

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



*Una Institución Adventista*

**Análisis del comportamiento energético de una vivienda social  
mediante la integración BIM, para zonas de friaje sobre los 3800  
msnm ubicados en la Región Puno**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Jérson Pablo Polar Belisario

Richard Wilfredo Quea Machaca

Dick Mamani Pacompia

Asesor:

Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquisé

**Juliaca, noviembre de 2022**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquisé, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE UNA VIVIENDA SOCIAL MEDIANTE LA INTEGRACIÓN BIM, PARA ZONAS DE FRIAJE SOBRE LOS 3800 MSNM UBICADO EN LA REGIÓN PUNO”** constituye la memoria que presentan los Bachilleres **Jérson Pablo Polar Belisario, Richard Wilfredo Quea Machaca** y **Dick Mamani Pacompia** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 10 días del mes de noviembre del año 2022



Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquisé  
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 08 día(s) del mes de noviembre del año 2022, a las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Xerxon Dukerly Pari Lusi, el (la) secretario(a): Ing. Juana Beatriz Aguirre Pari y los demás miembros: Mg. Jose Racori Racori y el (la) asesor(a) Ing. Ruben Fitzgerald

Lisa Aguirre con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Análisis del comportamiento energético de una vivienda social mediante la integración BIM, para zonas de frías sobre 3800 msnm ubicado en la Región Puno del(los) bachiller(es): a) Jerson Pablo Colon Belisario b) Dick Mamani Racompia c) Richard Wilfredo Quea Machaca

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Jerson Pablo Colon Belisario

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Dick Mamani Racompia

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (c): Richard Wilfredo Quea Machaca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

  
 Presidente/a  
  
 Asesor/a  
  
 Bachiller (a)  
  
 Miembro  
 Bachiller (b)  
  
 Secretario/a  
  
 Miembro  
 Bachiller (c)

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN: .....	5
ABSTRACT: .....	6
1 INTRODUCCIÓN .....	7
2 METODOLOGÍA .....	10
2.1 PROCESO DE INTEGRACIÓN DE BIM .....	10
3 RESULTADOS .....	15
4 CONCLUSIONES .....	17
REFERENCIAS .....	18

# **Análisis del comportamiento energético de una vivienda social mediante la integración BIM, para zonas de friaje sobre los 3800 msnm ubicados en la Región Puno**

## **RESUMEN:**

Esta investigación se centra en un análisis sobre el comportamiento energético de una vivienda social en la región Puno, bajo un modelamiento en Revit y simulación energética en GBS (Green Building Studio). La metodología de trabajo empieza abordando en las prácticas teóricas y técnicas para llevar a cabo el desarrollo de la metodología BIM, en cuanto al modelamiento y simulación de energía; por ello con el intento de mejorar el desempeño energético de la envolvente de la vivienda se evaluó la eficiencia energética y el cumplimiento de los criterios de calefacción y refrigeración del Passive House Standard. De este modo, se ejecutó la simulación en tres escenarios (E1, E2, E3) y en distintas ciudades (Juliaca, Nuñoa, Macusani), identificando los resultados más significativos en cuanto al consumo de energía, siendo eficaz el escenario E3, compuesto de doble muro con poliestireno, triple acristalamiento y una cobertura metálica, alcanzando una reducción de uso eléctrico, demanda máxima anual y demanda de calefacción y refrigeración de 17.1%, 37.5%, 34.8% y 12.5% respectivamente. Por lo anteriormente expuesto, mediante la integración BIM se logra optimizar el consumo energético alcanzando criterios de viviendas sostenibles y así mismo mejorando la calidad de vida.

**Palabras clave:** análisis energético, BIM, eficiencia energética, vivienda sostenible, vivienda social.

**Analysis of the energy behavior of a social housing through BIM  
integration, for cold areas over 3800 meters above sea level located in the  
Puno Region**

**ABSTRACT:**

This research focuses on an analysis of the energy performance of a social housing in the Puno region, under a Revit modeling and energy simulation in GBS (Green Building Studio). The work methodology begins by addressing the theoretical and technical practices to carry out the development of the BIM methodology, in terms of modeling and energy simulation; therefore, in an attempt to improve the energy performance of the envelope of the house, the energy efficiency and compliance with the heating and cooling criteria of the Passive House Standard were evaluated. Thus, the simulation was executed in three scenarios (E1, E2, E3) and in different cities (Juliaca, Nuñoa, Macusani), identifying the most significant results in terms of energy consumption, being effective the E3 scenario, composed of double wall with polystyrene, triple glazing and a metal cover, achieving a reduction in electricity use, annual peak demand and heating and cooling demand of 17.1%, 37.5%, 34.8% and 12.5% respectively. Therefore, by means of BIM integration, energy consumption is optimized, achieving sustainable housing criteria and improving the quality of life.

**Keywords:** energy analysis, BIM, energy efficiency, sustainable housing, social housing.

# 1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional, la evolución económica, el estilo de vida mejorado y el avance social actual impulsan a países a hacer hincapié en satisfacer las necesidades energéticas esenciales de su nación (Irfan y otros, 2018). Así mismo alrededor de un tercio del consumo total de energía de los edificios asociadas con la producción de esta energía son responsables de emisiones de CO2 en todo el mundo (International Energy Agency, 2013). Teniendo en cuenta que los edificios consumen un 30 % de energía y más del 50% de electricidad en el mundo (Li y otros, 2020).

Así también, en el Perú el consumo de energía en los últimos años ha sufrido un incremento económico y demográfico; frente a ello, el estado no tiene una política energética concertada donde se establezca planes energéticos que permita desarrollar al sector energético a mediano y largo plazo (Rojas y Rojas, 2009). Se estima que el sector residencial ocupa el primer lugar en consumo de energía eléctrica (45.1%) y el tercer lugar en consumo de energía total (International Renewables Energy Agency - IRENA, 2014) tal como se muestra en la figura 1

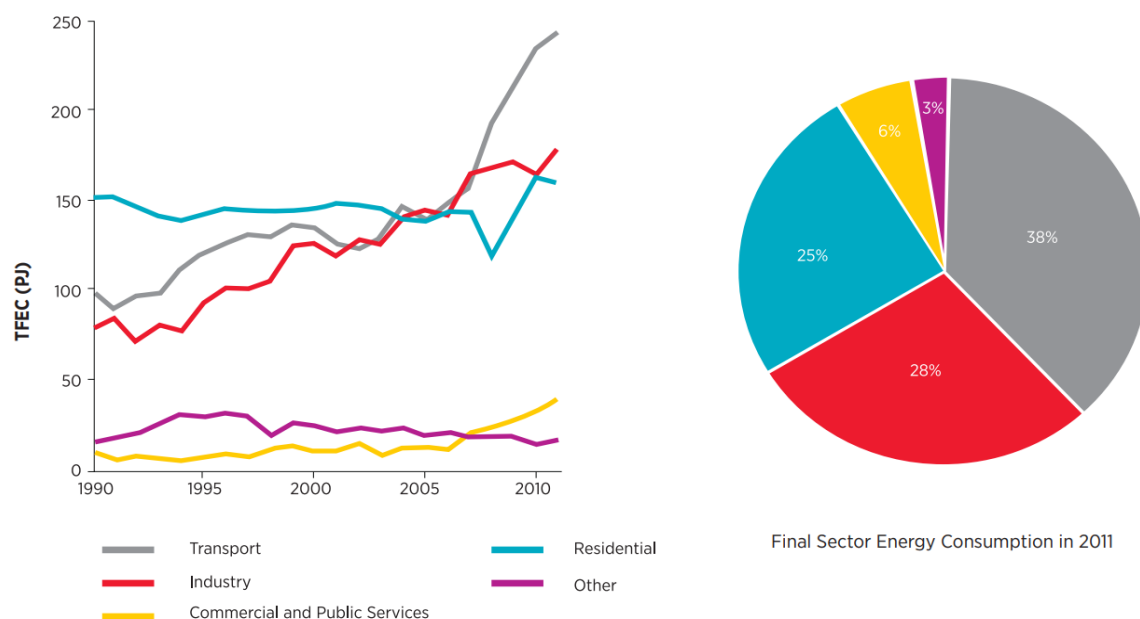


Figura 1. Consumo total de energía final por sector año 2011

Fuente: (IRENA, 2014)

En nuestro país las viviendas de nivel socioeconómico A consumen mayor energía con un promedio de 1050.2 kwh/ año, mientras que el nivel B y C consume 498.2 y 277.87 kwh/año y en cuanto al nivel D y E tiene menor consumo de energía 129.55 y 25.95 kwh/año

respectivamente (Miranda y otros, 2014). Cabe destacar que en el Perú la importancia del consumo energético en el sector residencial es poco conocida (Muñoz y otros, 2019). De ahí la importancia de incrementar las innovaciones y soluciones para alcanzar estándares sostenibles en este campo, principalmente en condiciones críticas: competencia creciente, agotamiento de recursos y falta de estándares para proteger el medio ambiente (Gonzalez y otros, 2019).

El diseño de edificios energéticamente eficientes consiste en maximizar su eficiencia energética al minimizar consumos de energía y reducir las pérdidas de calor en la envolvente del edificio (Ahmad y otros, 2022). Por lo tanto, la importancia de garantizar la eficiencia energética de los edificios por varias razones es ahora bien conocida. Las medidas de eficiencia energética o de diseño pasivo se emplean para minimizar el consumo de energía de una edificación en materia de confort térmico, iluminación (Beazley y otros, 2017).

Por otro lado, la tecnología avanzó significativamente con el ingreso de nuevas herramientas basadas en la metodología BIM (Mousa y otros, 2016). Los entornos BIM agregan una capa de información principal a los proyectos de construcción, de modo que el diseñador ahora dibuja elementos constructivos y los completa con características o parámetros, que se definen con un nivel de detalle de acuerdo con la etapa actual del ciclo de vida del proyecto (Martínez y otros, 2021). Muchos estudios intentan crear una herramienta de evaluación del consumo de energía y apoyar en la toma de decisiones de arquitectos, diseñadores, ingenieros de servicio público, desarrolladores e incluso usuarios finales (Bonenberg y Wei, 2015). La mayoría de herramientas de sostenibilidad BIM actuales se concentran en simular la energía y no en usar la energía para probar las alternativas de diseño después de la toma de decisiones, ignorando en gran medida el problema de informar el diseño antes de tomar las decisiones.

El Sayary y Omar (2021) utilizaron un nuevo enfoque empleando una plantilla BIM para calcular el consumo de energía en donde calcularon la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para una vivienda de energía cero, fue el mayor valor derivado del BIM. Así mismo Beazley y otros, (2017) exploraron el intercambio de datos de análisis arquitectónico a energía, demostrando cómo integrar los parámetros de eficiencia energética en los archivos modelo para informar la toma de decisión en el diseño conceptual encontrando que, usando herramientas disponibles, se puede agregar valor en el diseño con mejores resultados utilizando BIM.



También Luziani y Paramita (2019) analizaron energéticamente edificios comerciales creando 3 escenarios donde (B-01) utilizó grandes cantidades de vidrio y doble fachada por el norte, este y sur, (B-02) uso poco vidrio sin fachada y (B-03) realizó una edificación con varias aberturas sin doble fachada, igualmente Argüello y Quarroz (2016) analizaron energéticamente una vivienda social para realizar un diseño sostenible; simulados en GBS y Revit, determinando que el edificio con aberturas es más eficiente energéticamente consiguiendo una reducción de 20% de cargas del aire acondicionado y consumo eléctrico.

Así también Espinosa y otros, (2017) analizaron transmisiones de calor en 3 sistemas de muro con materiales accesibles, al determinar la transmisión de calor se realizó un modelo 3D de una vivienda de 43m<sup>2</sup> en Revit analizado energéticamente en GBS, donde se evidencio que el muro con block de concreto, panel de yeso y poliestireno de baja densidad tuvo mejor desempeño energético, dado que tarda en ingresar calor del exterior de la vivienda y liberar la energía acumulada durante el día, resultando un ahorro energético por causas de enfriamiento y calefacción.

La región de Puno se encuentra en una zona altoandina donde las temperaturas están por debajo de los 0 °C, y así también las viviendas sufren con un déficit de sostenibilidad y confort. Es por eso que el objetivo de esta investigación fue analizar el comportamiento energético de una vivienda social, ubicada en el departamento de Puno con altitudes superiores a los 3800 msnm, integrando la metodología BIM mediante el uso de Revit para el modelamiento y GBS para el análisis energético.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 PROCESO DE INTEGRACIÓN DE BIM

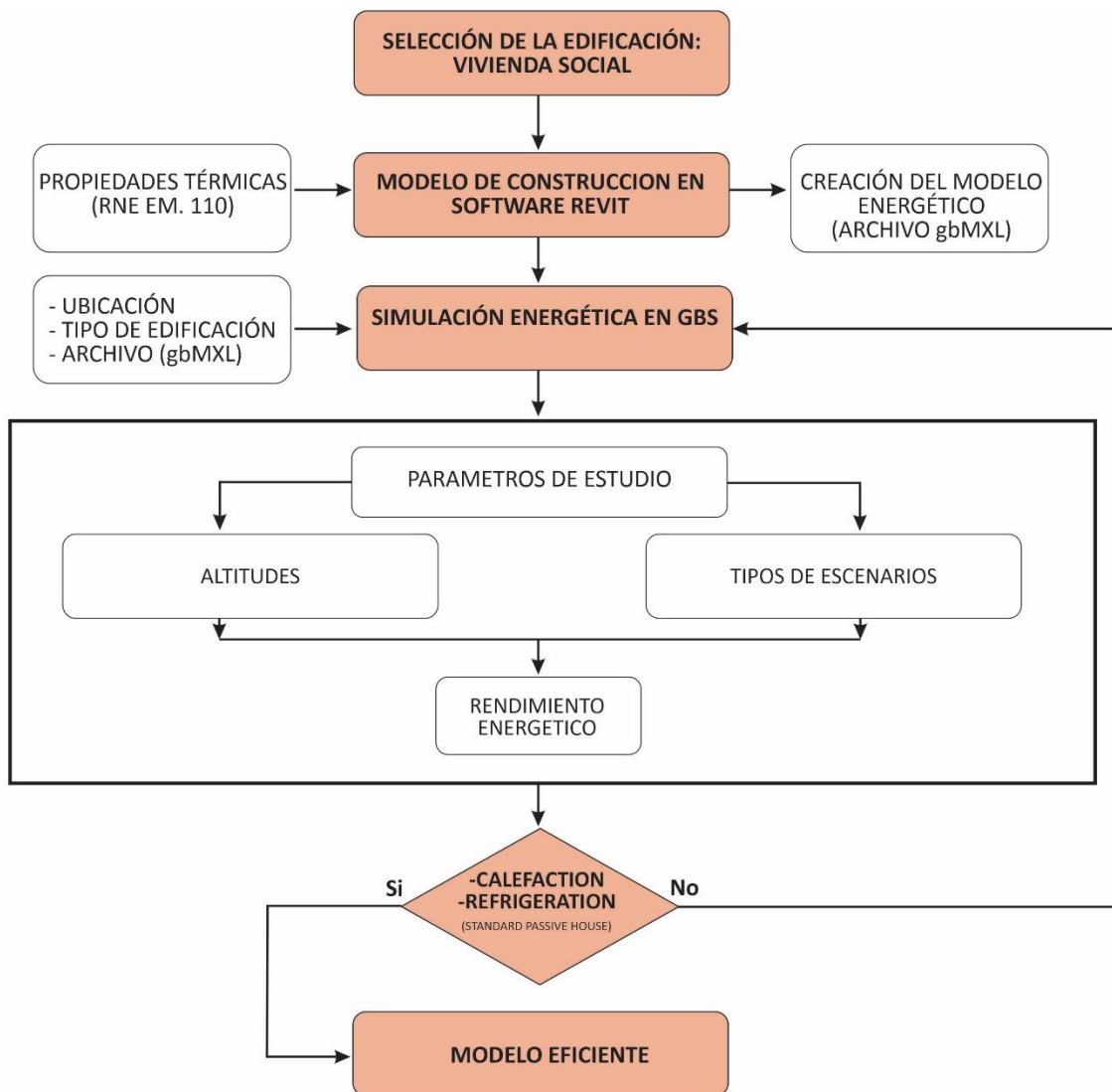


Figura 2. Diagrama de flujo de la investigación

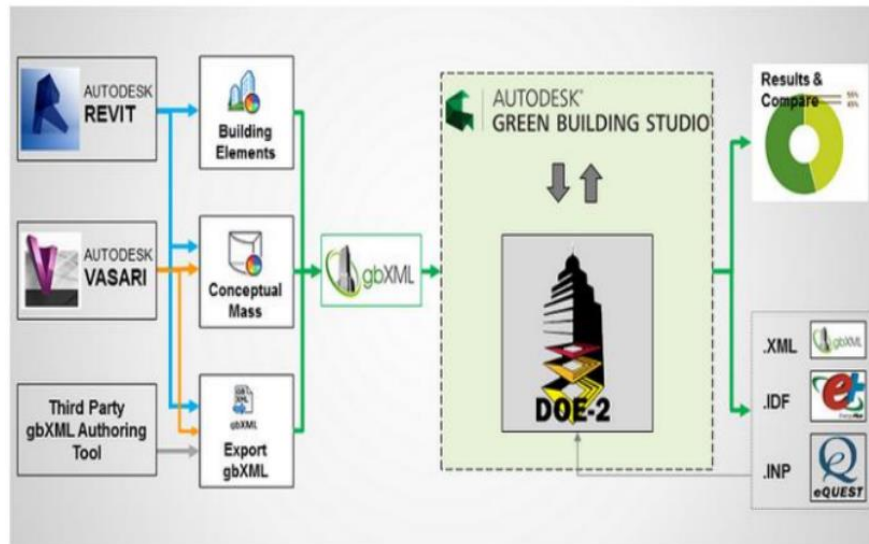
Al iniciar el proceso, se seleccionó un modelo arquitectónico de una vivienda social del programa Techo Propio del MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), seguidamente se procedió a ejecutar el modelamiento en el software Autodesk REVIT 2022, luego de ese proceso para la correcta creación del modelo analítico de energía fue necesario considerar los elementos de construcción (paredes, ventanas, techos), así mismo, se añadieron sus propiedades como: conductividad térmica, densidad y calor específico de los cuales fueron tomadas del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) EM. 110, ver Tabla 1.

**Tabla 1.***Materiales y propiedades térmicas del escenario E1*

Escenarios	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (Kg/m3)	Calor Específico (J/kg °C)
<b>(E1)</b>					
Piso	Cerámico/concreto/laminado	0.200	1.6300	2,400.00	1000.00
Muro interior y exterior (e=0.14m)	Ladrillo cerámico hueco 14x24x9	0.140	0.4700	1,000.00	930.00
Ventana	Vidrio de una capa de 6mm con cámara de aire	0.025	1.1000	2,480.00	840.00
Techo	Losa de concreto	0.200	1.6300	2,400.00	1000.00

Luego de lo anterior mencionado se utilizó la herramienta Autodesk GBS para calcular el consumo energético de la edificación. El propio Autodesk GBS es un plugin que incluye datos climáticos que se encuentran en la nube contando con más de 1.6 millones de estaciones meteorológicas virtuales basados en datos de las estaciones reales (Le, 2014)

De las variables climáticas que se incluye en los datos de GBS: Radiación horizontal, radiación normal directa, radiación horizontal difusa, temperatura de bulbo seco, temperatura de derretimiento, humedad relativa, velocidad de viento, por lo que no fue necesario incluir mayor información en cuanto a las condiciones climáticas; finalizando este proceso solo se consideró introducir tres aspectos como: la ubicación, tipo de edificación y el archivo importado de Revit (gbXML), estos datos son indispensables debido a que el Autodesk GBS utiliza un motor de simulación DOE-2 para un cálculo por hora del uso de energía de toda la edificación siendo necesario la información mencionada para lograr el análisis energético. Se considera que para lograr un modelamiento y una simulación energética adecuada es necesario contar con las habilidades teóricas y prácticas para desarrollar el modelo creado.



*Figura 3. Validación y procesos de Autodesk GBS*

*Fuente: (Le, 2014)*

De los escenarios propuestos para esta investigación se tuvo en cuenta la modificación de lo siguiente:

Para el escenario E2 ver tabla 2: De los muros se planteó utilizar doble ladrillo, compuesto por un revestimiento de yeso y una lámina de poliestireno que está ubicada en la parte intermedia de ambas paredes, ver Figura 4; la funcionalidad del doble muro permite almacenar calor y el poliestireno expandido evita perder el calor almacenado. Estos materiales fueron considerados por la disponibilidad del material, menor costo y la aislación térmica en cuanto al poliestireno. Del acristalamiento, se utilizaron tres capas de láminas de vidrio permitiendo mejorar la captación e ingreso de la radiación solar.

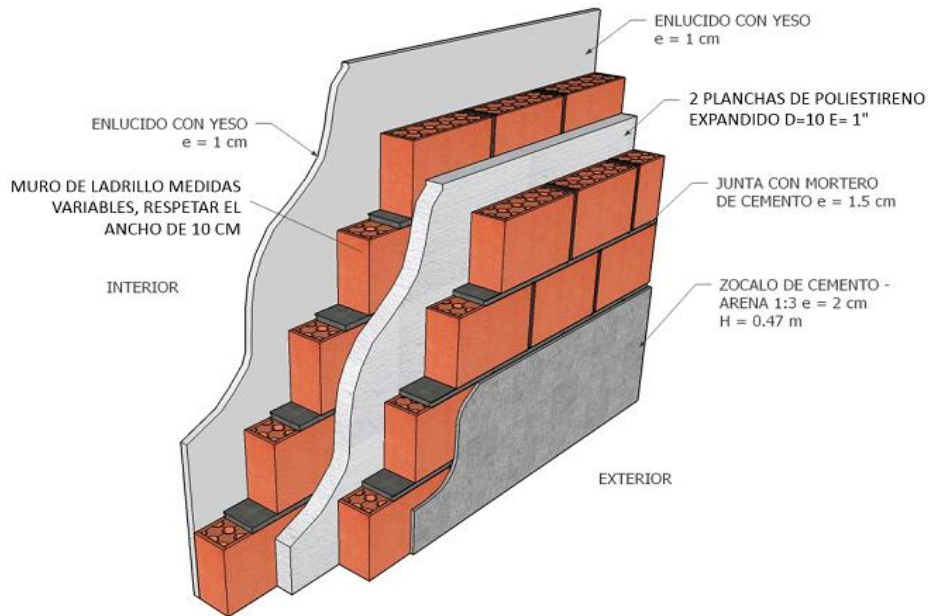


Figura 4. Composición de doble ladrillo

Para el escenario E3 ver tabla 2: De los muros y el acristalamiento se utilizó la misma configuración del escenario E2; sin embargo, se modificó la configuración de la losa de concreto optando por una cobertura metálica, sabiendo que el comportamiento térmico del material mencionado tiene mejor conductividad de calor.

Del cumplimiento de los criterios del standard passive house para este estudio se inclina en dos criterios como las demandas de calefacción y refrigeración debido a que no se pretende alcanzar hasta un nivel de certificación.

**Tabla 2.**

*Materiales del escenario y propiedades térmicas de los escenarios E2 y E3*

Escenarios	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (J/kg °C)
<b>(E2)</b>					
Piso	Cerámico/concreto/ laminado	0.200	1.6300	2,400.00	1000.00
Muro interior (e=0.14m)	Ladrillo cerámico hueco 14x24x9	0.140	0.4700	1,000.00	930.00
Muro exterior	-Ladrillo cerámico hueco 9x24x14	0.090	0.4700	1,000.00	930.00

(dos pieles) (e=0.25m)	-02 Poliestireno de 1"	0.060	0.0330	30.00	1700.00
	-Ladrillo cerámico hueco 9x24x14	0.090	0.4700	1,000.00	930.00
Ventana	Vidrio de triple capa de 6mm con cámara de aire	0.025	1.1000	2,480.00	840.00
Techo	Losa de concreto	0.200	1.6300	2,400.00	1000.00
<b>(E3)</b>					
Piso	Cerámico/concreto/ laminado	0.200	1.6300	2,400.00	1000.00
Muro interior (e=0.14m)	Ladrillo cerámico hueco 14x24x9	0.140	0.4700	1,000.00	930.00
	-Ladrillo cerámico hueco 9x24x14/	0.090	0.4700	1,000.00	930.00
Muro exterior (dos pieles) (e=0.25m)	-02 Poliestireno de 1" / -Ladrillo cerámico hueco 9x24x14	0.060	0.0330	30.00	1700.00
		0.090	0.4700	1,000.00	930.00
Ventana	Vidrio de triple capa de 6mm con cámara de aire	0.025	1.1000	2,480.00	840.00
	Calamina galvanizada prepintada	0.002	237.00	-	-
Techo	Panel de yeso	0.0120	0.2500	900	1000.00

**Tabla 3.**

*Condiciones climáticas de las estaciones meteorológicas virtuales del GBS.*

Ciudad	Estación meteorológica	Longitud	Latitud	Elevación (m)	Temperatura media anual más alta °C	Temperatura media anual más baja °C
Juliaca	GBS_06M12_17_169060	-70.1833	-15.4667	3824	18.7	-3.9
Nuñoa	GBS_06M12_17_165069	-70.6167	-14.5167	4025	12.7	-4.6
Macusani	GBS_06M12_13_026192	-70.4500	-14.1000	4315	10	-3.3

### 3 RESULTADOS

Una vez ejecutada la simulación mediante GBS, se realizó un análisis energético de los escenarios E1, E2 y E3 como se muestran en las figuras (figuras 5, 6). Las mismas muestran la comparación del uso eléctrico anual, demanda máxima anual, intensidad de uso de energía y las demandas de calefacción y refrigeración.

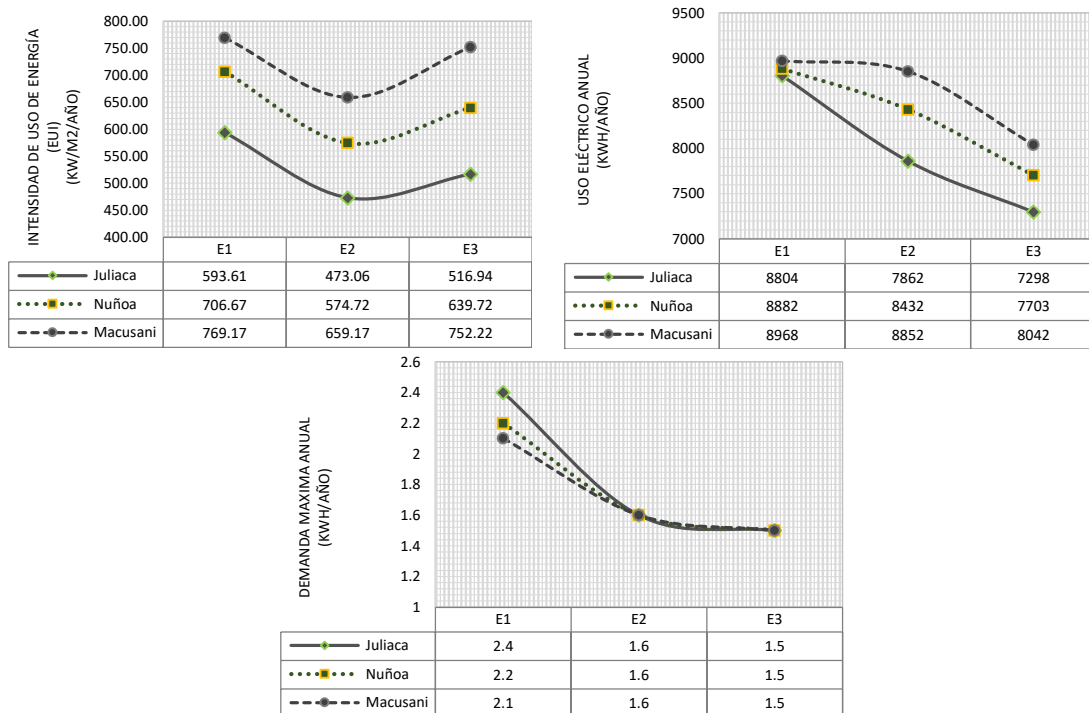


Figura 5. Consumos de energía de los escenarios y en diferentes altitudes

En la figura 5 de los resultados de uso eléctrico anual, se observa que al utilizar doble ladrillo con poliestireno expandido para los muros y el uso de triple lámina de vidrio para las ventanas del E2 respecto al E1, se obtuvo un ahorro de 10.7%, 5.1% y 1.3% en las ciudades de Juliaca, Nuñoa y Macusani respectivamente, sin embargo al reemplazar el techo de concreto del E2 por una cobertura metálica del E3 se logró reducir aún más el consumo eléctrico, este comportamiento es debido a la conductividad térmica del acero frente al concreto, logrando mayores ahorros del 17.1%, 13.3% y 10.3% para las ciudades mencionadas anteriormente frente al escenario base E1. Otros estudios Ziasistani y Fazelpour (2019) investigaron con diferentes tipos de envolvente y en distintas condiciones climáticas donde alcanzaron un máximo ahorro energético de 10,38%.

De la demanda máxima anual de energía se observa que el escenario E1 en la ciudad de Juliaca obtuvo una mayor demanda con un valor de 2.4 kwh/año frente a los demás escenarios y ciudades, sin embargo, la menor demanda fue en el escenario E3 con un valor de 1.5 kwh/año logrando una reducción del 37.5% para todas las ciudades de estudio. Esto refleja que depende de la calidad de los materiales reducir o aumentar la demanda frente a diferentes altitudes.

Con respecto a la intensidad de uso de energía se refleja que en la ciudad de Juliaca presentó menor intensidad y en la ciudad de Macusani una mayor intensidad, esto explica que las condiciones climáticas influyen en la variabilidad de la intensidad. Según Hernández (2020) menciona que las condiciones climáticas pueden influir en el consumo energético de una vivienda social

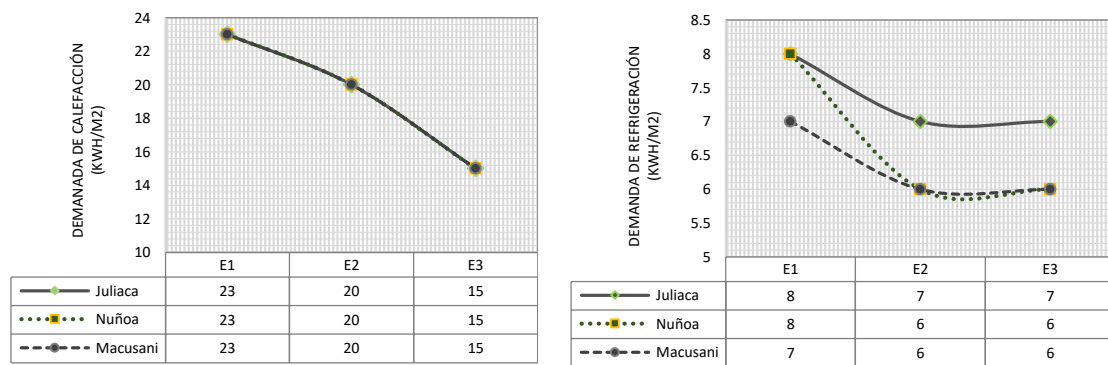


Figura 6. Cuadro comparativo de demandas de calefacción y refrigeración

De la figura 6 con respecto a la demanda de calefacción se puede observar que el escenario E3 es menor y es más efectivo para las tres ciudades al utilizar una cobertura metálica demostrando mejor conductividad de calor frente a una losa de concreto; sabiendo esto se menciona que el escenario E1 y E2 no cumplen con los criterios de calefacción y refrigeración del PASSIVE HOUSE STANDARD teniendo como parámetros máximos de 15 kwh/m2. Observando estos resultados del escenario E3 además de cumplir con los criterios mencionados se logró reducir así mismo las demandas de calefacción en 34.8% y refrigeración en 12.5% frente al escenario base E1. Por otro lado, M'hamdi y otros, (2022) realizaron investigaciones en donde alcanzaron reducir las demandas de calefacción hasta un 10.7% con otro tipo de envoltente. Así mismo Wang y otros, (2020) obtuvo un ahorro máximo de 18.3% para la calefacción con una envoltente de concreto. Hu y Yu (2019), en su investigación lograron reducir hasta un máximo del 30% siendo similares al de este estudio.



## 4 CONCLUSIONES

En este estudio, se investigó el comportamiento energético de una vivienda social en tres escenarios y en tres altitudes, donde se concluye lo siguiente:

Que al utilizar doble muro con poliestireno y triple lámina de vidrio para las ventanas con una cobertura metálica esto se refiere al escenario E3, permite reducir el consumo eléctrico anual, alcanzando un ahorro de 17.1% y para la demanda máxima anual un valor de 37.5%, estos ahorros son predominante en la ciudad de Juliaca. La intensidad de uso de energía tuvo mayor impacto en la ciudad de Macusani para los tres escenarios, esto indica que depende en gran manera las condiciones climáticas. El uso de materiales más eficientes y representativos fue para el escenario E3, esto explica que al mejorar la envolvente con materiales de mejor transmitancia térmica y con aislante térmico se logra optimizar las demandas de calefacción y refrigeración que el PASSIVE HOUSE STANDARD establece como criterios de sostenibilidad. Estos hallazgos aumentan las perspectivas en cuanto al uso adecuado de materiales y la influencia de las condiciones climáticas para lograr una eficiencia energética en las viviendas sociales. Por concerniente a lo anterior mencionado se finaliza concluyendo que mediante la integración BIM se puede optimizar el consumo energético de una edificación frente a diferentes altitudes de esta forma logrando diseños de viviendas sostenibles y así mismo mejorando la calidad de vida.

## REFERENCIAS

- Ahmad, T., Zhang, D., AlGhamdi, A. S., Ullah, F., & Alshamrani, S. S. (2022). Design parametric analysis of low-energy residential buildings on the way to a defined cost-optimal capacity point. *Alexandria Engineering Journal*, 61(10), 8297-8313. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.01.061>
- Argüello, S., & Quarroz, R. (2016). Diseño de Vivienda Social Sostenible mediante Simulación. *Grupo de Investigación En Simulación y Control (GIMOSIC)*, 1-10. <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/2269>
- Beazley, S., Heffernan, E., & McCarthy, T. J. (2017). Enhancing energy efficiency in residential buildings through the use of BIM: The case for embedding parameters during design. *Energy Procedia*, 121, 57-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.479>
- el Sayary, S., & Omar, O. (2021). Designing a BIM energy-consumption template to calculate and achieve a net-zero-energy house. *Solar Energy*, 216, 315-320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.01.003>
- Espinosa, G., Cordero, D., Ruiz, A., & Roux, R. (2017). Análisis de aislamiento en tres sistemas de muro, como envolvente alternativa para el desarrollo de la vivienda social. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 12(21). <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/9378>
- Gonzalez, A., Bobadilla, A., & Karlshøj, J. (2019). Implementing post-occupancy evaluation in social housing complemented with BIM: A case study in Chile. *Building and Environment*, 158, 260-280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.05.019>
- International Energy Agency. (2013). *Transition to sustainable buildings: strategies and opportunities to 2050*.
- International Renewables Energy Agency - IRENA. (2014). *Renewables Readiness Assessment: Peru*. <https://www.irena.org/publications/2014/Jun/Renewables-Readiness-Assessment-Peru>

- Irfan, M., Abas, N., & Saleem, M. S. (2018). Thermal performance analysis of net zero energy home for sub zero temperature areas. *Case Studies in Thermal Engineering*, *12*, 789-796. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.10.008>
- Le, M. K. (2014). *Autodesk® Green Building Studio for an Energy-Efficient, Sustainable Building*.
- Li, H. X., Li, Y., & Zhang, L. (2020). A two-step approach for cost-effective design analysis of Net Zero Energy Homes. *Journal of Building Engineering*, *32*, 101546. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobee.2020.101546>
- Luziani, S., & Paramita, B. (2019). Autodesk Green Building Studio an Energy Simulation Analysis in the Design Process. *KnE Social Sciences*, *3*(21), 735-749. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i21.5007>
- Martínez, A., Rivera, C., Galán, C., & Marrero, M. (2021). Environmental benchmarking of building typologies through BIM-based combinatorial case studies. *Automation in Construction*, *132*, 103980. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103980>
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., & Valdivia, R. (2014). *Hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático*. [https://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/edicion\\_final\\_estudio\\_construccion\\_sostenible.pdf](https://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/edicion_final_estudio_construccion_sostenible.pdf)
- Mousa, M., Luo, X., & McCabe, B. (2016). Utilizing BIM and Carbon Estimating Methods for Meaningful Data Representation. *Procedia Engineering*, *145*, 1242-1249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.160>
- Muñoz, M., Muñoz, J., & Muñoz, D. (2019). *Ciclo de vida Energetico y huella de carbono en dos tipos de residencias familiares en la ciudad de Lima* [Universidad Peruana los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/847/INVESTIG%20INFORME%20FINAL%20Mauricio%20Mu%C3%B1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, O., & Rojas, J. (2009). Proyección del consumo de energía residencial en el Perú (2005-2030) mediante el software Maed\_d. *Industrial Data*, *12*(2), 20-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/idata.v12i2.612>