

DOI: <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v8i3>

Diseño estructural y arquitectónico de una vivienda de interés social digna, usando materiales reciclados disponibles en la ciudad de Portoviejo, Ecuador

Structural and architectural design of a decent social housing, using recycled materials available in the city of Portoviejo, Ecuador

Projeto estrutural e arquitetônico de uma habitação social digna, utilizando materiais reciclados disponíveis na cidade de Portoviejo, Equador

Adony Geovanny Molina-Pinargote^I
amolina6631@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0086-9863>

José Vicente Zambrano-Aray^{II}
jzambrano9985@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-4710-2645>

María Giuseppina Vanga-Arvelo^{III}
maria.vanga@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0143-838>

Bolívar Humberto Ortega-Bravo^{IV}
bolivar.ortega@utm.edu.ec,
<https://orcid.org/0000-0002-1805-8732>

Correspondencia: amolina6631@utm.edu.ec

* **Recepción:** 21/07/2023 * **Aceptación:** 30/08/2023 * **Publicación:** 12/09/2023

1. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
2. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
3. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
4. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

Existen ventajas asociadas con la construcción de viviendas con material reciclado debido a que contribuyen con la reducción de residuos, el ahorro de energía y recursos naturales, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y el fomento de la economía circular y promoción de la sostenibilidad. En la presente investigación se muestra el diseño estructural y arquitectónico de una vivienda de interés social usando materiales reciclados con el fin de incentivar y promover su uso en la construcción. Es un estudio descriptivo, cuyo diseño de la investigación es no experimental apoyado por el método deductivo-inductivo, con una muestra no probabilística intencional, aplicándose encuestas y entrevistas para conocer la opinión de la población y de profesionales de esta rama. Los resultados indican que la población es consciente de la importancia de establecer acciones para la mitigación del impacto ambiental en la construcción, sin embargo, los profesionales señalan que carecen de conocimientos suficientes sobre cómo aprovechar los materiales reciclados en la edificación de viviendas. Se demostró a nivel de diseño que es viable arquitectónica y estructuralmente una vivienda de materiales reciclados y que presupuestariamente puede resultar de menor costo que las propuestas de viviendas gubernamentales siendo igualmente dignas. Es imperante enfatizar que el sector de la construcción genera un gran impacto en el ambiente, y por ello es necesaria la aplicación de sistemas de construcción que conduzcan a la disminución de la huella ambiental.

Palabras Claves: Construcción de viviendas con materiales reciclados; Diseño estructural y arquitectónico con materiales reciclados; Impacto ambiental producido por la construcción; Vivienda de interés social.

Abstract

There are advantages associated with the construction of homes with recycled material because they contribute to the reduction of waste, the saving of energy and natural resources, the reduction of greenhouse gas emissions and the promotion of the circular economy and promotion of sustainability. . This research shows the structural and architectural design of a social housing using recycled materials in order to encourage and promote their use in construction. It is a descriptive study, whose research design is non-experimental supported by the deductive-inductive method, with an intentional non-probabilistic sample, applying surveys and interviews to know the opinion



of the population and professionals in this branch. The results indicate that the population is aware of the importance of establishing actions to mitigate the environmental impact in construction, however, professionals point out that they lack sufficient knowledge about how to take advantage of recycled materials in the construction of homes. It was demonstrated at the design level that a home made of recycled materials is architecturally and structurally viable and that budgetarily it can be lower in cost than government housing proposals while being equally worthy. It is imperative to emphasize that the construction sector generates a great impact on the environment, and therefore the application of construction systems that lead to a reduction in the environmental footprint is necessary.

Key Words: Construction of homes with recycled materials; Structural and architectural design with recycled materials; Environmental impact produced by construction; Social interest housing.

Resumo

Existem vantagens associadas à construção de habitações com material reciclado porque contribuem para a redução de resíduos, para a poupança de energia e de recursos naturais, para a redução das emissões de gases com efeito de estufa e para a promoção da economia circular e promoção da sustentabilidade. Esta pesquisa mostra o projeto estrutural e arquitetônico de uma habitação social utilizando materiais reciclados, a fim de incentivar e promover a sua utilização na construção. Trata-se de um estudo descritivo, cujo desenho de pesquisa é não experimental apoiado no método dedutivo-indutivo, com amostra intencional não probabilística, aplicando inquéritos e entrevistas para conhecer a opinião da população e dos profissionais deste ramo. Os resultados indicam que a população tem consciência da importância de estabelecer ações para mitigar o impacto ambiental na construção, porém, os profissionais apontam que carecem de conhecimento suficiente sobre como aproveitar os materiais reciclados na construção de residências. Foi demonstrado, ao nível do projecto, que uma casa feita de materiais reciclados é arquitectónica e estruturalmente viável e que, do ponto de vista orçamental, pode ter um custo mais baixo do que as propostas habitacionais do governo, sendo ao mesmo tempo igualmente digna. É imprescindível ressaltar que o setor da construção gera um grande impacto ao meio ambiente, sendo necessária a aplicação de sistemas construtivos que levem à redução da pegada ambiental.

Palavras-chave: Construção de moradias com materiais reciclados; Projeto estrutural e arquitetônico com materiais reciclados; Impacto ambiental produzido pela construção; Habitação de interesse social.

Introducción

La construcción civil tiene un gran impacto en el cambio climático debido a la gran cantidad de energía y recursos naturales que se utilizan durante el proceso de construcción. En este sentido, González y Meira (2020) manifiestan que algunos de los principales impactos ambientales incluyen: emisiones de gases de efecto invernadero, uso de recursos naturales y generación de residuos. Dentro de las iniciativas existentes para reducir el impacto ambiental, está el adoptar prácticas de construcción sostenibles, como el uso de materiales de construcción renovables y de bajo impacto, la adopción de tecnologías de construcción eficientes en energía, la gestión adecuada de residuos y la implementación de políticas y regulaciones que fomenten la sostenibilidad en la construcción y promuevan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector.

Dentro de este conjunto de iniciativas, una de las más importantes es la del reciclaje de materiales, que, más allá de ayudar en la disminución de desechos, también es un aporte en cuanto al tema de la economía. Los precios de los materiales de construcción aumentan constantemente, lo que hace que el uso de reciclados sea una alternativa económicamente viable respecto a los materiales tradicionales.

De acuerdo con Moreira, Toala y Loor (2019), es factible construir viviendas de interés social con materiales reciclados. De hecho, el uso de materiales reciclados en la construcción es una opción viable, que proporciona beneficios a nivel ambiental y económico. Es importante destacar que la elección de los materiales reciclados debe ser evaluada cuidadosamente, asegurándose de que sean adecuados para su uso en la construcción y cumpliendo con las normas y regulaciones locales de construcción y seguridad.

De igual manera Xargay *et al.*, (2019), indican que hay varias ventajas asociadas con la construcción de viviendas usando materiales reciclados. En primer lugar, esta práctica ayuda a reducir la cantidad de residuos que terminan en los vertederos, en segundo lugar, puede ser una opción más económica que la construcción tradicional, ya que algunos materiales reciclados son más asequibles que los materiales nuevos. Por último, las viviendas construidas con materiales



reciclados, a pesar que en términos generales se las puede asociar con lo campestre, pueden ser muy atractivas a nivel estético y tener un carácter único y personalizado.

Lo anteriormente expresado concuerda con el criterio de González (2018), quien puntualiza que la construcción de viviendas con materiales reciclados es una forma cada vez más popular y sostenible de construir hogares. Esta práctica implica utilizar materiales que de otro modo se habrían descartado, como madera recuperada, ladrillos de vidrio, contenedores de envío, botellas de plástico, neumático, entre otros, y darles una nueva vida como componentes de una vivienda. Es importante investigar cuidadosamente los materiales disponibles y las regulaciones locales antes de embarcarse en un proyecto de construcción con materiales reciclados.

En este orden de ideas, la construcción de viviendas con materiales reciclados es una práctica que innegablemente tiene varias ventajas, pero también algunos desafíos. Dicho esto, Echeverría *et al.* (2018), considera importante investigar cuidadosamente los materiales disponibles y las regulaciones locales antes de desarrollar un proyecto de construcción con materiales reciclados. Es por medio de estudios y análisis previos, que van a conocerse los componentes y la tenacidad de dichos materiales, porque además de proporcionar un bajo impacto ambiental es esencial que dicho sistema se mantenga sostenido en el tiempo y que las obras que se realicen con el mismo evidencien la resistencia y sostenibilidad de su calidad.

De acuerdo con Silva *et al.* (2019), se denomina material reciclado a cualquier material que ha sido procesado para su reutilización en lugar de ser descartado como residuo. El proceso de reciclaje implica la recolección, clasificación, limpieza y procesamiento de materiales para su uso en la fabricación de nuevos productos. Estos materiales comunes incluyen papel, plástico, vidrio, metal y textiles. Al reciclarlos, se reduce la cantidad de residuos que se envían a los vertederos, se conservan los recursos naturales y se reduce la energía necesaria para producir nuevos materiales. Además, el reciclaje también puede ayudar a reducir la contaminación del aire y del agua asociada con la extracción y fabricación de nuevos materiales.

García *et al.* (2019), establecen que el ciclo de vida de los materiales reciclados comienza con la recolección y separación de los materiales reciclables de los residuos sólidos urbanos. Luego, estos materiales se someten a procesos de clasificación, limpieza y trituración para su transformación en nuevos materiales o productos. Este proceso puede variar según el tipo de material y el proceso de

reciclaje utilizado. Una vez que los materiales reciclados se han transformado en nuevos productos, se utilizan en la fabricación de nuevos bienes de consumo. Estos nuevos productos pueden ser nuevamente reciclados, lo que crea un ciclo continuo de reutilización y reduce la cantidad de materiales cuyo destino final son los vertederos.

La incorporación de los materiales reciclados en la construcción constituye una manera de incorporar los beneficios del reciclado al ser esta industria una de las más contaminantes. La elaboración de una vivienda con material reciclable, de acuerdo con Manrique, Perea y Erazo (2021), podría llevarse a cabo en las siguientes etapas: planificación, diseño, preparación del terreno, cimentación, estructura, cubierta, instalaciones, acabados, inspección y pruebas, entrega.

Los materiales reciclables en correspondencia con lo expuesto por Cervantes (2021) para utilizar en la elaboración de una vivienda son los *pallets* de madera reciclados, las latas de metal recicladas, los neumáticos reciclados, las puertas y ventanas de madera reciclada, las botellas de plástico recicladas como aislante, entre otros. Para que el proceso constructivo de una vivienda con materiales reciclados sea resistente, se pueden agregar algunos materiales adicionales que ayuden a fortalecer la estructura, entre estos se tiene la madera laminada, el poliestireno expandido, el hormigón reciclado, los ladrillos ecológicos, el acero reciclado, etc.

Al respecto de construcciones con materiales reciclados, varias investigaciones se han llevado a cabo como la realizada por Jaimes *et al.* (2018), que estuvo motivada por elaborar un módulo de vivienda con materiales reciclados, cuyo propósito fue contribuir con un sistema de construcción innovador y con la capacidad de mitigar los impactos de la contaminación al medio ambiente. Dicho trabajo, tiene el enfoque de la indagación en arquitectura con una investigación proyectual, que se centró en la transformación de los residuos sólidos en herramientas útiles presentes en el desarrollo de las viviendas, donde fue planteada una propuesta de solución al inconveniente del déficit de viviendas y al deterioro ambiental. Se realizaron ensayos de compresión de botellas de plástico, donde fue analizada la cimentación. Con los resultados obtenidos, se concluyó en que las llantas de aro 16 son utilizables en cimentación y ventanas, las llantas de trimóviles sirven para el sobrecimiento, y las fajas de dichas llantas sirven para la cobertura, y las botellas de agua mineral llenas con tierra compacta, son útiles para los muros.

Así mismo, el trabajo desarrollado por Salcedo (2014), presentó una alternativa sustentable para la construcción de una vivienda a base de plástico reciclado. Se realizó un estudio y análisis de



laboratorio para determinar las propiedades físicas de las que dispone dicho material, adicional de mostrar el desarrollo del proceso constructivo. De acuerdo a los resultados obtenidos, dicho método de construcción representa un costo menor de inversión, y, aun así, garantiza que es una obra segura, sumándole a que los materiales empleados son reciclados y amigables con el medio ambiente. Sin embargo, es una realidad que, en comparación a otros sistemas de construcción, los sistemas tradicionales son más eficaces en consideración al tiempo en que se finaliza la obra.

En el estudio desarrollado por Alfonso, Ruiz y Amador (2018), se debate el uso de material reciclado tal como la cascarilla de arroz, poliestireno expandido y el tereftalato de polietileno en la masilla para la construcción liviana. La finalidad de la investigación se centró en el aprovechamiento de las propiedades de material desechado para incorporarlas en nuevos procedimientos y que su utilización represente menor conductividad térmica, una alta capacidad calorífica, una elevada absorción sonora y estar acorde a la normativa internacional para materiales de construcción. Fue utilizado un análisis estadístico multivariado, el cual mostró que la cascarilla de arroz sustituye al yeso de la masilla original en un 60%, confirmando que dicho material es aprobado para incorporarlo en procedimientos de construcción liviana, por sus características de eficiencia, resistencia, liviandad y flexibilidad, que garantizan que reemplazar los materiales tradicionales por los estudiados, es un proceder beneficioso tanto para el medio ambiente como para la economía.

Por lo anteriormente expuesto, es menester seguir con investigaciones que contribuyan a mitigar los problemas ambientales derivados de las construcciones. Esta investigación se considera importante ya que puede tener un impacto significativo en la sociedad, en primera instancia, porque la vivienda de interés social es un problema crítico en muchos países en desarrollo debido a que muchas personas no tienen acceso a ellas, y si lo tienen, no son adecuadas, aunado a la falta de recursos económicos y desventajas sociales. Por otro lado, el uso de materiales reciclados en la construcción de viviendas resulta beneficioso para el medio ambiente, considerando que la construcción es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumo de recursos naturales.

En este orden de ideas, el uso de materiales reciclados en la construcción de viviendas de interés social puede tener un impacto económico positivo, ya que con su utilización es posible reducir

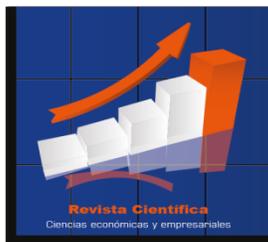
costos y mejorar la accesibilidad a ellas, en especial para personas vulnerables y de escasos recursos. El uso de estos reciclados puede fomentar la creación de empleos en la industria del reciclaje y en la construcción, además de permitir a los arquitectos e ingenieros civiles experimentar con nuevos métodos de construcción y diseño, situación que permite la adquisición de viviendas más eficientes y atractivas. Por lo anteriormente expuesto, la finalidad de esta investigación es diseñar arquitectónica y estructuralmente una vivienda de interés social mediante materiales reciclados como alternativa para mejorar la calidad de vida de las personas y el cuidado del ambiente.

Materiales y métodos

La presente investigación es un estudio descriptivo dado que se centra en el objeto de estudio que son los materiales reciclados para la construcción, además de reseñar aspectos relacionados con este concepto desde el punto de vista de profesionales de la construcción. Para Guevara, Verdesoto y Castro (2020), la investigación descriptiva está enfocada en reseñar las características o fenómenos de un grupo o situación determinada, sin necesariamente buscar explicar las relaciones causales entre variables o establecer conclusiones definitivas. El tipo de diseño es no experimental debido a que no se realizó ningún tipo de prueba ni se manipularon variables. La información tomada se presentó tal como se muestra en la realidad, observando los fenómenos existentes, de modo que permitan comprender su incidencia y aportación con el medio ambiente. Arispe *et al.* (2020), indican que, en el diseño no experimental, el investigador no interviene activamente en la situación que está estudiando, sino que se limita a observar y registrar los datos relevantes.

En lo que respecta a la recolección de datos, se hizo una revisión bibliográfica y encuestas. Las encuestas fueron realizadas a 50 usuarios en general y a 50 profesionales del área de la arquitectura y construcción. La muestra fue no probabilística, ya que no hubo escogencia al azar; se seleccionó a individuos que cuenten con la mayoría de edad, y a profesionales a los cuáles se tenía acceso y que pertenecían a esta rama de estudio. Según Parra y Vásquez (2017), las muestras no probabilísticas son aquellas muestras que se seleccionan de manera que no todos los elementos de la población de interés tengan la misma probabilidad de ser incluidos.

Los datos fueron procesados mediante Microsoft Excel para luego ser analizados. Estos se organizaron en dimensiones como general, conocimiento, medioambiente, materiales reciclados,



bondades y aspecto social. En base a los datos recolectados, se procedió a realizar el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda junto al presupuesto.

Resultados y discusión

Una vez realizadas las encuestas, se procedió a recuperar los datos y a analizarlos. Los resultados de las encuestas al público en general pueden apreciarse en la tabla 1.

Tala 1: Resultados de la encuesta al público en general

Dimensiones	Frecuencia					
General						
Edad (10 % tiene entre 44 y 54 años)	19 - 24		25 - 34		35 a 44	
	fi	%	fi	%	fi	%
	23	46%	12	24%	10	20%
Género	Masculino			Femenino		
	fi		%	fi		%
	19		38%	31		62%
Vivienda propia	Si		No		Tal vez	
	fi	%	fi	%	fi	%
	23	46%	27	54%	0	0%
Conocimiento sobre reciclado						
Sobre materiales reciclados	11	22%	35	70%	4	8%
Sobre materiales reciclados usados en construcción	23	46%	26	52%	1	2%
Casas construidas con materiales reciclados en la construcción	17	34%	33	66%	0	0%
Casas construidas con materiales reciclados en la construcción	17	34%	33	66%	0	0%

Conocimiento de alguna casa en Portoviejo construida con materiales reciclados	11	22%	39	78%	0	0%
--	----	-----	----	-----	---	----

Medio ambiente

Importancia del reciclaje para reducir la contaminación.	Muy importante		Importante		Poco importante	
	38	76%	12	24%	0	0%
Concuerda con reutilizar desechos que demoran en degradarse	Si		No		Tal vez	
	fi	%	fi	%	fi	%
	38	76%	1	2%	11	22%

Material reciclado

Materiales que pueden ser reutilizados y reciclados en construcción (opción múltiple)	fi		%			
Plástico	43		86%			
Llantas	31		62%			
Escombros	29		58%			
Vidrio	25		50%			
Metal	23		46%			
Acero	18		36%			
Disposición para utilizar materiales reciclados para construir	Si		No		Tal vez	
	fi	%	fi	%	fi	%
	40	80%	0	0%	10	20%
Recomendaría el uso de materiales reciclados para construir	42	84%	8	16%	0	0%

Bondades



Diseño estructural y arquitectónico de una vivienda de interés social digna, usando materiales reciclados disponibles en la ciudad de Portoviejo, Ecuador

Sabe que los materiales reciclados tienen la misma resistencia y duración que los convencionales	12	24%	28	56%	10	20%
Es más económico construir con materiales reciclados	35	70%	1	2%	14	28%

Aspecto social

Acceder a vivir en una vivienda construida con materiales reciclados	33	66%	0	0%	17	34%
Razón de no haberse popularizado la construcción con materiales reciclados (opción múltiple)	fi			%		
Desconocimiento	42			84%		
No son estéticas	9			18%		
No son sismorresistentes	6			12%		
Son para clase pobre	2			4%		
Malas experiencias	0			0%		
Mecanismos a implementar para incentivar la construcción con materiales reciclados	fi			%		
Redes sociales	38			76%		
Charlas impartidas por profesionales	34			68%		
Folletos	24			48%		

Fuente: elaboración propia.

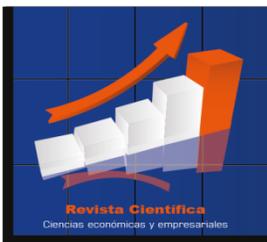
Se determinó que predomina el género masculino y en su mayoría son menores de 35 años, por lo que tal vez en mayor porcentaje indicaron no contar con vivienda propia. Más de la mitad indica

no conocer casas construidas con materiales reciclados en general ni en la ciudad de Portoviejo, y sólo el 22% conoce sobre materiales reciclados, aunque el 46% indique saber sobre materiales reciclados usados en construcción.

Se estima que, en los próximos años, la demanda de vivienda será muy alta debido al crecimiento demográfico, por lo que cada día se deberán construir más viviendas y se generará más residuos de construcción, al ser la industria de la construcción responsable del 25% de los residuos sólidos (Sangucho-Barros, Velasco-Cevallos & Viera-Arroba, 2023). Esto, aunado a los resultados de las encuestas, indica que es necesario crear en la población una cultura de reciclado y de acciones constructivas sostenibles. Se deben impulsar proyectos que apunten a este tipo de construcciones ya que generan ahorro, se minimizan residuos, además de fomentar el consumo responsable de recursos.

Otra evidencia importante en estos resultados es a nivel educativo e informativo, ya que el no conocer sobre materiales reciclados (el 70%), implica que no se ha divulgado su uso y que por desconocimiento podría pensarse que reciclar es inconveniente, bien sea porque no desean hacer esfuerzos extra, por no contar con lugares con recolección de residuos o porque no les interesa, esto según ACR Latinoamérica (2023). Otras razones según el autor, indican la insuficiencia de espacio para reciclar, el no haber sanciones o incentivos para reciclar, pensar que el reciclar no va a hacer alguna diferencia o pensar que es difícil de hacer.

Manifestaron su apreciación sobre la importancia del reciclaje, como medida de mitigación sobre la contaminación, indicando en su mayoría que es muy importante para el medio ambiente. En cuanto a la reutilización de desechos que tardan mucho en degradarse, llama la atención que el 22% indique que tal vez estaría de acuerdo con hacerlo. Consideran que el plástico es el principal material reciclado, seguido de llantas, escombros o residuos de construcción y demolición, vidrio, metal, y por último el acero. Para el diario El Universo (2023), el residuo que más se recicla y clasifica es el plástico, sin embargo, a pesar de que esta clasificación aumentó, también lo hizo la utilización de plásticos de un solo uso en el 2022; contrastadas las cifras con el 2019, hubo un aumento del 73,9 %, y con el 2018 del 74,4 %. Esto es indicativo de que, de alguna manera, se está instaurando la cultura de la clasificación, lo que indica que los ecuatorianos están creando conciencia sobre el plástico, pero, el hecho de que por otro lado también aumente el uso de estos es indicativo de que, a nivel educativo, no se está haciendo bien. Se debe de aprovechar el hecho



Diseño estructural y arquitectónico de una vivienda de interés social digna, usando materiales reciclados disponibles en la ciudad de Portoviejo, Ecuador

de que la mayoría de encuestados recomendarían el uso de reciclados en la construcción y manifestaron estar dispuestos a utilizarlos en una construcción propia a futuro.

Por otro lado, el 70% sabe que es más económico construir con materiales reciclados, pero, más de la mitad no sabe que éstos pueden tener la misma resistencia y duración que los convencionales, a pesar de indicar que si accederían a una vivienda construida con estos materiales. Opinan que la razón por la que las viviendas con materiales reciclados no se han popularizado es por desconocimiento, porque no son estéticas, no son sismorresistentes, y son para la clase pobre, en ese orden. Los resultados siguen indicando que la educación es básica en este sentido, por lo que hay que divulgar más información sobre el hecho de reciclar. Una forma de aprovechar por ejemplo los residuos de plástico es la de convertirlos en piezas que sirvan para edificar (Sangucho-Barros, Velasco-Cevallos & Viera-Arroba, 2023), y en este sentido en Ecuador, según los mismos autores, ha aumentado el reciclaje de plástico conduciendo a que empresas construyan estas piezas a partir de polímeros reciclados. Se han hecho comparativas en cuanto a precios, demostrándose que le método constructivo de viviendas unifamiliares en base a bloques de plástico permite un ahorro del 33% versus a una de albañilería confinada (Rodas, 2021).

Se considera que uno de los mecanismos más viables para incentivar este tipo de práctica sostenible es en su mayoría mediante redes y charlas con profesionales. Las redes sociales en materia ambiental son de gran ayuda según Muñoz, indicando que

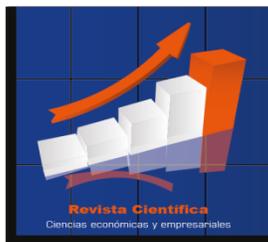
Al emplear las redes sociales tanto digitales como humanas, posibilitan el intercambio de ideas, recursos y conocimientos entre diferentes actores que en el tiempo crearán oportunidades para colaboraciones conjuntas, un trabajo de red y una mayor influencia en el campo de la educación ambiental. (2023, p. 6)

Los resultados de las encuestas realizadas a profesionales, colegios y gremios sobre materiales reciclados pueden apreciarse en la tabla 2.

Tala 2: Resultados de la encuesta a profesionales, colegios y gremios

Dimensiones	Frecuencia			
General				
	1 año	2 a 5	6 a 10	Más de 10

	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
Años como profesional	8	16%	14	28%	14	28%	14	28%
Ejerciendo su profesión	Si		No			Tal vez (a veces)		
	fi	%	fi	fi	%	fi		
	24	48%	16	32%	10	20%		
Conocimiento								
Conoce una vivienda construida con materiales reciclados	22	44%	27	54%	1	2%		
Conoce una vivienda construida con materiales reciclados en Portoviejo	12	24%	38	76%	0	0%		
La industria de la construcción produce el 40% de emisiones globales de CO2	30	60%	20	40%	0	0%		
La industria de la construcción contamina entre el 20 y 40% de las aguas	19	38%	31	62%	0	0%		
La industria de la construcción genera el 30% de los residuos sólidos	27	54%	23	46%	0	0%		
Medioambiente								
Importancia del uso de materiales reciclados en la construcción para mitigar los daños al medio ambiente	46	92%	0	0%	4	8%		
Contribución de la industria de la construcción al cuidado del ambiente	fi				%			
Reciclando	17				34%			
Reutilizando	6				12%			
Generando menos desperdicios/desechos	5				10%			
Contaminando menos	4				8%			
Capacitando a la comunidad	1				2%			



Cuidando al ambiente	1	2%				
Con nuevos métodos de construcción	1	2%				
Correcta disposición de los residuos	1	2%				
Material reciclado						
Materiales reciclados y reutilizados en la construcción	fi	%				
Llantas	48	96%				
Plástico	48	96%				
Vidrio	45	90%				
Escombros - residuos de construcción y demolición	41	82%				
Acero	29	58%				
Metal	28	56%				
Considera viable la construcción de viviendas con materiales reciclados	Frecuencia					
	Si		No		Tal vez	
	fi	%	fi	%	fi	%
	36	72%	0	0%	14	28%
Consideraría construir su casa y utilizar materiales reciclados	17	34%	3	6%	30	60%
Ha utilizado en su vida profesional materiales reciclados para la construcción	5	10%	45	90%	0	0%
Conocimiento sobre normas para mezcla del cemento portland como ligante y plástico reciclado como sustituto del árido fino para crear bloques y utilizarlos en la construcción	3	6%	42	84%	5	10%
Bondades						
Construir con materiales reciclados es más económico	21	42%	3	6%	26	52%

Sabía usted que varios materiales reciclados proporcionan características como aislación térmica y mejor acústica	10	20%	27	54%	13	26%
Sabía usted que las llantas se pueden utilizar en la base de una casa para que sirva como aislante sísmico	13	26%	23	46%	14	28%
Compraría bloques con plástico reciclado para proporcionar aislamiento al calor y al ruido	31	62%	3	6%	16	32%
Aspecto social						
Cree que la construcción con reciclados es para el sector de clase baja	0	0%	49	98%	1	2%
Recomendaría construir con materiales reciclados	19	38%	1	2%	30	60%

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que la población encuestada, en su mayoría, tienen más de un año de graduado y el 48% ejerce su profesión. Gran parte no conocen casas construidas a partir de materiales reciclados y tampoco alguna casa de este tipo en la ciudad de Portoviejo. El 60% está consciente de que los procesos implicados en la construcción generan el 40% de las emisiones globales de CO₂, lo que concuerda con Vanga *et al.*, que indican que no solo es la industria de la construcción sino también la industria asociada la que consume más del 40% de recursos naturales, abarca el 30% de las emisiones de gases que ocasionan el efecto invernadero y un 30% de la energía que se consume. Es de vital importancia el reciclaje de materiales ya que la construcción tradicional, como lo comentan los mencionados autores, abarca el 40% de consumo de gravilla, roca y arena, ocupa además el 25% de la madera que no es renovable y el 16% de agua que se usa cada año en el mundo y a este respecto, sólo el 38% de los encuestados sabe de la contaminación del agua ocasionada por la industria de la construcción.

En cuanto a los residuos sólidos, según Cortijo (2023), los procesos de construcción se destacan, aparte del alto consumo de recursos, por producir grandes cantidades de residuos sólidos y se



estima que para el año 2050 haya un incremento de este pudiendo llegar hasta un 70% del total. Es de destacar que el 46% de los encuestados, no cree que el 30% de los residuos sólidos totales son producidos por la construcción, cuando estudios más recientes revelan que se estima que las actividades de construcción y demolición representan aproximadamente el 40% de los residuos sólidos generados anualmente (ISHN, 2022). De allí la importancia de la gestión de los residuos de construcción, como resalta Castillo y Velasco (2023), indicando que lo que se considera como escombros y que es usado como material de relleno, puede ser reutilizado ayudando así a resolver parte del problema relacionado al manejo de residuos.

Respecto a la importancia del reciclaje como medida de mitigación sobre la contaminación, indicaron en su mayoría que es muy importante para el medio ambiente. Además, se consideró oportuno conocer mediante qué tipo de acciones la industria de la construcción contribuiría al cuidado del medio ambiente, obteniendo como principal respuesta la de reciclar, seguida la de reutilizar, generar menos desperdicios/desechos y contaminar menos. Respecto al reciclaje y reutilización de materiales en la construcción hacen referencia mayormente a las llantas y al plástico. Las llantas que han terminado su vida útil causan un gran daño al ambiente, por lo que Reyes y Pardo indican que una de las soluciones es su uso en la fabricación de adoquines de concreto hidráulico reemplazado por un 15% de residuos de caucho (2022), además pueden ser usados como ladrillos duraderos al empacarlos con arcilla y tierra, compactarlos para formar ladrillos, o usarlos como polvo de neumático para rellenar huecos y aislar un edificio de temperaturas extremas (EcoGreen, 2022).

En cuanto a la viabilidad de la construcción de vivienda con materiales reciclados, la mayoría estuvo de acuerdo, sin embargo, gran parte de los encuestados todavía tienen dudas para tomar la decisión de construir sus propias casas con estos materiales, indicando solo un 34% si estar dispuestos. En relación a lo expuesto, esto puede deberse a que un 90% no ha utilizado en su vida profesional materiales reciclados para la construcción. Respecto al marco normativo se les interrogó sobre la mezcla del cemento portland como ligante y el plástico reciclado como sustituto del árido fino para crear bloques y utilizarlos en la construcción, lo cual es prácticamente desconocido por la mayoría de ellos (un 84%). Pulgarín, Restrepo y Amariles indican, que el gran impacto de la industria de la construcción es debido a la gran cantidad de residuos que se generan

en cuanto a construcción y demolición, por lo que se recomienda adoptar nuevos materiales que sean amigables con el ambiente para reducir estos y que no se acumulen en vertederos, reutilizando y aprovechando aquellos que puedan generar nuevos productos (2023).

Desde la perspectiva económica, la mayoría de los encuestados se mostraron indecisos al considerar que construir con materiales reciclados resulta más económico (un 52%), y al respecto, Reynolds Michael indica, que las construcciones sostenibles son muy económicas al usarse materiales que son reciclados y además locales (Inarquía, 2023). Por otro lado, más de la mitad considera que los materiales reciclados no proporcionan aislamiento térmico y tampoco acústico (54%), aunque estarían dispuestos a comprar bloques de plástico para este fin; es de resaltar que, en cuanto a los materiales aislantes, la industria ofrece una gama de ellos, pero en general son muy costosos, además de no contribuir con el cuidado del ambiente, y por ello, se recomienda hacer uso de reciclados como la celulosa y las fibras de madera, por ejemplo, que son muy económicos y aportan al cuidado ambiental (Recicla, 2023). Un 46% desconoce que las llantas sirven como aislante sísmico y un gran porcentaje esté dispuesto a comprar bloques de plástico reciclado; los aislantes más prometedores para aislar las edificaciones de los movimientos de tierra son los de caucho, realizando rodamientos donde se intercalan capas de caucho con capas de acero, cuyo centro es de plomo sólido, para luego ser unidos al edificio y la base, moviéndose así al haber un sismo la base, sin afectar a la estructura (Pin, 2018).

Desde la perspectiva social, gran parte rechazan la idea de que la construcción con materiales reciclados está orientada al sector de clase baja, pero indican no estar seguros en su mayoría de recomendar construir con este tipo de materiales. Bravo señala que, a pesar de que hay preocupación por los profesionales asociados a la industria de la construcción por el ambiente, no se implementan este tipo de materiales en grandes proyectos, sino para temas básicos y tradicionales, además de existir poca innovación (2017).

En base a lo investigado y a los resultados de las encuestas, se propone un prototipo de vivienda con material reciclable, cuyo diseño arquitectónico se muestra a continuación (ver figuras de la 1 a la 4).

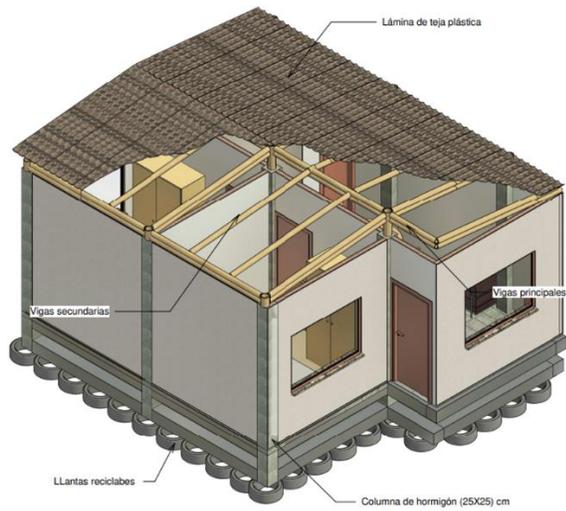


Figura 1: Prototipo de vivienda elaborada con materiales reciclables.



Figura 2: Planta arquitectónica.

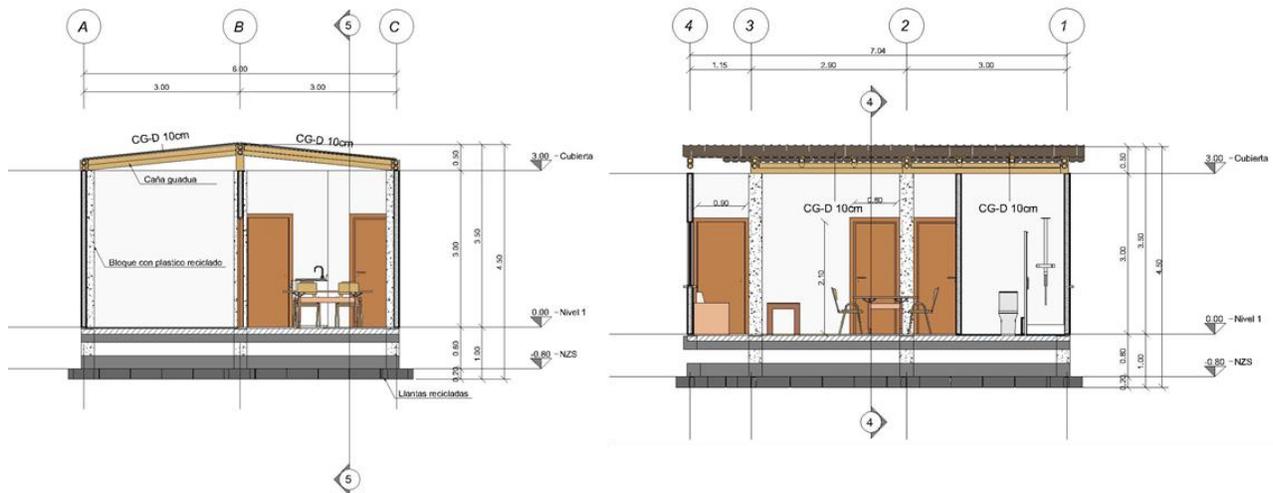


Figura 3: Corte 1 y 2.

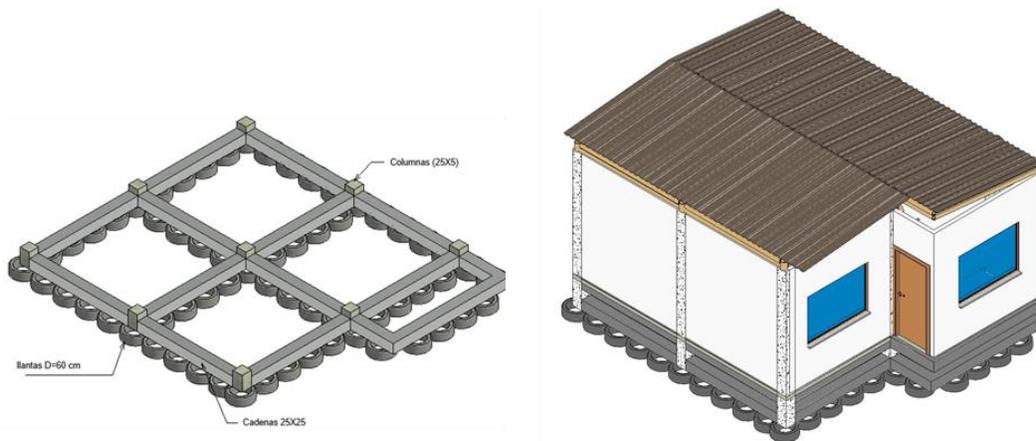
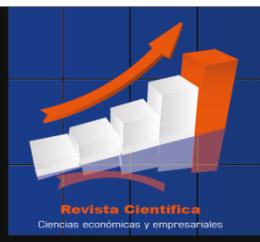


Figura 4: Cimentación y casa completa.

La elección de utilizar materiales reciclados en la construcción puede fomentar la conciencia ambiental en la comunidad y promover prácticas de construcción sostenibles, el bloque hecho con plástico reciclado es una alternativa sostenible respecto a los materiales tradicionales ya que está hecho con plástico que es un material muy duradero de difícil descomposición, y al reutilizarlo de esta manera se está ayudando a disminuir la contaminación ambiental, estos también pueden tener propiedades de aislamiento térmico y acústico.

Otro de los materiales sugerido es el vidrio reciclado, el cual se tritura y se puede utilizar en la mezcla del mortero como sustituto en una parte del árido fino. El vidrio reciclado molido y mezclado con el mortero puede mejorar la resistencia y durabilidad del material. Esto puede llevar



a una construcción más resistente al desgaste y a la intemperie. Por otro lado, las tejas plásticas son resistentes a la intemperie, a los rayos UV, al moho y a los insectos, lo que les otorga una larga vida útil. Son más ligeras que muchas otras opciones de techo como las tejas de cerámica o las de pizarra. Esto facilita su manipulación e instalación y reduce la carga sobre la estructura de la vivienda. La instalación suele ser más rápida y sencilla que la de otros materiales de techo, lo que puede ahorrar tiempo y costos de mano de obra. Son resistentes a los impactos y no se rompen con facilidad. Las tejas plásticas están hechas de materiales reciclados y son también reciclables al final de su vida útil, lo que las convierte en una opción más sostenible que otros materiales de techo.

Los neumáticos reciclados tienen alta resistencia a la compresión y al ser recicladas lo más importante es que estén completas y no es necesario la superficie rugosa debido que no aportaría ninguna funcionalidad, al utilizarlas como aisladores sísmicos reducen el riesgo ya que disminuyen las vibraciones en un posible movimiento sísmico.

La resistencia mínima del hormigón a la compresión a los 28 días (ensaya en cilindros) correspondería a 240 kg/cm². El módulo de elasticidad para el hormigón de densidad normal, se calcula con la expresión $12500 * \sqrt{f'c}$, donde $f'c$ está en [kg/cm²] (ver figura 5).

$$E_c = 193649.167 [Kg/cm^2]$$

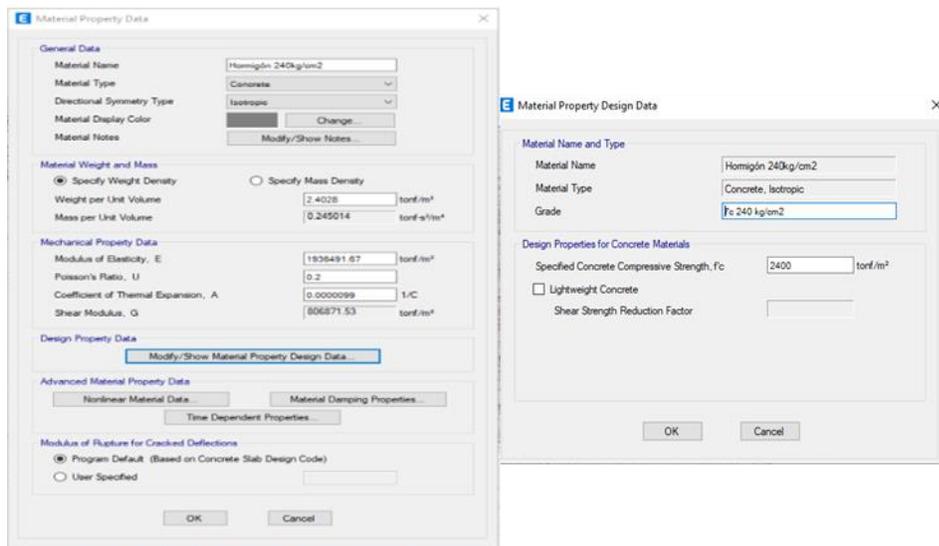


Figura 5: Asignación de propiedades mecánicas del hormigón.

El acero de refuerzo empleado para el hormigón armado es el ASTM A615M Gr. 60 [420] o A42 de acuerdo con la NTE INEN 102 (2017), con tensión especificada a la fluencia mínima de 4200 kg/cm² (figura 6).

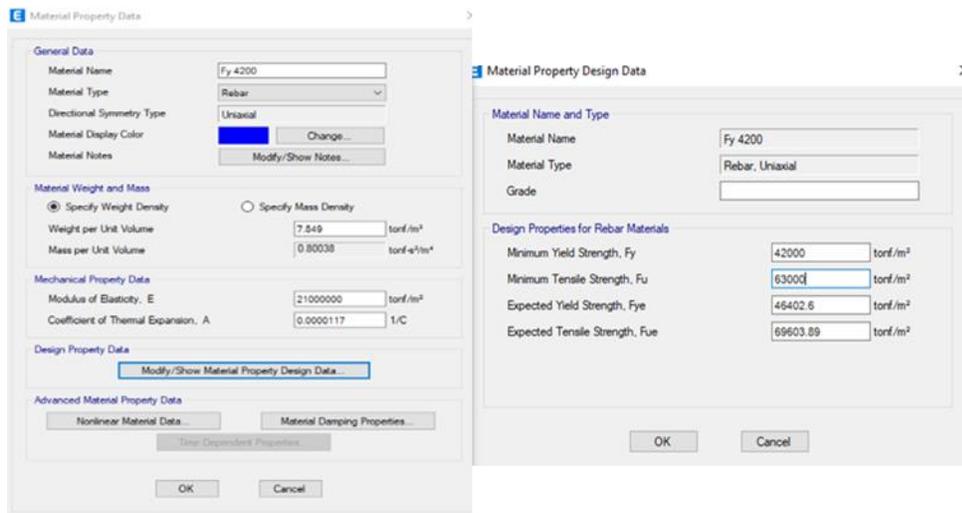
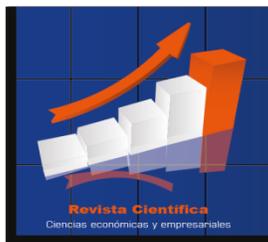


Figura 6: Asignación de propiedades mecánicas del acero de refuerzo.

Para el diseño de cubierta se utilizó caña *Guadua Angustifolia Kunth* (GaK). Cualquier tipo de elemento estructural debe cumplir con aspectos que aseguren la calidad, y según Vanga *et al.*, “Uno de los materiales que hace que las viviendas sean sostenibles y que ha demostrado tener propiedades físico mecánicas ideales para la construcción es la caña guadua” (2021, p. 68). Algunas de las recomendaciones dadas son que los culmos de GaK no deben presentar perforaciones causadas por ataques de insectos. No se consideran óptimos los culmos que presenten pudrición por hongos (NEC-SE-GUADÚA, 2016). Todas las construcciones con este tipo de caña deben tener un sistema estructural que cumpla con los requisitos de resistencia sísmica indicados en la NEC-SE-DS (2014a, 2014b y 2014c) y la NEC-SE-VIVIENDA (2014a y 2014b) relativa a vivienda de hasta dos pisos con luces de hasta 5m.

MODULO DE ELASTICIDAD: El módulo de elasticidad de la guadua puede ser obtenido directamente de una curva esfuerzo deformación del ensayo de compresión o puede ser hallado por métodos indirectos como en los ensayos a flexión.

$$E = \frac{0.5 * X * (3L^2 - AX^2)}{24 * I\delta_{max}}$$



MÓDULO DE CORTE: ESTE relaciona las deformaciones o distorsiones con los esfuerzos de corte o cizallamiento que les dan origen. Existen diferentes valores para este módulo en cada una de las direcciones de la guadua. Sin embargo, el más usual es el que sigue la dirección de las fibras. Los valores reportados para esta propiedad varían entre 1/16 y 1/25 del módulo de elasticidad lineal basado en los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT), el cual es:

$$\text{Modulo de corte} = \frac{E}{25} \text{ o } \frac{E}{16}$$

MÓDULO DE POISSON: Es la relación que existe entre deformación lateral y deformación longitudinal. Para el caso de la guadua se ha tomado igual que para la madera y existen seis módulos de poisson ya que se relacionan las deformaciones en las direcciones longitudinal, radial y tangencial. Para la madera se han reportado valores del orden de 0.325 a 0.40.

COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA: La madera al igual que la guadua cambia de dimensiones cuando sufre variaciones de temperatura. La guadua como material Ortotrópico posee valores diferentes de dilatación térmica en sus tres direcciones anatómicas. La dilatación tangencial y radial aumentan con la densidad de la madera, siendo la tangencial mayor que la radial. La dilatación longitudinal no depende de la densidad, pero varía entre las especies. Para efecto del trabajo realizado en guadua se ha tomado valores típicos de la madera como son: en el eje longitudinal 3×10^{-6} , en el tangencial 25×10^{-6} y en la radial 15×10^{-6} . Para este material se tomaron los datos de la NEC-SE-GUADUA (2016), estimando un porcentaje de humedad del 12% (figura 7).

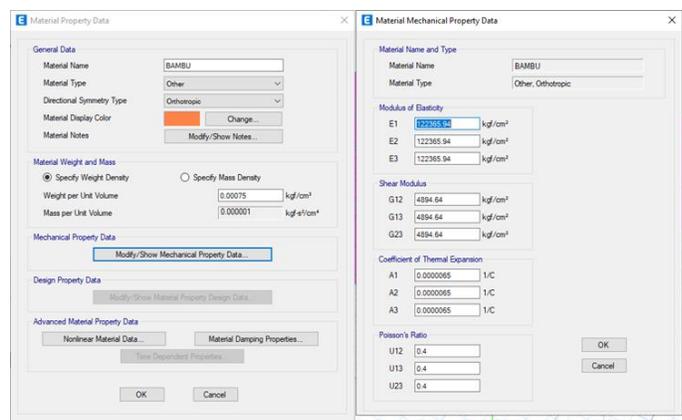


Figura 7: Asignación de propiedades mecánicas de GaK.

Una vez obtenidas las propiedades mecánicas y esfuerzos admisibles (figura 7), se procede a realizar el siguiente prediseño para determinar el número de culmos utilizados en las vigas principales y las secundarias.

VIGAS: Las vigas se las considerará como un perfil tubular de diámetro 10cm y espesor a 1.5 cm para la consideración de las vigas principales se optó por un prediseño, y bajo las normas establecidas las vigas no pueden ser menor de 20X20.

Prediseño:

Carga muerta

$$De = 10\text{cm} \quad e = 1.5\text{cm}$$

$$Di = De - e * 2 = 7 \text{ c}$$

$$A_{GaK} = \frac{De^2 - Di^2}{4} * \pi = 40.055 \text{ cm}^2$$

Área transversal GaK

$$Vol = A_{GaK} * 100 = 0.004\text{M}^3$$

Volumen GaK por metro lineal

$$\rho = 750\text{kgf}$$

Peso específico de la guadua

$$P_{GaK} = \rho * Vol = 3.004 \text{ kgf}$$

Peso GaK por metro lineal

Para determinar el peso propio aproximado de la estructura es necesario multiplicar el peso por metro lineal de la guadua por el número de vigas y por la sumatoria de longitudes de los elementos que conforman una cercha incluyendo correas y diagonales transversales.

$$CMA = 0.13 \text{ KN}$$

$$Cv_{NEC} = 0.70 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Tabla 9 NEC-SE (2014a) Cargas Sísmicas

Cargas de viento

Datos

$$H = 3\text{m}$$

Altura de vivienda

$$Vv = 21 \text{ m/s}$$

Velocidad del viento NEC-SE-CG (2014)

$$\sigma = 0.86$$

Coefficiente de correlación Tabla 5 NEC-SE-CG

(2014)

$$Da = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Densidad del aire

Coefficiente cf superficies inclinadas a 15 grados o menos

$$cf_{Bar} = 0.3$$

Tabla 6 NEC-SE-CG (2014)



$$cfSoft = -0.6$$

Prediseño de viga principal

$$l1 = 3.03 \text{ m}$$

$$\alpha = 8$$

$$Dv = 3 \text{ m}$$

$$Ai = l1 \times Dv = 9.09 \text{ m}^2$$

Carga viva

$$Cv = 71.36 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = Cv \times Ai \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 6.363 \text{ kN}$$

Techado galvalumen

$$Pa = 3.83 \text{ kg/m}^2$$

$$Cmt = Pa \times Ai \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.342 \text{ kN}$$

Carga viento

$$Vb = Vv \times \sigma = 18.06 \text{ m/s}$$

CG (2014)

$$Pd = 0.5 \times Da \times Vb^2 = 203.852 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$$

$$Cvt = Pd \times Ai = 1.853 \text{ Kn}$$

Peso propio de la correa

$$PGaK = 2.12 \text{ kg/m}$$

$$NC = 1$$

$$Nc = 2$$

$$Lc = 3 \text{ m}$$

$$Ppc = Lc \times NC \times Nc \times PGaK \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.125 \text{ Kn}$$

$$PGaK = 2.12 \text{ kg/m}$$

$$L1 = 3.03 \text{ m}$$

$$Ppv = l1 \times PGaK \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.063 \text{ Kn}$$

Sumatoria de carga muerta

$$SMC = Cmt + Ppc + Ppv + Cvt + CV = 8.746 \text{ Kn}$$

Longitud de viga

Angulo cubierta

Distancia entre vigas

Área de aportación

Peso aproximado por metro cuadrado (IPAC)

Carga muerta techo

Velocidad de viento corregida Tabla 5 NEC-SE-

Presión dinámica viento NEC-SE-CG (2014)

Presión guadua m lineal

Número de culmos por correa

Número total de correas en la viga

Longitud de aportación por correa

Peso de la guadua por metro lineal

Longitud de viga

Peso propio de la viga

$$F_b = 1.5 \text{ MPa}$$

Esfuerzo admisible de compresión perpendicular

al eje

$$\text{Viga 2 culmos (D=10cm)}$$

$$A_{req} = (SCM/F_b) * D = 58.30 \text{ cm}^2$$

Para las vigas principales se utilizaran 2 culmos

En la figura 8 se muestra la asignación de la geometría de la caña guadua para las vigas principales.

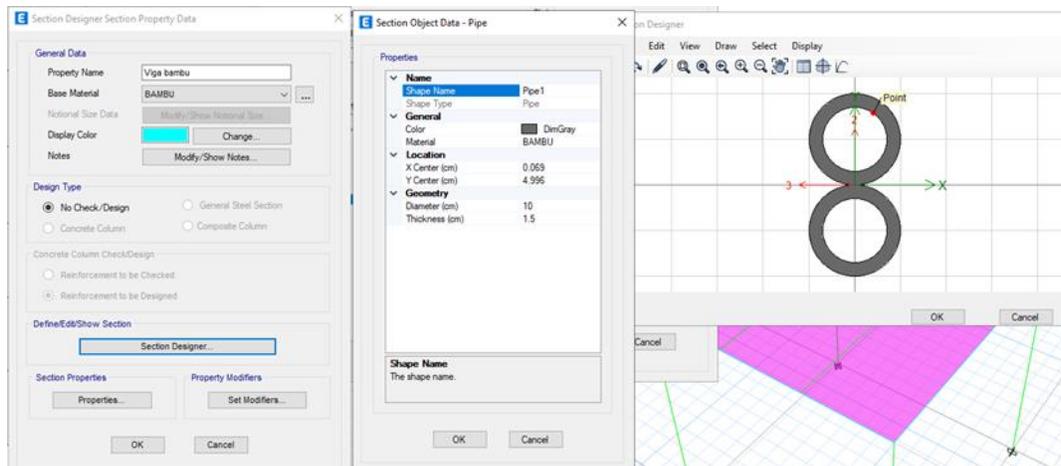


Figura 8: Asignación de geometría para vigas principales.

Viga secundaria - Prediseño correas

Carga muerta

$$D_e = 8 \text{ cm} \quad e = 1 \text{ cm}$$

$$D_i = D_e - e * 2 = 6 \text{ cm}$$

$$A_{GaK} = \frac{D_e^2 - D_i^2}{4} * \pi$$

Área transversal GaK

$$A_{GaK} = 21.991 \text{ cm}$$

$$Vol = A_{GaK} * 100 \text{ cm} = 0.002$$

Volumen GaK por metro lineal

$$\rho = 750 \text{ kgf}$$

$$P_{GaK} = \rho * Vol = 1.649 \text{ kgf}$$

Prediseño de correas

$$L_1 = 1.03 \text{ m}$$

Distancia entre correas

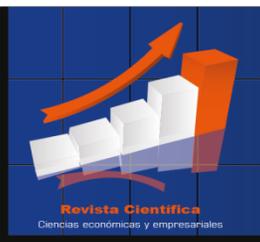
$$L_2 = 3 \text{ m}$$

Longitud de correa

$$A_i = L_1 * L_2 = 3.09 \text{ m}^2$$

Área de aportación

Carga viva



$$Cv = 71.36 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = Cv * Ai * 9.81 \text{ m/s}^2 = 2.163 \text{ Kn}$$

Techado galvalumen

$$Pa = 3.83 \text{ kg/m}^2$$

$$Cmt = Pa * Ai * 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.116 \text{ kn}$$

Carga viento

$$Vb = Vv * \sigma = 18.06 \text{ m/s}$$

SE-CG (2014)

$$Pd = 0.5 * Da * Vb^2 = 203.852 \text{ kg/m}^2 * s^2$$

$$Cvt = Pd * Ai = 0.63 \text{ Kn}$$

$$Ppc = l2 * PGaK * 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.049 \text{ KN}$$

Adicional carga muerta

$$SMC = Cmt + Ppc + Cma + Cvt + CV = 3.058 \text{ Kn}$$

$$Fp = 1.4 \text{ MPa}$$

longitudinal

$$Areq = (SCM / Fp) * D = 21.84 \text{ cm}^2$$

$$AGaK = 21.991 \text{ cm}^2$$

Correa 1 culmo (D=8cm)

En la figura 9 se muestra la asignación de la geometría de la caña guadua para las vigas secundarias.

Peso aproximado por metro cuadrado (IPAC)

Carga muerta techo

Velocidad de viento corregida Tabla 5 NEC-

Presión dinámica viento NEC-SE-CG (2014)

Presión guadua m lineal

Esf. Adm. de comp. perpendicular al eje

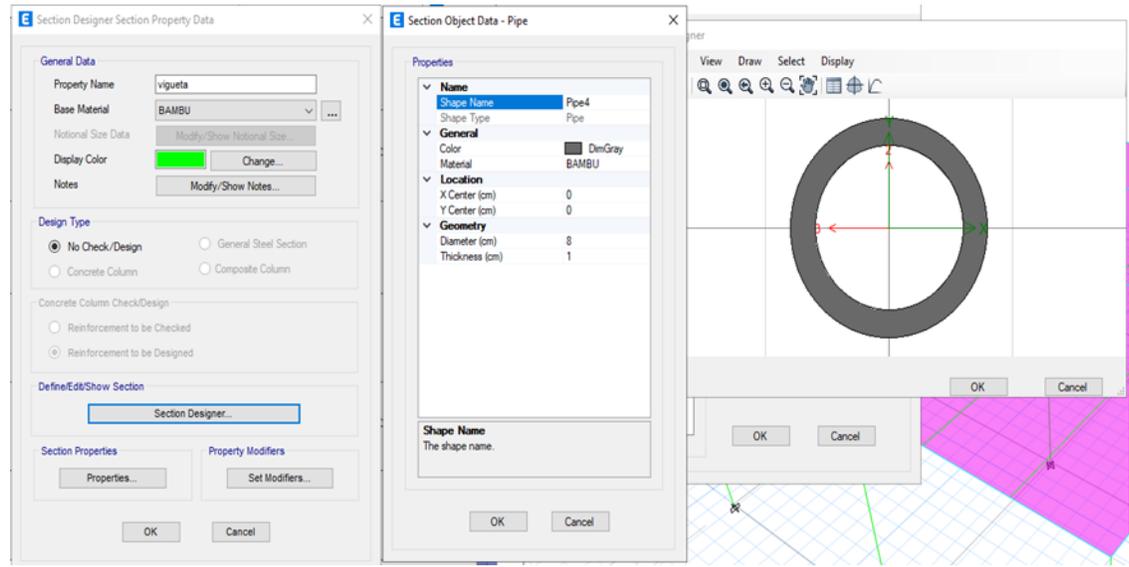


Figura 9: Asignación de geometría para vigas secundarias.

A continuación, se muestran los resultados generales del cálculo estructural (tabla 3).

Tabla 3: Resultados generales del cálculo estructural

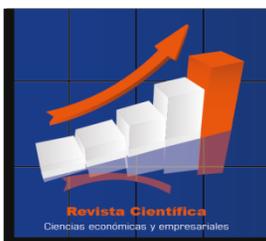
Descripción		Resultado
Carga geotécnica (qa)		22.14 ton/m ²
Resistencia hormigón (28 días)		240 kg/cm ²
Acero de refuerzo		ASTM A615M Gr. 60 [420] o A42
Tensión fluencia acero		4200 kg/cm ²
Resistencia hormigón armado		240 kg/cm ²
Valor hormigón	armado	0,8
agrietado		
Valor vigas agrietadas		0,5 en momentos de inercia
Reacción en Sentido X		10.1634 kN (Cumple)
Reacción en Sentido Y		10.2287 kN (Cumple)

Fuente: elaboración propia.

La estabilidad y la seguridad de cualquier edificación dependen en gran medida de su diseño estructural. Los resultados estructurales proporcionan una imagen clara de cómo se espera que una estructura responda bajo diferentes cargas y condiciones.

En primer lugar, el estudio geotécnico (Tecnisuelos, 2020), reveló una carga admisible del suelo de $q_a=22.14 \text{ ton/m}^2$. Esta carga refleja la capacidad máxima del suelo para soportar cargas sin experimentar asentamientos inaceptables. Un diseño estructural que exceda esta carga podría llevar a asentamientos diferenciales y posiblemente a daños estructurales, por lo que este valor es esencial para determinar las bases y cimientos adecuados para la edificación.

El hormigón, siendo uno de los materiales más utilizados en la construcción, tiene una resistencia específica a la compresión de 240 kg/cm^2 a los 28 días. Este valor es una medida de la capacidad del hormigón para resistir cargas que tienden a reducir su tamaño. Una alta resistencia a



la compresión sugiere que el hormigón utilizado es robusto y puede soportar cargas significativas sin agrietarse ni fallar.

Por otro lado, el acero de refuerzo, otro material fundamental en la construcción, se seleccionó de la norma ASTM A615M Gr. 60 [420] o A42 (NTE-INEM 102, 2017). Este acero puede soportar una tensión hasta 4200 kg/cm^2 antes de comenzar a deformarse permanentemente. El acero de refuerzo se utiliza para mejorar la resistencia a la tensión del hormigón, permitiendo que la combinación de ambos, conocida como hormigón armado, resista tanto cargas compresivas como tensionales.

Además, se hace mención a valores específicos para el hormigón armado agrietado y las vigas agrietadas. En estructuras reales, es común que el hormigón desarrolle pequeñas grietas debido a cargas y variaciones ambientales. Estas grietas afectan la rigidez del elemento, y los valores mencionados, 0,8 para el hormigón y 0,5 para las vigas en momentos de inercia, probablemente representen coeficientes de reducción. Estos coeficientes se aplican para considerar la disminución de la rigidez y, por lo tanto, la capacidad de carga de los elementos una vez que se han agrietado. Finalmente, las reacciones en los sentidos X y Y, 10.1634 kN y 10.2287 kN respectivamente, son indicativos de las fuerzas que los apoyos de la estructura deben resistir. Estas reacciones son esenciales para el diseño de los cimientos y las bases, asegurando que puedan soportar las cargas transferidas desde la estructura sin fallos.

Para realizar el correcto análisis de la estructura de GaK de la vivienda, dicho diseño fue llevado al programa Etabs (figura 10), donde se evaluaron varios aspectos como el ingreso de cargas y datos según corresponde. Se tuvieron en cuenta las cargas muertas en cubierta con un total de 27.52 kg/m^2 , carga viva en cubierta que en la NEC-SE-CG (2014) indica la carga de uso para cubiertas, la cual es $0,7 \text{ kN/m}^2$ o $71,38 \text{ kg/m}^2$.

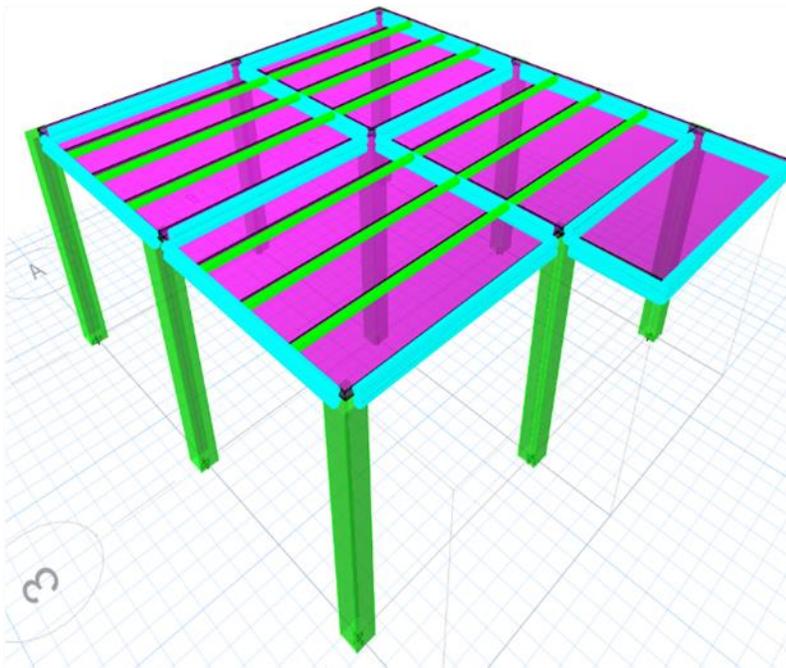


Figura 10: Modelo tridimensional en ETABS.

1. Espectro de diseño elástico de diseño

Para la preparación del espectro elástico de diseño como fracción de la gravedad S_a , se utilizan los factores de amplificación indicados arriba, considerando una fracción de amortiguamiento con respecto al crítico de 0.05, el factor de zona sísmica Z y el Periodo T de la estructura empleando las siguientes relaciones:

$$S_a = \eta * Z * F_a \quad \text{PARA } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta * Z * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{PARA } T \geq T_c$$

Para este caso se obtuvo:

$r=1.5$ Suelos tipo E

$\eta= 1.80$ Provincias de la costa (excepto Esmeraldas)

Con estos parámetros se obtiene el espectro elástico con la siguiente forma (figura 11):

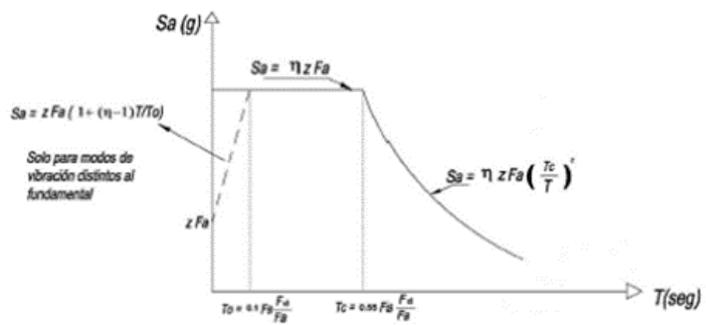
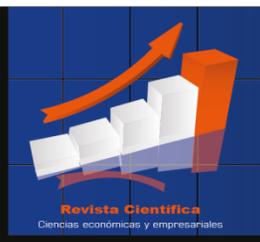


Figura 11: Grafico de espectro.

Análisis estructural

Descripción del proceso de análisis estructural

Para el análisis estructural del proyecto, se contempla un análisis riguroso, que permita evaluar si la capacidad de los elementos estructurales propuestos en el diseño son los adecuados para resistir las condiciones más desfavorables que pueden presentarse durante la vida útil de la estructura.

Como efectos principales se ha considerado solicitaciones debidas a cargas verticales (permanentes y sobrecargas), así como también solicitaciones debidas a sismo (cargas laterales estáticas, análisis modal espectral y torsión en planta). El análisis y diseño estructural cumple con las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en general y de la American Institute of Steel Construction (ANSI/AISC 360-10, 2010).

Análisis por carga vertical

Con los requisitos y suposiciones establecidas en la NEC en lo que respecta a carga vertical, se modelan losas como elementos tipo membrana, mismos que transfieren su peso y sobrecargas a los nervios y éstos a su vez transfieren todas las solicitaciones a las vigas, quedando modelado en forma eficiente las losas de la estructura.

Análisis sísmico y torsión en planta

Para este análisis, se siguen los requisitos establecidos en el NEC, misma que presenta especificaciones mínimas de cálculo y procedimientos de diseño sismo resistente, para el cortante basal, cálculo de fuerzas horizontales, control de derivas de piso y otros efectos, tales como deformaciones de segundo orden (efecto P delta) y análisis dinámico modal espectral para el

espectro inelástico. Cabe anotar que en el análisis sísmico se consideran inercias agrietadas en los elementos estructurales de hormigón como lo especifica la NEC.

Determinación del cortante basal

$$V = \frac{I * Sa}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

W= Masa de la edificación

Donde:

$$C = \frac{I * Sa}{R * \phi_p * \phi_e}$$

Límites del Periodo: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$$T_o = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.353 \text{ seg}$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 1.941 \text{ seg}$$

Periodo de vibración calculado:

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

Para pórticos de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores ver tabla 4.

Tabla 4: Configuración estructural por tipo de estructura

C_t=	0.055
h_n=	3
α=	0.9

$$T = 0.133 \text{ seg}$$

Debido a que el valor de T es menor que 0,5 seg, el valor de k =1 (Figura 12).

T = 0.145 seg (Etabs v.19) Entonces, k = 1 **S_a = nZF_a** S_a= 0.7650

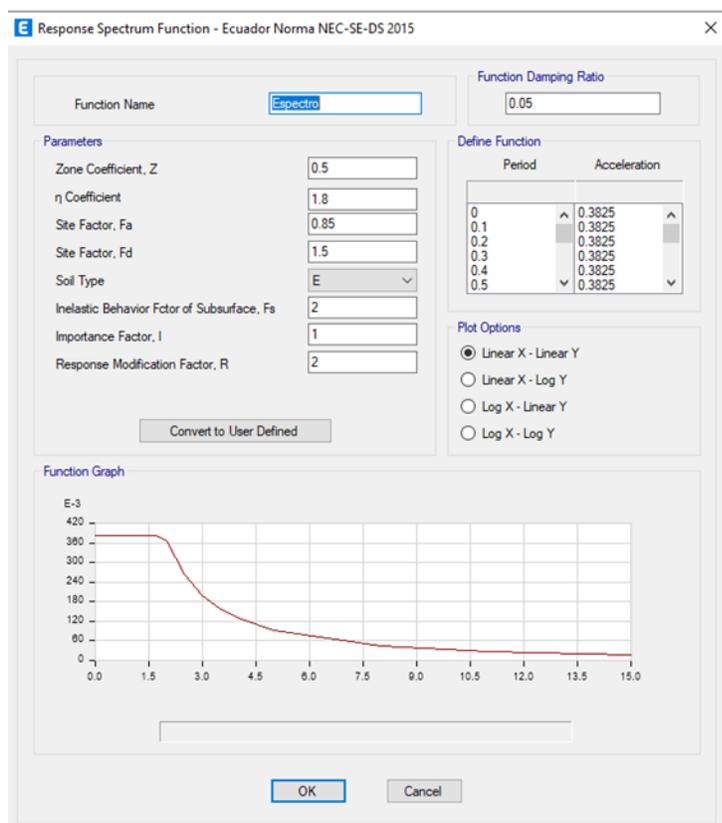


Figura 12: Aceleración espectral.

Comprobación del cortante basal Dinámico.

Se procede a realizar un chequeo con fuerzas del cortante basal estático y dinámico (ver tabla 5 y 6):

Tabla 5: Cortante basal dinámico

SISMO DINAMICO X	LinRespSpec	Max		10.1634	0.0984	0	0.2952	30.4903
SISMO DINAMICO Y	LinRespSpec	Max		26.5712	10.2287	0	30.6861	79.7137

Cortante basal estático X = 10.1634 kN

Cortante basal estático Y = 10.2287 kN

Tabla 6: Cortante basal estático

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-t
SX	LinStatic	Step By Step	1	-10.2404	0	0	0	-30.7211	4
SX	LinStatic	Step By Step	2	-10.2404	0	0	0	-30.7211	4
SX	LinStatic	Step By Step	3	-10.2404	0	0	0	-30.7211	4
SY	LinStatic	Step By Step	1	0	-10.2404	0	30.7211	0	-3
SY	LinStatic	Step By Step	2	0	-10.2404	0	30.7211	0	-3
SY	LinStatic	Step By Step	3	0	-10.2404	0	30.7211	0	-3

Cortante basal estático X = 10.24 kN

Cortante basal estático Y = 10.24 kN

La NEC indica que el cortante basal dinámico no debe ser:

< al 80% del cortante basal estático para estructuras regulares

< al 85% del cortante basal estático para estructuras irregulares

$10.24 * 0,80 = 8.192$ kN

Sentido X = 10.1634 kN (Cumple)

Sentido Y = 10.2287 kN (Cumple)

El análisis de las derivas de piso, tanto en el sentido X como en el sentido Y de las estructuras, muestran que se está dentro del límite mencionado en la NEC-SE-DS (2014 b), el cual se ha fijado en 2% siendo los valores de las derivas de piso bastante pequeños, dado que la guadua tiene la capacidad de ser elástica entre sus fibras, lo que le permite mayor absorción de energía.

Para el control de las derivas:

Deriva elástica:

ETABS SX: 0.000571 ETABS SY: 0.000563 R: 2 Factor: 0.75

Deriva inelástica:

Deriva $S_x = 0.75 * R * S_x$ 0.085% Ok

Deriva $S_y = 0.75 * R * S_y$ 0.084% Ok

Períodos de Vibración y Participación Modal:

Se recomienda analizar los dos primeros modos de vibración, ya que en estos dos modos se verificará que más del 70% de la masa participa en correspondiente dirección predominante con una rotación menor e igual del 10%, es decir, se verifica que la estructura tenga un movimiento traslacional y por ningún motivo torsión, de esta manera se evita la llamada torsión en planta, que puede llevar al colapso del edificio durante un sismo (ver tabla 7).

Tabla 7: Ratios de masa modales participantes

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
------	------	---------------	----	----	-----------	-----------	----	-----------

Modal	1	0.133	0.9205	0.0613	0.9205	0.0613	0.0217	0.0217
Modal	2	0.133	0.0638	0.9357	0.9843	0.997	0.0005	0.0222
Modal	3	0.121	0.0157	0.003	1	1	0.9778	1
Modal	4	0.019	0	1.91E-06	1	1	0	1
Modal	5	0.019	0	0	1	1	0	1
Modal	6	0.018	8.79E-07	0	1	1	5.228E-07	1

En concordancia con todo lo expuesto, a continuación, se presenta el presupuesto estimado para la construcción una vivienda de interés social digna, usando materiales reciclados disponibles en la ciudad de Portoviejo (tabla 8):

Tabla 8: Presupuesto referencial

Presupuesto		
Elementos	Detalle	Costo
Diseño arquitectónico	Planos arquitectónicos	\$300
	Modelos 3D	\$400
	Renders	\$300
Diseño estructural	Planos estructurales	\$400
	Modelos 3D	\$500
	Cálculos estructurales	\$600
Cimentación	Excavación de cimientos	\$500
	Relleno de cimientos	\$300
	Hormigón reciclado	\$800
Estructura	Vigas y columnas de acero reciclado	\$1.200
	Mampostería de bloques de hormigón reciclado	\$800
	Techos de tejas de plástico reciclado	\$600
	Pisos de baldosas de vidrio reciclado	\$500
Instalaciones eléctricas	Cableado eléctrico	\$200
	Interruptores y enchufes	\$100
	Iluminación LED	\$300
Instalaciones sanitarias	Tuberías de agua	\$300
	Grifería y accesorios	\$150
	Inodoro, lavamanos y ducha de bajo consumo	\$400
Carpintería	Puertas y ventanas de madera reciclada	\$600
	Muebles de cocina de madera reciclada	\$300
	Pintura interior y exterior	\$400

Acabados	Revoque de paredes	\$300
Mano de obra	Arquitecto	\$1.500
	Ingeniero civil	\$1.500
	Maestro de obra	\$650
	Ayudantes de obra (4)	\$400
Total		\$14.300

Fuente: elaboración propia.

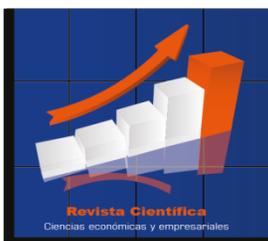
El proyecto de vivienda reciclada presentada evidencia una estructuración detallada en cuanto a costos de diseño, construcción y acabados. Con un total de \$14.300. El presupuesto muestra un enfoque sustentable, utilizando materiales reciclados en varias etapas de la construcción, lo que no solo es favorable para el medio ambiente, sino que también puede resultar en ahorros en ciertos aspectos.

En relación al costo promedio de una vivienda social que se ha establecido en \$20.000 para el contexto ecuatoriano, el proyecto de vivienda reciclada es considerablemente más asequible (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el precio de una vivienda no solo está determinado por los materiales o la mano de obra, sino también por el valor del terreno, la ubicación geográfica, el acceso a servicios básicos y otras externalidades que pueden variar el precio final.

Al comparar este proyecto con la propuesta de vivienda de bambú del presidente Guillermo Lasso, la cual afirma Menéndez (2022) que está valorada en \$18.700, el proyecto de vivienda reciclada sigue siendo más económico. El bambú, aunque es un recurso renovable y con propiedades estructurales impresionantes, puede tener un costo más elevado debido a su tratamiento y a las tecnologías constructivas asociadas.

Es importante destacar que, independientemente del costo, cada proyecto tiene sus propios beneficios y limitaciones. Mientras que el bambú es reconocido por su resistencia y capacidad de renovación rápida, los materiales reciclados, dependiendo de su origen y tratamiento, pueden presentar variaciones en su durabilidad y acabado estético. Por otro lado, el uso de materiales reciclados responde a una creciente necesidad global de reutilización y reducción de residuos, lo que le otorga un valor añadido en términos de sostenibilidad.

Finalmente, a pesar de que el costo es un indicador importante, es imperativo que se realice una evaluación integral de cada proyecto. Aspectos como la calidad de vida que ofrecerá la vivienda, la resistencia de los materiales al paso del tiempo, la facilidad de mantenimiento y el impacto



medioambiental, son fundamentales para determinar la verdadera viabilidad y valor de cada propuesta. En ese sentido, es esencial que los proyectos no solo sean asequibles, sino también sostenibles, duraderos y adecuados a las necesidades de sus habitantes.

Conclusiones

En la actualidad, es crucial considerar la aplicación de sistemas de construcción que reduzcan el impacto ambiental. La investigación muestra que la contaminación generada por los gases y desechos producidos en los procesos de construcción es uno de los principales factores que contribuyen al deterioro del medio ambiente a nivel mundial. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de tomar medidas para abordar estas circunstancias y promover prácticas sostenibles. Es importante sensibilizar a los profesionales del sector de la construcción sobre las ventajas ambientales de estos sistemas de construcción, de modo que puedan aplicar estos conocimientos en sus obras.

Además, construir utilizando materiales reciclados es una alternativa más rentable que utilizar materiales nuevos o convencionales. Esta opción es especialmente atractiva cuando se trata de materiales que de otro modo habrían sido desechados, ya que su disponibilidad puede permitir su adquisición a un costo menor, e incluso de forma gratuita si se cuenta con suficiente cantidad. En cualquier caso, el uso de estos materiales puede facilitar la realización de proyectos de construcción de manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, lo que debe ser considerado en la planificación de cualquier proyecto de construcción.

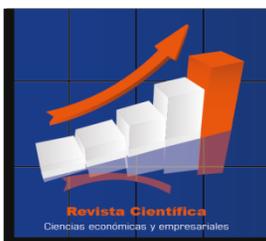
Los resultados de las encuestas al público general determinaron que, existe una pobreza cultural del reciclado y las acciones constructivas sostenibles, desconocen que los materiales reciclados pueden tener la misma resistencia y duración que los convencionales. Respecto a la percepción de los profesionales se identificó que, gran parte desconoce sobre la construcción de casas a partir de materiales reciclados, pues, en el ejercicio de su profesión no los han utilizado. Sin embargo, la mayoría coincide que, es viable la construcción de viviendas con materiales reciclados para mitigar la contaminación que produce este tipo de industria, considerando este antecedente, señalaron que, las llantas y los plásticos son los materiales que más aportan al reciclaje y a la reutilización.

Acerca del diseño estructural se determinó que, el vidrio reciclado molido y mezclado con el mortero mejora la resistencia y durabilidad del material, así también que, las tejas plásticas al ser más ligeras que las de cerámica o pizarra, permiten ahorrar tiempo y costos de mano de obra. Referente a la viabilidad, los resultados estructurales indicaron cómo se espera que la estructura responda bajo las diferentes cargas y condiciones, los cuales fueron favorables por la alta resistencia a la compresión.

Tal como se evidenció, una vivienda reciclada se caracteriza por su presupuesto, el cual está intrínsecamente ligado con la accesibilidad pues, considerando únicamente el diseño, en la construcción y el acabado existe una ventaja comparativa respecto al de una vivienda social promedio en Ecuador con materiales tradicionales.

Aunque existen beneficios al construir viviendas con materiales reciclados, también hay desafíos que deben ser considerados. En primer lugar, en algunas áreas puede ser difícil encontrar suficientes materiales reciclados de alta calidad para construir una vivienda completa. Por otro lado, algunos materiales reciclados no cumplen con los códigos de construcción o las regulaciones locales, lo que puede retrasar el proceso de construcción. Además, la calidad y durabilidad de algunos materiales reciclados puede ser inferior a la de los materiales convencionales. En consecuencia, es importante evaluar cuidadosamente las opciones de materiales disponibles y considerar los posibles desafíos antes de tomar una decisión de construcción.

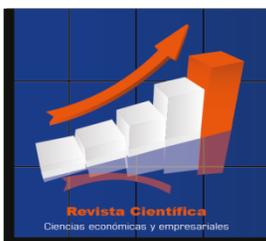
La construcción de módulos de vivienda con materiales reciclados es una alternativa innovadora y sostenible para proporcionar soluciones habitacionales a las comunidades, especialmente a aquellas que se encuentran en situación de vulnerabilidad. La utilización de materiales reciclados reduce la cantidad de residuos y contribuye a la conservación del medio ambiente. Además, el uso de materiales resistentes y duraderos en el proceso de construcción garantiza la seguridad y habitabilidad de la vivienda. La planificación y diseño cuidadoso, así como la realización de pruebas de calidad y la asesoría a los ocupantes, son elementos esenciales para asegurar la calidad y durabilidad de la vivienda.



Referencias

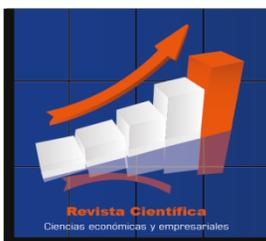
- ACR Latinoamérica. (2023). Cinco razones por las que la gente no recicla y cinco razones por las que deberían. <https://www.acrlatinoamerica.com/201012233518/noticias/lo-verde/cinco-razones-por-las-que-la-gente-no-recicla-y-cinco-razones-por-las-que-deberian.html>
- ANSI/ISC 360-10 - American Institute of Steel Construction. (2010). Especificaciones para construcciones de acero. https://aceroplatea.es/docs/comites/documento5_86.pdf
- Alfonso, F.; Ruiz, V. & Amador, D. (2018). Efecto de la adición de materiales reciclables en la masilla para construcción liviana respecto a la capacidad calorífica, aislamiento térmico y acústico. Luna Azul, (47), 36-66. DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.47.3>
- Arispe, C.; Yangali, J.; Guerrero, M.; Lozada, O.; Acuña, L. & Arellano, C. (2020, Octubre). La investigación científica. Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20CIENT%C3%8DFICA.pdf>
- Bravo, A. (2017). Diseño de estrategias de sensibilización para el uso de materiales reciclables y reciclados en el diseño y la construcción (Tesis de maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8136/132344.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, N. & Velasco, J. (2023). Análisis de un hormigón permeable mediante la sustitución parcial del agregado grueso con material reciclado de obra civil (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25105>
- Cervantes, J. (2021). EL DISEÑO EN TÉRMINOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO. Revista Legado de Arquitectura y Diseño, 16(30), 1-11. <https://www.redalyc.org/journal/4779/477970592007/>
- Diario El Universo. (2023). Clasificación de residuos aumentó en Ecuador en 2022, pero también la utilización de plásticos de un solo uso. <https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/clasificacion-de-residuos-aumento-en-ecuador-en-2022-pero-tambien-la-utilizacion-de-plasticos-de-un-solo-uso-nota/>

- Echeverría, C.; Echeverría, M.; Ortega, A. & Rodríguez, D. (2018). Evaluación de recubrimientos producidos a partir de materiales reciclados mediante ensayos físico-químicos y de campo. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 12(1), 1-20. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193959645002/193959645002.pdf>
- EcoGreen. (2022). Cómo reutilizar neumáticos en la construcción de viviendas. <https://ecogreenequipment.com/es/how-to-repurpose-tires-in-home-construction/>
- García, A.; Amado, M.; Toscano, L.; Seufert, O. & Beltrán, P. (2019). Reciclado de plásticos de tapas de botella y defensas automotrices reforzadas con fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas. *Investigación y Ciencia*, 27(76), 11-18. <https://www.redalyc.org/journal/674/67458162002/67458162002.pdf>
- González, A. (2018). Materiales de construcción con residuos industriales de vertederos ecológicamente invasivos. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIX(1), 05-26. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376858935002/>
- González, E. & Meira, P. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*, XLII(168), 157-174. DOI: <https://doi.org/10.14482/INDES.30.1.303.661>
- Guevara, G.; Verdesoto, A. & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *reciMundo*, 4(3), 163-173. DOI: 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Inarquiea. (2023). Casas con Materiales Reciclados y Basura, Ejemplos y Precios. <https://inarquia.es/casas-materiales-reciclados-basura-ejemplos-precios/>
- ISHN - Industrial Safety and Hygiene News. (2022). The need for sustainable waste management in the construction industry. <https://www.ishn.com/articles/113528-the-need-for-sustainable-waste-management-in-the-construction-industry#:~:text=The%20construction%20industry%20is%20one,in%20the%20United%20States%20alone.>
- Jaimes, S.; Matto, E.; Arestegui, D.; Torres, L.; Mariano, H.; Fernández, E.; Cueva, E.; Carbajal, C.; Valladares, M.; Valentín, E. & Simón, C. (2018). Modulo de vivienda con material reciclable en la ciudad de Huánuco. *Investigación Valdizana*, 12(4), 184-192. DOI: <https://doi.org/10.33554/riv.12.4.154>



- Manrique, M.; Perea, S. & Erazo, N. (2021). Arquitectura de la vivienda social rural post-Covid Exploración teórica y aplicaciones proyectuales de diseño sostenible. *Viviendas y Comunidades Sustentables*, (10), 55-80. DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.168>
- Menéndez, T. (27 de julio 2022). Gobierno financiará viviendas de bambú en Manabí. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/politica/gobierno-financiara-viviendas-bambu-manabi-ecuador/>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). Marco del Bono Social Para Vivienda Asequible y Digna. https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/2019/11/Marco_Bono_Ecuador_ESP.pdf
- Muñoz, L. (2023). Red social: Una herramienta para el fortalecimiento interinstitucional y la sostenibilidad de la Fundación Sila Kangama (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Santa Marta, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/56277>
- Moreira, E., Toala, M. & Loor, J. (2019). Construcciones Sostenibles: Materiales Ecológicos en Viviendas de Interés Social (VIS) como aporte al hábitat urbano. *DAYA*, (7), 67-81. https://revistas.uazuay.edu.ec/flip/daya/07/daya_07_04.pdf
- NEC-SE-DS - Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014a). Peligro Sísmico, diseño sismo resistente parte 1. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- NEC-SE-DS - Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014b). Peligro Sísmico, diseño sismo resistente parte 2. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-2.pdf>
- NEC-SE-DS - Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014c). Peligro Sísmico, diseño sismo resistente parte 3. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-3.pdf>
- NEC-SE-GC - Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). Geotécnia y Cimentaciones. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/7.-NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones.pdf>

- NEC-SE-GUADÚA - Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2016). Estructuras de Guadua.
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>
- NTE INEM 102 - Norma Técnica Ecuatoriana. (2017). Varillas corrugadas y lisas de acero al carbono laminadas en caliente para hormigón armado - Requisitos.
<https://docplayer.es/203860402-Nte-inem-102-quinta-revision.html>
- Parra, L. & Vásquez, M. (2017). Muestro Probabilístico y No Probabilístico. Panamá: Universidad del Istmo. <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2017/02/muestreo-probabilistico-no-probabilistico-guadalupe.pdf>
- Pin, J. (2018). Aisladores de caucho y plomo.
<https://sites.ipleiria.pt/seismicknowledge/tag/aisladores-de-caucho-y-plomo/#:~:text=Rodamientos%20de%20caucho%20y%20plomo&text=Al%20igual%20que%20otros%20rodamientos,de%20la%20din%C3%A1mica%20del%20sistema.>
- Pulgarín, D.; Restrepo, J. & Amariles, C. (2023). Evaluación de Bloques Macizos para Mampostería de Poliestireno Expandido Reciclado diluido: Un Enfoque Sostenible para la Construcción. Universidad Libre, Bogotá, Colombia.
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/25679/Evaluaci%3b3n%20de%20Bloques%20Macizos%20para%20Mamposter%3b3ada%20de%20Poliestireno%20Expandido%20Reciclado%20diluido-%20Un%20Enfoque%20Sostenible%20para%20la%20Construcci%3b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Recicla. (2023). El uso de aislantes procedentes de reciclaje para nuestra vivienda.
<http://www.redcicla.com/posts/aislantes-vivienda.html>
- Reyes, F. & Pardo, Y. (2022). Viabilidad prototipo de adoquin ecológico utilizando granulo de caucho como agregado fino (Tesis de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44067/PardoIzarizaYeisonLeonel2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Rodas, E. (2021). Comparación de costos de una vivienda unifamiliar a base de bloques de plástico reciclado y albañilería confinada (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Callao, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74131>
- Sangucho-Barros, D.; Velasco-Cevallos, D. & Viera-Arroba, L. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 16(2), 58-69. DOI: <https://doi.org/10.29166/rev%EF%AC%81g.v16i2.4495>
- Salcedo, O. (2014). Sistema de construcción de vivienda sustentable a base de tabique de plástico reciclado. Legado, (15), 109-126. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947303008>
- Silva, S.; Figueira, S.; Oliveira, M.; Silva, R. & Borges, V. (2019). Uso de material reciclado para la construcción de material didáctico en la enseñanza de las matemáticas. Research, Society and Development, 8(3), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i3.756>
- Tecnisuelos. (2020). Estudio de suelos con fines de cimentación para la construcción de vivienda familiar [pdf].
- Vanga, G.; Briones, O.; Zevallos, I.; & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. Novasinergia, 4(1), 53–73. DOI: <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.03>
- Xargay, H.; Ripani, M.; Caggiano, P.; Folino, P. & Martinelli, E. (2019). Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios. Tecnura, 23(60), 38-51. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.14697>