Valencia, R (2024)

En efecto, el proceso comenzó con la modelación en Revit, incorporando los materiales seleccionados, lo que permitió una simulación precisa de los espacios interiores. Insight generó datos clave sobre consumo energético y costos, comparándolos con normativas como ASHRAE 90.1 y Architecture 2030. El consumo promedio de 333.07 kWh/m²/año cumple con ASHRAE, pero no alcanza el objetivo de cero emisiones de Architecture 2030 (Hossein Atashbar 2023).

Por otro lado, el costo energético del proyecto oscila entre 15.73 y 344.63 USD/m²/año, con un promedio de 246.03 USD/m²/año, lo cual es considerablemente elevado para un proyecto de vivienda de interés social. La simulación energética indicó que el uso de materiales con mejor capacidad aislante podría reducir el consumo energético hasta un 40%, tal como se ha demostrado en investigaciones recientes que aplican métodos de optimización en edificios residenciales mediante BIM (Xin Gong P. Michel 2019; Quddus Tushar M. Bhuiyan 2021).

El ejercicio realizado confirma el valor del uso de metodologías BIM en la evaluación y mejora del rendimiento energético en proyectos de vivienda de interés social. A pesar de cumplir con las normativas de ASHRAE 90.1, los resultados revelan oportunidades significativas para optimizar el consumo energético mediante la implementación de materiales más eficientes y estrategias de aislamiento mejoradas. El análisis también refuerza la necesidad de ajustar los parámetros de diseño en las fases iniciales del proyecto para minimizar costos operativos y reducir la huella de carbono, siguiendo ejemplos de investigaciones que han optimizado materiales de construcción en edificios tropicales y sociales (Sadeghifam 2019).

6 | CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio demuestran que el uso de BIM permitió una mejora significativa en la cuantificación de materiales que, para los estudiantes de nivel básico, se observó una reducción del 63% en el tiempo empleado para las fases programáticas de un proyecto en comparación con los métodos tradicionales. Además, el 71% de los estudiantes, según las actas de calificaciones finales del periodo 2024-2024 CI, logró completar el levantamiento con precisión, lo que demuestra la eficiencia de BIM en la planificación de recursos y la automatización de procesos manuales, estos resultados reflejan la efectividad del enfoque instruccional para la comprensión de sistemas constructivos simples.

Por otro lado, los estudiantes de nivel avanzado, expuestos al uso de tecnologías digitales y metodologías PBL, mostraron una mejor comprensión y manejo de sistemas constructivos complejos, como estructuras cerchadas logradas en un tiempo 58,30% inferior al que manualmente o en prácticas de Taller podría haberse ejecutado. El 80% de los participantes logró modelar correctamente estructuras industrializadas, reflejando un progreso significativo en comparación con las técnicas de dibujo tradicional, que requieren mayor tiempo y ofrecen menor flexibilidad.

Adicionalmente, el uso de simulaciones energéticas en BIM permitió evaluar con mayor precisión la eficiencia energética de las viviendas, con un ahorro estimado del 15% en costos energéticos. Esto demuestra que las decisiones de diseño basadas en análisis de materialidad y rendimiento energético son esenciales para propuestas más sostenibles.

7 | ESCENARIOS PROMOTORES DE SUSTENTABILIDAD

En la búsqueda de soluciones sostenibles en la construcción, la innovación en materiales se ha convertido en un elemento clave para mejorar la eficiencia energética de los edificios. A continuación, se describen varios escenarios que promueven la sustentabilidad mediante el uso de materiales avanzados y técnicas renovadoras en el sector de la construcción.

Uno de los principales avances es la introducción de **materiales innovadores**, los cuales pueden reducir considerablemente el consumo energético. Materiales con mejores propiedades aislantes, como ladrillos de madera y cemento, han demostrado mejorar la conductividad térmica, optimizando así el rendimiento energético de los edificios residenciales (Nardi et al. 2016). A este avance se suma el uso de **materiales porosos** como aislantes y sistemas de almacenamiento de energía térmica, que permiten una gestión más eficiente del calor, reduciendo las necesidades energéticas en los sistemas de climatización de los edificios (Rashidi et al., 2018).

Otra estrategia efectiva es la **renovación de la envolvente térmica**. La aplicación de materiales de aislamiento mejorados, como el poliestireno expandido y el vidrio de baja emisividad, ha demostrado disminuir tanto el consumo energético como las emisiones de

CO₂, generando además ahorros significativos en los costos operativos (Chen et al., 2021). En paralelo, el uso de **materiales reciclados** en la construcción reduce el gasto energético asociado a la fabricación de nuevos materiales, contribuyendo a un menor uso de recursos naturales y fomentando una construcción más sostenible (Gao et al., 2001).

Las mejoras sugeridas pueden implementarse fácilmente en Revit gracias a la versatilidad de la metodología BIM; esta plataforma permite realizar simulaciones energéticas precisas y analizar el impacto de cada modificación sin alterar el diseño original del proyecto. Las propiedades de los materiales pueden ajustarse en los parámetros del modelo BIM, y el análisis energético puede actualizarse automáticamente para reflejar los cambios realizados. Esto garantiza que los arquitectos puedan optimizar el consumo energético de los edificios sin comprometer la integridad del diseño original ni el proceso de trabajo colaborativo inherente a BIM.

REFERENCIAS

Bogler, Miriam. 2020. "The Educational Theories in Project-Based Learning." <https://projectpals.com/the-educational-theories-in-project-based-learning/>.

Brown, J, A Smith, and K Davis. 2022. *BIM and Sustainability in Architectural Design*. New York: Routledge.

Caetano, Inês, and A Leitão. 2018. "Integration of an Algorithmic BIM Approach in a Traditional Architecture Studio." *J. Comput. Des. Eng.* 6 (November):327–36. <https://doi.org/10.1016/J.JCDE.2018.11.004>.

Chen, Rui, Xiaoping Feng, Chengjing Li, and Chen Huapeng. 2021. "Reduction of Carbon Dioxide Emission and Energy Saving Obtained by Improving Building Envelops." *Aerosol and Air Quality Research*. <https://doi.org/10.4209/aaqr.210084>.

Gan, Jielong, Kexin Li, Xiuqi Li, Emil Mok, Patrick Ho, Jenny Law, Joey Lau, Raymond Kwok, and R Yau. 2023. "Parametric BIM-Based Lifecycle Performance Prediction and Optimisation for Residential Buildings Using Alternative Materials and Designs." *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13040904>.

Gao, Weijun, T Ariyama, T Ojima, and A Meier. 2001. "Energy Impacts of Recycling Disassembly in Residential Buildings." *Energy and Buildings* 33:553–62. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00096-7](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00096-7).

Girardet, Alexis, and Conrad Botton. 2021. "A Parametric BIM Approach to Foster Bridge Project Design and Analysis." *Automation in Construction* 126:103679. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.103679>.

González, M. 2019. "Circularidad En La Construcción: Un Enfoque Sostenible Para El Siglo XXI." *Revista de Arquitectura Sostenible* 15 (3): 123–35.

He, R, Mingkai Li, V Gan, and Jun Ma. 2021. "BIM-Enabled Computerized Design and Digital Fabrication of Industrialized Buildings: A Case Study." *Journal of Cleaner Production* 278:123505. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123505>.

Hossein Atashbar, E Noorzai. 2023. "Optimization of Exterior Wall Cladding Materials for Residential Buildings Using the Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGAI)." *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su152115647>.

- Johnson, K. 2021. "Active Learning Strategies in Higher Education." *Journal of Educational Development* 34 (2): 145–59.
- Kim, S. 2019. *Revisiting Bloom's Taxonomy in the Digital Age*. New York: Academic Publishing.
- Manrique, Juan D, M Al-Hussein, A Bouferguene, and Reza Nasser. 2015. "Automated Generation of Shop Drawings in Residential Construction." *Automation in Construction* 55 (March):15–24. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2015.03.004>.
- McInerney, D M, and V McInerney. 2018. *Educational Psychology: Constructing Learning*. 5th ed. Sydney: Pearson.
- Miller, J. 2021. "Digital Platforms and Collaborative Learning: A New Era in Education." *Educational Technology Journal* 58 (3): 78–92.
- Nardi, I, T D Rubeis, E Buzzi, S Sfarra, D Ambrosini, and D Paoletti. 2016. "Modeling and Optimization of the Thermal Performance of a Wood-Cement Block." *Energies* 9:1–17. <https://doi.org/10.3390/EN9090677>.
- P. Tzortzopoulos Ling Ma, João Soliman Junior L Koskela. 2019. "Evaluating Social Housing Retrofit Options to Support Clients' Decision Making—SIMPLER BIM Protocol." *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU11092507>.
- Quddus Tushar M. Bhuiyan, Guomin Zhang T Maqsood. 2021. "An Integrated Approach of BIM-Enabled LCA and Energy Simulation." *Journal of Cleaner Production*, 125622. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125622>.
- Rashidi, S, J A Esfahani, and N Karimi. 2018. "A Review on Materials for Building Energy Technologies: Macro to Nano Scales." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.03.092>.
- Rodríguez, A. 2022. *Active Learning and Digital Pedagogy in Contemporary Classrooms*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Sadeghifam, A. N; Moharrami, Mahdi; Meynagh; S, Tabatabaee; Amir, Mahdiyar; A, Memari; S, Ismail. 2019. "Assessment of the Building Components in the Energy Efficient Design of Tropical Residential Buildings." *Energy*, 116080. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116080>.
- Salazar, P. 2021. "Aprendizaje Colaborativo En Entornos Digitales: Innovación En La Enseñanza Del Diseño Arquitectónico." *Educación y Arquitectura* 7 (2): 45–60.
- Xin Gong P. Michel, R Cantin. 2019. "Multiple-Criteria Decision Analysis of BIM Influences in Building Energy Management." *Building Simulation*, 1–12. <https://doi.org/10.1007/S12273-019-0534-4>.