

# TEMA:

Análisis comparativo entre el sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa con paredes de bloque de cemento para muros de viviendas de estrato socioeconómico Medio (C+).

# **AUTORA:**

Arq. Basurto Castro, María Belén

Previo a la obtención del grado académico en MAGISTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

# **TUTOR:**

Arq. Forero Fuentes, Boris Andrei; Mgs.

Guayaquil, Ecuador

2025



# **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Basurto Castro, María Belén, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Ingeniería de la Construcción.

# TUTOR f. \_\_\_\_\_ Arq. Forero Fuentes, Boris Andrei; Mgs. DIRECTOR DE LA MAESTRÍA

f.					

Ing. Yela Acosta, Rommel Walter; Mgs.

Guayaquil, a los 13 días del mes de noviembre del año 2025



# **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Basurto Castro, María Belén

# **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, Análisis comparativo entre el sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa con paredes de bloque de cemento para muros de viviendas de estrato socioeconómico Medio (C+), previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería de la Construcción, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 13 días del mes de noviembre del año 2025

LA AUTORA

f.\_\_\_\_

Arq. Basurto Castro, María Belén



# **AUTORIZACIÓN**

Yo, Basurto Castro, María Belén

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, Análisis comparativo entre el sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa con paredes de bloque de cemento para muros de viviendas de estrato socioeconómico Medio (C+), cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 días del mes de noviembre del año 2025

LA AUTORA

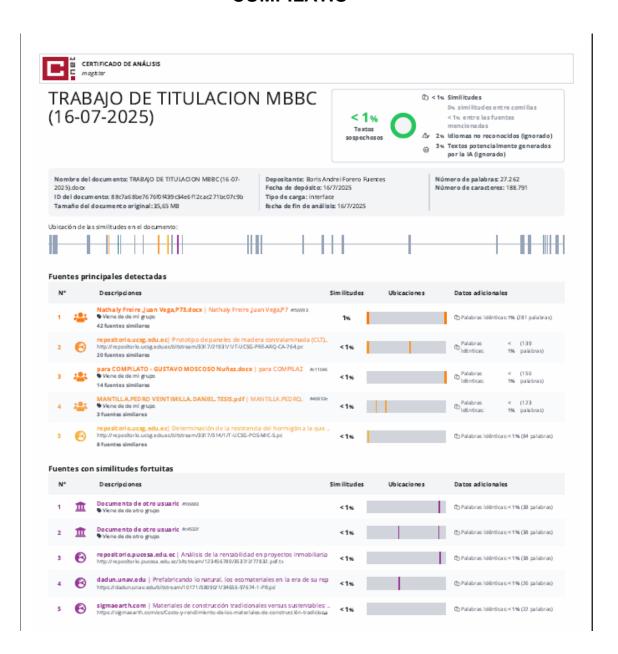
f.

Arq. Basurto Castro, María Belén



# **REPORTE ANTI PLAGIO**

# **COMPILATIO**



# **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a Dios, mis padres y mi familia por su apoyo incondicional durante todo este proceso. A mi tutor, Boris Forero y al Arq. Robinson Vega, por su guía, paciencia y valiosas observaciones. A mis mejores amigos y a quienes, de una u otra forma, contribuyeron en la realización del presente trabajo, mi sincera gratitud.

# **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía constante; a mis padres y familia por su amor y respaldo incondicional; a mis mejores amigos y a todos quienes creyeron en mí incluso cuando yo dudé.

# **ÍNDICE GENERAL**

Resumen	XX
Abstract	XXI
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación	4
1.5. Alcance	5
2. Marco teórico	7
2.1. Nivel socioeconómico en Ecuador	7
2.2. Características del nivel socioeconómico C+	8
2.3. Demanda de vivienda del nivel socioeconómico C+	10
2.4. Participación del sector inmobiliario en la construcción	12
2.5. Materiales más usados en proyectos de construcción	15
2.6. Impacto ambiental generado por el sector de la construcción	17
2.6.1. Concepto de gases de efecto invernadero	18
2.6.2. Materiales de construcción que emiten CO2	20
2.7. El concreto como material de construcción	22
2.7.1. Definición	22
2.7.2. Propiedades	22

2.7.2.1.	Propiedades del concreto en estado fresco	23
2.7.2.1.1.	Manejabilidad	23
2.7.2.1.2.	Consistencia	23
2.7.2.1.3.	Plasticidad	23
2.7.2.2.	Propiedades del concreto en estado endurecido	24
2.7.2.2.1.	Impermeabilidad	24
2.7.2.2.2.	Durabilidad	24
2.7.2.2.3.	Resistencia térmica	24
2.7.2.2.4.	Resistencia a la compresión	24
2.7.2.2.5.	Resistencia a la flexión	24
2.7.3. V	entajas y Desventajas del concreto	24
2.7.4. U	lsos y elementos del concreto	26
2.7.4.1.	Bloques de concreto	26
2.7.4.2.	Bloque de concreto empleado como sistema constructivo en el arm	ado de
paredes	28	
2.7.4.2.1.	Mampostería Reforzada	28
2.7.4.2.1.1	. Mampostería Reforzada como Estrategia de Reducción de Costos	29
2.7.4.2.1.2	. Mampostería Reforzada como Estrategia de Tiempo de Ejecución.	32
2.7.4.2.1.3	8. Mampostería Reforzada como Estrategia de Durabilidad	34
2.8. La cai	ña guadua como material de construcción	34
2.8.1. D	Pefinición	36
282 P	Propiedades	37

2.8.2.1.	Propiedades físico – mecánicas	37
2.8.2.1.1.	Alta resistencia (acero vegetal)	37
2.8.2.1.2.	Material higroscópico y poroso	37
2.8.2.1.3.	Resistencia a la flexión	38
2.8.2.1.4.	Resistencia a la compresión	38
2.8.2.2.	Propiedades sostenibles	38
2.8.2.2.1.	Material renovable	38
2.8.2.2.2.	Absorción de carbono	39
2.8.3.	Ventajas y Desventajas de la caña guadua	40
2.8.4.	Proyectos realizados en Eco-materiales con paneles contralamina	ados de
caña gua	ndúa dirigidos por la facultad de Arquitectura de la Universidad C	atólica de
Santiago	de Guayaquil	41
2.8.4.1.	Arquetipo sostenible de vivienda con paneles de caña guadua e	en Monte
Sinaí – C	lima cálido	42
2.8.4.2.	Refugio Antártico Ecuatoriano – Clima frío	49
2.9. Porc	entajes que representan los rubros en el presupuesto de obra de	una
vivienda ur	nifamiliar	51
2.10. Lo	s elementos prefabricados como una alternativa en la construcci	ón
modular		54
2.10.1.	Definición de construcción modular	54
2.10.2.	Beneficios de construir con paneles prefabricados	55
2.10.2.1.	Control de calidad	56

	2.10.2.2.	Tiempo de ejecucion	56
	2.10.2.3.	Reducción de costos de construcción	57
	2.10.2.4.	Reducción de impacto ambiental	57
	2.10.3.	Análisis comparativo entre la construcción de vivienda prefabricada vs	;
	vivienda	tradicional	58
2.	11. Def	inición de sistema constructivo	59
	2.11.1.	Los paneles prefabricados como sistema constructivo	59
	2.11.2.	La modulación en los paneles prefabricados	60
	2.11.3.	Peso apropiado que puede cargar un trabajador de obra para ser más	
	eficiente (	en las actividades de los proyectos de construcción	63
	2.11.3.1.	Pesos máximos recomendados durante la manipulación manual de la	
	carga.	63	
	2.11.3.2.	Tamaño de la carga	65
2.	12. Des	sempeño térmico de una vivienda	66
	2.12.1.	Definición de desempeño térmico	66
	2.12.2.	Conductividad térmica de materiales	67
	2.12.3.	Confort térmico	69
3.	Desarrollo		72
3.	1. Análi	sis comparativo entre los paneles prefabricados de caña guadúa y bloqu	ıes
de	e cemento	•	72
3.	2. Diseñ	ío de panel prefabricado de caña guadúa	73
	3.2.1.	Características físicas del tablero	73

	3.2.2.	Costo de fabricación del tablero prensado de caña guadúa	74
	3.2.3.	Panel prefabricado de caña guadúa	77
	3.2.3.1.	Listones de madera	78
	3.2.3.2.	Tornillos para anclaje de tablero a estructura de madera	79
	3.2.3.3.	Tiempo de fabricación de panel prefabricado de caña guadúa	80
	3.2.3.4.	Costo unitario por fabricación de panel prefabricado de caña guadúa.	83
3	.3. Aná	lisis comparativo en armado de paredes	84
	3.3.1.	Sistema constructivo tradicional (bloques de cemento)	85
	3.3.1.1.	Análisis de costos en armado de una pared	87
	3.3.1.2.	Análisis de tiempo en armado de una pared	88
	3.3.2.	Sistema constructivo con paneles prefabricados de caña guadúa	90
	3.3.2.1.	Análisis de costos en armado de una pared	98
	3.3.2.2.	Análisis de tiempo en armado de una pared	99
	3.3.3.	Análisis comparativo en costo entre sistema convencional vs sistema d	ie
	paneles	prefabricados de caña guadúa	103
	3.3.4.	Análisis comparativo en tiempo entre sistema convencional vs sistema	de
	paneles	prefabricados de caña guadúa	104
3	.4. Aná	lisis comparativo en proyecto de una vivienda de 120 m2	105
	3.4.1.	Vivienda tipo empleando el sistema convencional	106
	3.4.1.1.	Análisis de costos de una vivienda de 120m2	107
	3.4.1.2.	Análisis de tiempo de una vivienda de 120m2	109
	3.4.2.	Vivienda tipo empleando el sistema de paneles de caña quadúa	111

	3.4.2.1.	Análisis de costos de una vivienda de 120m2	112
	3.4.2.2.	Análisis de tiempo de una vivienda de 120m2	114
	3.4.3.	Vivienda tipo empleando sistema mixto (tradicional + paneles prefab	ricados
	de caña	guadúa)	116
	3.4.3.1.	Análisis de costos de una vivienda de 120m2	117
	3.4.3.2.	Análisis de tiempo de una vivienda de 120m2	119
	3.4.4.	Análisis comparativo en costo y tiempo de las tres propuestas plante	eadas.
		120	
3	.5. Des	sempeño térmico en el sistema constructivo de paredes	124
	3.5.1.	Conductividad térmica de materiales	126
	3.5.2.	Resistencia térmica.	128
	3.5.3.	Transmitancia térmica	130
	3.5.4.	Calculo de la Resistencia y Transmitancia térmica en paredes	130
	3.5.5.	Beneficios de la eficiencia energética en el sistema de paneles de ca	ña
	guadúa	131	
4.	Conclusi	iones	134
5. E	Bibliografía	a	138

# **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Ventajas y desventajas del concreto	25
Tabla 2. Ventajas y desventajas de la caña guadua	40
Tabla 3. Elementos constructivos de Arquetipo de vivienda	45
Tabla 4. Resumen de presupuesto general de obra	52
Tabla 5. Desglose de rubro Mampostería, enlucidos y contrapisos	53
Tabla 6. Razones por modulación de paneles prefabricados	61
Tabla 7. Cuadro de tipo de paneles prefabricados	62
Tabla 8. Peso máximo de cargas manuales	64
Tabla 9. Propiedades térmicas de materiales	68
Tabla 10. Propiedades térmicas de tablero de caña guadua	68
Tabla 11. Calculo de precio unitario por fabricación de 69 tableros de caña guadúa	74
Tabla 12. Cálculo de precio unitario por fabricación de 138 tableros de caña guadúa	75
Tabla 13. Clasificación de la madera por densidad básica	78
Tabla 14. Tipos de madera en Ecuador	79
Tabla 15. Cronograma por fabricación de panel prefabricado de caña guadúa	81
Tabla 16. Cálculo de armado de paneles prefabricados de caña guadúa por día	82
Tabla 17. Costo unitario por fabricación de panel prefabricado de caña guadúa	83
Tabla 18. Resumen de precios unitarios para armado de paredes con sistema tradicional	86
Tabla 19. Rendimiento de mano de obra para armado de pared con sistema tradicional	87
Tabla 20. Presupuesto referencial por armado de pared mediante sistema convencional	87
Tabla 21. Cronograma de actividades en el armado de una pared	88
Tabla 22.    Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared	88
Tabla 23. Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared incluyendo boquete de	
ventana	ឧବ

Tabla 24. Resumen de precios unitarios para armado de paredes con paneles de caña gu	ıadúa
	97
Tabla 25. Rendimiento de mano de obra para armado de pared con paneles prefabricado	s de
caña guadúa	98
Tabla 26. Presupuesto referencial por armado de pared mediante sistema de paneles	
prefabricados de caña guadúa	98
Tabla 27. Cronograma de actividades en el armado de una pared	99
Tabla 28. Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared	100
Tabla 29. Cronograma de actividades en el armado de una pared incluyendo boquete de	
ventana	101
Tabla 30. Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared incluyendo boqueto	e de
ventana	102
Tabla 31. Cuadro comparativo de costos en armado de una pared	103
Tabla 32. Cuadro de resumen de tiempo en armado de una pared	104
Tabla 33. Cuadro de resumen de tiempo en armado de una pared (incluye boquete de ve	ntana)
	105
Tabla 34. Resumen de presupuesto referencial de vivienda de 120m2	108
Tabla 35.    Resumen de rubros de armado de paredes en vivienda tipo de 120m2	109
Tabla 36.    Resumen de cronograma de obra de vivienda de 120m2	109
Tabla 37. Desglose de rubros que intervienen en el armado de paredes - vivienda de 120	m2
	110
Tabla 38.    Resumen de presupuesto referencial de vivienda de 120m2	113
Tabla 39.    Resumen de rubros de armado de paredes en vivienda tipo de 120m2	114
Tabla 40. Resumen de cronograma de obra de vivienda de 120m2	114
Tabla 41. Desglose de rubros que intervienen en el armado de paredes - vivienda de 120	m2
	115

Tabla 42. Resumen de presupuesto referencial de vivienda de 120m2	118
Tabla 43. Resumen de rubros de armado de paredes en vivienda tipo de 120m2	119
Tabla 44. Resumen de cronograma de obra de vivienda de 120m2	119
Tabla 45. Desglose de rubros que intervienen en el armado de paredes - vivienda de r	120m2
	120
Tabla 46. Cuadro de resumen de resultados de costos y tiempo de las tres propuestas	s121
Tabla 47. Costos indirectos mensuales de obra	121
Tabla 48. Costo indirecto total de tres propuestas	122
Tabla 49. Cuadro de resumen de resultados de costos y tiempo de las tres propuestas	s122
Tabla 50. Valores diferenciales entre sistema tradicional y paneles prefabricados de ca	aña
guadúaguadúa	123
Tabla 51.    Valores diferenciales entre sistema tradicional y sistema mixto	124
Tabla 52. Zona climática de región Costa	125
Tabla 53. Referencias para zonificación climática	125
Tabla 54. Requisitos para envolventes en la zona climática 1	126
Tabla 55.    Propiedades de paquetes constructivos en sistema convencional	127
Tabla 56. Propiedades térmicas en sistema de paneles prefabricados de caña guadúa	127
Tabla 57. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire	exterior
	129
Tabla 58. Cálculo de transmitancia térmica	130
Tabla 59. Beneficios de cumplir con las normas de eficiencia energética	132
Tabla 60. Análisis comparativo final de tres propuestas	134

# **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Pirámide del nivel socioeconómico	8
Figura 2. Gráfico de ingresos mensuales según nivel socioeconómico.	9
Figura 3. Colocación de créditos hipotecarios entre enero y abril	10
Figura 4. Viviendas por construir 2013 – 2022.	11
Figura 5. Gráfico de área a construir por vivienda.	12
Figura 6. Tabla de valor agregado bruto del sector.	13
Figura 7. Industrias que utilizan como insumo al sector de la construcción, promedio 2015	-
2019	14
Figura 8. Datos por tipo de obra, nacional	15
Figura 9. Tipo de material utilizado para paredes a nivel nacional	16
Figura 10. Tipo de material utilizado para estructura a nivel nacional	16
Figura 11. Emisiones de gases de efecto invernadero en EE.UU. durante 2017	19
Figura 12. Emisiones de CO2 por material	21
Figura 13. Bloques de concreto	27
Figura 14. Mampostería reforzada	29
Figura 15. Planta de una vivienda adaptada a la mampostería armada	30
Figura 16. Armado de mampostería	30
Figura 17. Colocación de acero de refuerzo en celdas de unidades de bloques	31
Figura 18. Colocación de conductos en mampostería reforzada	31
Figura 19. Ventajas de mampostería reforzada	32
Figura 20. Modulación de bloques en mampostería armada	33
Figura 21. Beneficios del uso de caña guadua como material de construcción	39
Figura 22. Distribución espacial de vivienda en Monte Sinaí	43
Figura 23. Corte de volumen esquemático del Arquetipo de vivienda	44

Figura 24.	Vista aérea de volumen esquemático de Arquetipo de vivienda	44
Figura 25.	Fabricación de tablero PlasBam	47
Figura 26.	Tableros PlasBam	47
Figura 27.	Fachada frontal de la vivienda	48
Figura 28.	Vista lateral exterior de la vivienda	48
Figura 29.	Vista de jardín exterior de la vivienda	49
Figura 30.	Composición de paneles para Refugio	50
Figura 31.	Prototipo de Refugio Antártico	50
Figura 32.	Paneles prefabricados	55
Figura 33.	Cronograma de actividades de construcción modular y tradicional	56
Figura 34.	Cuadro de resumen de costos de vivienda prefabricada y tradicional	58
Figura 35.	Tamaño máximo recomendable de una carga6	35
Figura 36.	Carta psicrométrica de Givoni	70
Figura 37.	Carta Psicrométrica de Givoni - Guayaquil / Ecuador	71
Figura 38.	División de tablero de caña guadúa	73
Figura 39.	Composición de panel prefabricado	30
Figura 40.	Composición de panel prefabricado con rebajes para instalaciones	30
Figura 41.	Detalle de pared con paneles prefabricados de caña guadúa	91
Figura 42.	Detalle de pared con paneles prefabricados de caña guadúa + ventana	92
Figura 43.	Detalle de intersección de pared	92
Figura 44.	Elementos que conforman una pared con paneles prefabricados de caña guadúa.	93
Figura 45.	Proceso constructivo de una pared con paneles de caña guadúa	94
Figura 46.	Elementos que conforman una pared con panales prefabricados de caña guadúa	
incluyendo	boquete de ventana	95
Figura 47.	Proceso constructivo de una pared con paneles de caña guadúa incluyendo boque	ete
de ventana.		95

Figura 48. Plantas arquitectónicas de vivienda	106
Figura 49. Gráfico en 3D de vivienda tipo - Sistema Convencional	107
Figura 50. Plantas arquitectónicas de vivienda - Sistema de caña guadúa	111
Figura 51. Gráfico en 3D de vivienda tipo - Sistema de caña guadúa	112
Figura 52. Plantas arquitectónicas de vivienda - Sistema mixto	116
Figura 53. Gráfico en 3D de vivienda tipo – Sistema mixto	117
Figura 54. Paso de calor en envolventes	128

## Resumen

El presente documento trata sobre la implementación de paneles prefabricados de caña guadua utilizado en paredes de edificaciones de hasta dos niveles. Está dirigido al estrato socioeconómico medio (C+) como un sistema constructivo modular que permita el fácil armado y montaje de este. Se realizó además un análisis comparativo con el sistema constructivo tradicional sobre los precios unitarios y tiempos de ejecución durante la etapa constructiva. De esta manera, los resultados obtenidos reflejaron la solución idónea a ser aplicada en futuras propuestas arquitectónicas. Sumado a lo anterior, se pudo identificar la solución más conveniente desde la variable económica y en tiempos de instalación, sin dejar de lado la calidad de los entregables. Por otra parte, se realizó una investigación general sobre el posible impacto positivo generado al medio ambiente por la utilización de los paneles prefabricados de caña guadua. De esta forma, se logró disminuir el desperdicio en obra, lo cual representa en la actualidad una de las mayores dificultades que presenta el sector constructivo. Lo anterior, derivado del uso de sistemas y metodologías tradicionales de construcción.

## **Abstract**

The following document is based on the implementation of prefabricated guadua cane panels used in walls of buildings of up to two levels aimed at the middle socioeconomic stratum (C+) as a construction system that allows easy assembly due to its modular conception.

Furthemore, a comparative analysis will be made with the traditional construction system on unit prices and execution times during the construction stage, in such a way that the results obtained reflect the ideal solution to be applied in future architectural project proposals, aditionally to identify the most convenient for the development of the same in the economic field and in the schedule of activities to be carried out without neglecting the quality of the deliverables. Moreover, a general investigation will be carried out on the possible positive impact generated to the environment by the use of prefabricated panels of guadua cane, reducing construction waste, which is currently one of the greatest difficulties in the construction sector due to the various activities carried out through traditional methodologies.

## 1. Introducción

# 1.1. Antecedentes

En Ecuador, el nivel socioeconómico medio, representa el 72.1% de la población en la pirámide estratigráfica, en la cual, el 22.8% corresponde al nivel C+, de acuerdo con la encuesta realizada por el INEC en el año 2011. Convirtiéndose en el nivel con mayor enfoque estratégico en la venta de bienes y servicios por su capacidad de acceder a préstamos o productos con el banco. (Cedillo, Peña, 2018).

La demanda de vivienda presentó un aumento durante el año 2023, dicha premisa se pudo evidenciar en los créditos hipotecarios otorgados a los ecuatorianos y en las reservas para compra de unidades habitacionales. (Primicias, 2023). Asimismo, de acuerdo con los datos obtenidos de las estadísticas de Edificaciones ESED, 2022, el número de viviendas a construir incrementó en 12,5% en comparación con el año 2021.

Es por esa razón que, las empresas inmobiliarias, se encuentran en constante innovación y desarrollo al crear proyectos residenciales que satisfagan las necesidades de habitabilidad de los usuarios. El objetivo, es poder brindar una vivienda digna, segura y comercialmente asequible para las personas de clase media.

El sector de la construcción desempeña un rol importante en la realización de proyectos residenciales, es considerado como un dinamizador de la economía. (Apive, 2022). La actividad inmobiliaria es una de las principales industrias que utilizan la producción de la construcción, misma que representa el 64% de participación en dicho sector. (Cepal, 2022).

A nivel nacional, los materiales más usados en los proyectos de construcción son: el hormigón, el acero, los bloques y ladrillos (Cepal, 2022). Son estos los materiales que hacen parte del sistema constructivo tradicional, el cual, no siempre es el más rentable en cuanto a tiempo y costo. Esta realidad, se debe a que su costo varía de acuerdo con los procesos de fabricación de materiales y obtención de materia prima, así como la ejecución de obra y su posterior mantenimiento.

Por otra parte, el sector de la construcción, a nivel mundial es una de las actividades que representa el mayor porcentaje de emisiones de CO<sup>2</sup> anuales (Caamaño González, 2021); aportan con un 33% a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y representan un 40% del consumo global de energía que se derivan del uso de equipos, la fabricación de materiales de construcción y transporte. (Sizirici, Fseha, Cho, Yildiz, Byon, 2021). Por tal motivo, no sólo es importante llevar un control adecuado con la finalidad de mitigar los impactos ambientales generados, sino implementar nuevas alternativas que reduzcan el uso de materiales como el acero y el cemento, dos materiales con alta huella de carbono.

El consumo moderado de los recursos, la disminución de emisiones contaminantes causados por el transporte o por los procesos de fabricación de los materiales y la reducción de residuos mediante su correcta gestión en obra, aportan en la disminución de la huella ecológica que toda edificación genera durante su ciclo de vida.

A partir de dicha premisa, se han desarrollado técnicas o sistemas constructivos que se presentan como alternativas para estandarizar procesos optimizando tiempo y costos, pero aportando con el cuidado al medio ambiente durante la etapa de ejecución de las edificaciones.

En este orden de ideas, la construcción con paneles de caña guadua ha demostrado ser una alternativa constructiva viable para edificaciones de pequeña, mediana y gran escala. No sólo por sus beneficios económicos, sociales y ambientales, sino por las propiedades físicas y mecánicas que presenta. Algunas de las cuales son la alta resistencia a grandes esfuerzos, junto a características acústicas que permitan un ambiente confortable y aislado de las emisiones sonoras causadas por la contaminación auditiva.

Además, es importante mencionar que el guadúa es uno de los materiales que reduce la huella de carbono en el ciclo de vida de las viviendas, mediante la disminución de la generación de gases de efecto invernadero, así como la absorción de CO<sup>2</sup> resultante del en

el proceso de crecimiento de esta planta (Instituto de Hábitat, Diseño y Construcción, Facultad de Arquitectura y Diseño UCSG, 2019).

El arquitecto Jorge Morán, patrocinado por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, desarrolló el proyecto Eco-Materiales, diseñando nuevas alternativas de compuestos elaborados a partir de fibras naturales, para ser implementados en la construcción. Actualmente, el proyecto es de gran importancia ya que se realiza investigación aplicada a partir de la caña guadua y sus derivados para elaborar elementos constructivos que reduzcan el uso de materiales que tienen un alto impacto en la emisión de GEI. La caña guadua, no sólo es un recurso renovable a corto tiempo, sino que también es un material endémico y parte de la identidad cultural de la costa ecuatoriana.

# 1.2. Objetivo general

Analizar la viabilidad de un sistema constructivo basado en paneles prefabricados de caña guadúa a través de un análisis comparativo con un sistema tradicional de mampostería de bloque de cemento desde las variables de costos, tiempos de ejecución y confort térmico, dirigido al estrato socioeconómico medio.

# 1.3. Objetivos específicos

- Analizar la rentabilidad económica del sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa en el proceso de montaje de paredes.
- Estudiar el desempeño térmico del sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa en el montaje de paredes, bajo el enfoque actual de sostenibilidad ambiental.
- Realizar análisis comparativo entre el sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa con paredes de bloque de cemento para la optimización de costos, tiempo de ejecución y desempeño

térmico, en los proyectos de construcción.

### 1.4. Justificación

La era de la Revolución industrial trajo consigo diversas consecuencias a nivel mundial. Es evidente que, a partir de dicha época se han ido generando grandes avances en las diversas técnicas empleadas en la producción de los materiales de construcción (Arenas, 2017) y su consecuente consumo de energía y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CEPSA, 2015).

Cabe mencionar que los materiales más usados a nivel mundial en el sector de la construcción son el hormigón y el acero, siendo estos, una de las fuentes principales de emisión de GEI (Arias, Mantilla & Veintimilla, 2023).

A nivel mundial, el crecimiento poblacional constante, trae consigo, la elevada demanda de vivienda y por consiguiente el agotamiento de los recursos naturales; es por ese motivo que, es necesario la implementación de nuevos materiales y tecnologías en la construcción, para que las viviendas sean más funcionales, seguras y económicas (Jaimes, García & Rondón, 2020).

Uno de los materiales endémicos de la costa ecuatoriana, es la caña guadúa, considerado como un recurso natural y un material estructural utilizado para construcciones sostenibles (Delgado, 2017). Se pretende incorporar la caña guadua como material de construcción, no solo por las características físicas y mecánicas que presenta sino por la propiedad de atrapar CO<sup>2</sup> (Alvarado, 2021), la cual aporta grandes beneficios al medio ambiente.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo es proponer un sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadua, que puedan utilizarse en muros para edificaciones, con el objetivo de romper paradigmas al crear un concepto innovador que pueda ser implementado tanto en fachadas como en divisiones interiores. Variables como el desempeño térmico, serán fundamentales en el análisis comparativo entre el sistema

propuesto y el tradicional de bloques de concreto.

Asimismo, se pretende analizar si el sistema constructivo constituido por paneles de fibras naturales de caña guadua, es una opción viable y eficiente en costos de producción y armado de paredes, debido que los recursos que se emplean para la fabricación de los mismos, tales como; mano de obra y materia prima son nativos del Ecuador, además de presentar una metodología modular que permita una construcción rápida y eficaz para optimizar los tiempos de ejecución.

## 1.5. Alcance

Ante la demanda de viviendas por parte de la población perteneciente al nivel socioeconómico medio, la idea arraigada del uso de materiales convencionales durante el proceso constructivo sin tomar en cuenta el gran impacto que estos generan en el medio ambiente, surge la necesidad de realizar un análisis del sistema constructivo conformado por materiales, tales como, los paneles de caña guadua, mismos que presentan propiedades físicas o acabados similares a los materiales tradicionales.

La presente investigación tiene como objetivo, realizar un análisis comparativo del sistema constructivo tradicional de bloques de cemento y paneles de fibras naturales de caña guadua en la ejecución de paredes en edificaciones dirigidas al estrato socioeconómico C+. El análisis se realizará bajo las variables de los costos, el tiempo de ejecución y el desempeño térmico.

Costos: Se deberá definir el costo por metro cuadrado en el armado de paredes utilizando los paneles de fibras naturales de caña guadua. Posterior, se realizará un comparativo con el sistema constructivo tradicional de paredes de bloque de cemento.

Adicional a lo anterior, se determinará el porcentaje de desperdicios generados durante el proceso constructivo de cada sistema y el impacto económico que se puede presentar en los presupuestos de obra.

En cuanto a durabilidad, se analizará y determinará el costo por mantenimiento post

construcción en paredes de una vivienda tipo, conformada por los paneles de fibras naturales de caña guadua versus los bloques de cemento.

**Tiempo de ejecución:** Se deberá definir el espesor y formato óptimo de los paneles de fibras naturales de caña guadua con la finalidad de estandarizar el proceso de armado de pared durante la ejecución de obra.

Asimismo, se analizará el rendimiento del personal de obra en el armado de paredes haciendo uso de ambos sistemas constructivos, con la finalidad de identificar los posibles impactos generados en el presupuesto y cronograma de obra.

**Desempeño térmico:** Se deberá analizar la transmitancia térmica del sistema constructivo compuesto para comparar su desempeño térmico con el del sistema tradicional de bloques de concreto. Se logrará así aportar a la eficiencia energética de la edificación y al confort térmico de sus usuarios.

## 2. Marco teórico

# 2.1. Nivel socioeconómico en Ecuador

El presente trabajo de investigación está dirigido a la población que forma parte del nivel socioeconómico C+, sin embargo, antes de mencionar las características de dicho sector, es importante definir el término «nivel socioeconómico».

El nivel o estrato socioeconómico está compuesto por un grupo de personas, agregados sociales, que comparten un sitio o lugar similar dentro de la jerarquización o escala social, donde coinciden en creencias, valores, actitudes, estilos y actos de vida similares. Dentro de las características que presentan se puede mencionar a la cantidad de poder, prestigio o privilegios que poseen. La palabra estratificación hace referencia a la distribución de bienes y atributos, sin embargo, también se puede considerar como base de la estratificación social a la etnicidad, género y edad, como otras alternativas. (Álvarez Acosta, 2015).

En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) realizó una encuesta de estratificación del nivel socioeconómico, la cual, ha permitido efectuar una adecuada segmentación del mercado de consumo. Para la presente encuesta, fue necesario realizar un estudio a 9744 unidades habitacionales ubicadas en la zona urbana en las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Machala y Ambato. (Instituto Nacional de Estadisticas y Censos, 2011). Para poder calcular los porcentajes de los distintos niveles se realizó una ponderación enmarcada en seis dimensiones: vivienda, educación, situación económica, bienes, tecnología y hábitos de consumo. (Flores Fiallos, 2019)

Los resultados obtenidos en la encuesta reflejaron que las viviendas de Ecuador se encuentran divididas en cinco estratos, mismos que están separados de la siguiente manera: el estrato A está compuesto por el 1,9% de los hogares, el nivel B por el 11,2%, el nivel C+ por el 22,8%, el nivel C- por el 49,3% y el nivel D por el 14,9%. (Instituto Nacional de

Estadisticas y Censos, 2011). Es importante mencionar que, las cifras detalladas, fueron obtenidas de la encuesta realizada en el año 2011, debido que, no se encontraron datos más actualizados.

A continuación, en la figura 1, se presenta la pirámide del estrato socioeconómico con sus respectivos niveles y porcentajes.

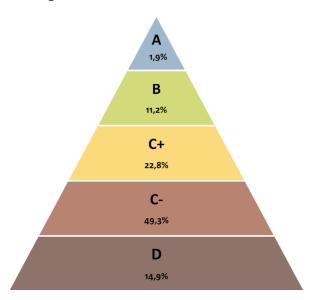


Figura 1. Pirámide del nivel socioeconómico.

Nota: Tomado de Encuesta de estratificación del nivel socioeconómico. https://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-

inec/Estadisticas Sociales/Encuesta Estratificacion Nivel Socioeconomico/111220 NSE Presentacion.pdf

Con base a los datos obtenidos de la encuesta de estratificación del nivel socioeconómico en Ecuador, el presente trabajo de investigación estará dirigido al estrato C+. Para ello, será necesario detallar las características que presenta en cuanto a ingresos mensuales aproximados y demanda de vivienda.

### 2.2. Características del nivel socioeconómico C+

El nivel socioeconómico C+ corresponde a la clase media de Ecuador y está ubicado en la parte central de la pirámide estratigráfica, la cual representa el 22,80% de la población. Dicho sector recibe en promedio ingresos mensuales por encima del salario básico unificado. En cuanto al nivel de educación, el jefe de hogar cuenta con instrucción secundaria

completa. (Cedillo Bajaña & Peña Coello, 2018).

Por otra parte, el ingreso mensual promedio del nivel socioeconómico C+ por un hogar tipo, compuesto por 4 miembros (conformado por las remuneraciones nominales y los sobresueldos mensualizados sin incluir los fondos de reserva) es de \$907.98 (Cedillo Bajaña & Peña Coello, 2018), presentando un rango que va desde un valor mínimo de \$540 a un máximo de \$1500 (Flores Fiallos, 2019).

A continuación, en la figura 2, se muestra un gráfico de ingresos mensuales promedio, desglosando un aproximado de gastos y ahorros:

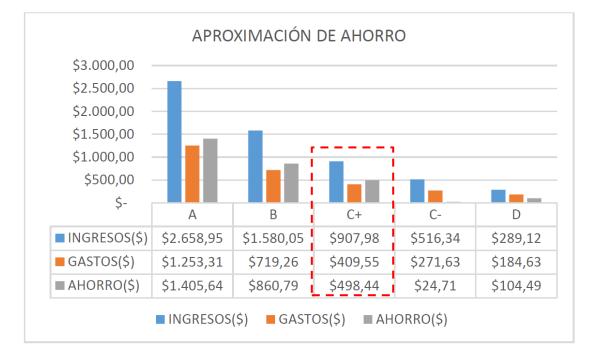


Figura 2. Gráfico de ingresos mensuales según nivel socioeconómico.

**Nota:** Tomado de *Análisis* de características y perfiles relevantes de los estratos socioeconómicos implementando la encuesta de estratificación del nivel socioeconómico presentada por el INEC en diciembre de 2011, http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51905

En el grafico se muestra que el nivel C+ presenta una proyección de gastos mensuales de \$409,55 y un ahorro de \$498,44, mismo que representa el 54.90% de reserva del ingreso mensual.

Es importante mencionar que, de acuerdo con la información obtenida del Boletín

Técnico del INEC emitido en enero del 2024, el costo de la canasta básica familiar, la cual incluye: alimentos, vivienda, cuidado de la salud, educación y transporte, es de \$789.57 (Instituto Nacional de Estadisticas y Censos, 2024), muy por debajo del ingreso promedio mensual del nivel C+.

## 2.3. Demanda de vivienda del nivel socioeconómico C+

Con base a las cifras obtenidas sobre los ingresos promedio mensual del estrato C+, los proyectos de viviendas se deberán enfocar en dicho sector, debido a que presentan una alta demanda en la adquisición de bienes inmuebles y buscan precios competitivos en el mercado, además de contar con la capacidad de adquirir créditos hipotecarios con mayor facilidad. (Flores Fiallos, 2019).

Cedillo & Peña (2018) indican que las instituciones financieras deberán crear estrategias de mercado para la captación de productos y servicios, tales como paquetes estándar para el nivel socioeconómico C+, ya que, forman parte de la población que podrían calificar a préstamos o productos con el banco.

Por otra parte, la demanda por compra de viviendas se ha podido evidenciar en la obtención de créditos hipotecarios. Según datos obtenidos del Banco Central del Ecuador, los ecuatorianos accedieron a USD 546,7 millones en préstamos para comprar una vivienda entre enero y abril de 2023; esto es un 6% más que en igual período de 2022. Además, en el año 2023, las reservas para compra de viviendas crecieron 5% en comparación al año 2022. (Primicias, el periodismo comprometido, 2023). Ver figura 3.

Figura 3. Colocación de créditos hipotecarios entre enero y abril.

Desembolsos en millones



**Nota:** Tomado de *Se reactivan los créditos y la compra de vivienda en Ecuador*, https://www.primicias.ec/noticias/economia/credito-vivienda-compra-precios/ De acuerdo con datos históricos obtenidos a nivel nacional, desde el año 2013 al 2022 por INEC, ESED (2022), a ese año el número de unidades habitacionales a construir incrementó en 12.2% en relación con el 2021; con base a la línea de tiempo que se muestra en la figura 4, se identifica una recuperación en el sector de la construcción después del año 2020.

Viviendas Proyectadas ▼▲ Variación anual (%) 89.960 2,3% -24.0% 9,9% 1,3% -16.1% **V** 69.907 68,349 65.347 -27,6% 12,2% 58.675 59.456 26,7% 48.006 47.29 -28,6% 42.787 33.772 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022

Figura 4. Viviendas por construir 2013 – 2022.

Nota: Tomado de Estadísticas de edificaciones ESED,

https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTBiYWNhMDYtNzk5YS00MTI0LThjZTctOTFiZGJhNDIzMTA4liwidCl6lmYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9

En una encuesta realizada por Flores (2019), se pudo evidenciar que gran parte de la población está concentrada en la clase media; a partir de ello, se establecieron rangos de precios de mayor oferta en unidades habitacionales por lo que, se demostró que los precios de viviendas de mayor demanda fluctúan entre \$51.000 a \$100.000.

Asimismo, la mediana nacional del área a construir por metros cuadrado de la vivienda es de 115.00m2 en el año 2022. (Instituto Nacional de Estadisticas y Censos, 2022). Ver figura 5.



Figura 5. Gráfico de área a construir por vivienda.

Nota: Tomado de Estadísticas de edificaciones ESED, https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTBiYWNhMDYtNzk5YS00MTI0LThjZTctOTFiZGJhNDIzMTA4IiwidCl6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9

Con base a datos obtenidos de la revista de la cámara de la construcción de Guayaquil, el costo por metro cuadrado de una unidad habitacional hasta Junio del 2023 fue de \$758,80 aproximadamente. (Cámara de la Construccion de Guayaquil, 2023).

Por lo tanto, se puede concluir que, las viviendas con mayor demanda en Ecuador presentan un área de construcción de 115m2, con un costo por metro cuadrado de \$758,80, lo cual representa un costo por vivienda de \$87262,00, valor que se encuentra dentro del rango promedio establecido para el nivel socioeconómico C+.

# 2.4. Participación del sector inmobiliario en la construcción

Se puede considerar al sector de la construcción como un elemento dinamizador de la economía del Ecuador, mismo que, registra una participación del 6.09% sobre el PIB total en el año 2022. (Corporación Financiera Nacional B.P., 2023). Ver figura 6. Además, de acuerdo a cifras obtenidas de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM), la industria de la construcción aportó el 3,2% de la producción nacional de grandes y medianas empresas, y

el 2.3% del valor agregado en el año 2022. (Instituto Nacional de Estadisticas y censos , 2023).

Construcción PIB Total (MM **Participación** Año (MM \$ de 2007) en el PIB \$ de 2007) 2018 6,194.45 71,871 8.62% 2019 5,902.44 71,909 8.21% 2020 7.12% 4,719.31 66,308 2021 p 68,661 5,039.62 7.34<u>%</u> 2022 p 4,317.72 70,944 6.09%

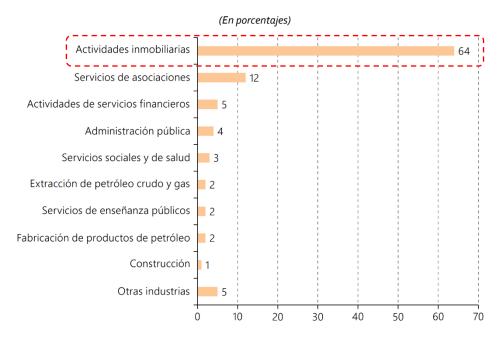
Figura 6. Tabla de valor agregado bruto del sector.

**Nota:** Tomado de *Corporación Financiera Nacional B.P.*, <a href="https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Construccion.pdf">https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Construccion.pdf</a>

Por lo antes expuesto, se puede determinar que la construcción es uno de los motores principales para el desarrollo económico y social del país, debido que, crea eslabones con varias ramas industriales y comerciales de la sociedad. (Peñaherrera, 2022).

El sector de la construcción está conformado por varias industrias, no obstante, una de sus principales actividades que prevalece de forma natural es el sector inmobiliario como fuerza de comercialización, representando el 64% de participación del total de la construcción global proyectada. (Molina, 2022). Ver figura 7.

**Figura 7.** Industrias que utilizan como insumo al sector de la construcción, promedio 2015-2019.



Nota: Tomado de *La cadena de valor de la vivienda rural en la provincia de Manabí (Ecuador*), <a href="https://acortar.link/EXz9EC">https://acortar.link/EXz9EC</a>

Se puede definir al sector inmobiliario como un conjunto de actividades de compra y venta de bienes raíces, que va en función de variables que inciden en la oferta y demanda. Además, genera grandes beneficios para el desarrollo sostenible de las sociedades (Peñaherrera, 2022), al proveer unidades habitacionales que brindan a las familias la oportunidad de vivir dignamente.

Según datos obtenidos de ESED (2023), referente a la construcción de proyectos de vivienda a nivel nacional, en el año 2022, el mayor porcentaje estuvo concentrado en nuevas construcciones representando el 81.1% del total, del cual, se atribuyó el 87.9% a edificaciones residenciales. (Instituto Nacional de Estadisticas y Censos, 2022). Ver figura 8.

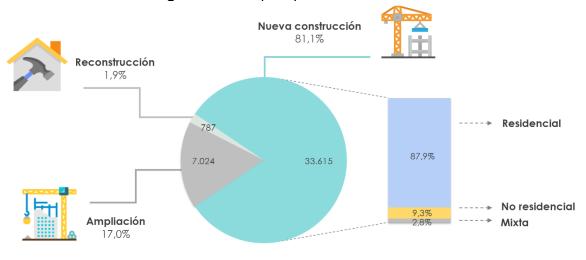


Figura 8. Datos por tipo de obra, nacional

Nota: Tomado de Estadísticas de edificaciones ESED, https://acortar.link/KwySor

Es por ese motivo que, las empresas inmobiliarias deben enfocarse en la creación de proyectos residenciales que cumplan con las características de habitabilidad, sin dejar de lado las políticas que permitan regular y ordenar los precios de las viviendas (Peñaherrera, 2022), con la finalidad de que sean accesible económicamente al mayor porcentaje de la población ecuatoriana.

# 2.5. Materiales más usados en proyectos de construcción.

A lo largo de la historia, las técnicas constructivas han sido creadas basándose en el conocimiento humano, desarrollando y descubriendo formas de aprovechamiento de los elementos que brindan la naturaleza y a su vez, llevando a cabo los procedimientos convenientes para utilizar o transformar un material. (Matus Lazo & Blanco Rodríguez, 2020)

La era de la Revolución Industrial, generó grandes cambios en el sector de la construcción, debido que, trajo consigo la industrialización de procesos en la fabricación y uso de nuevos materiales tales como, el cemento y acero. La implementación de maquinarias permitió optimizar, estandarizar y agilizar la producción masiva de dichos materiales para ser implementados en nuevos proyectos constructivos.

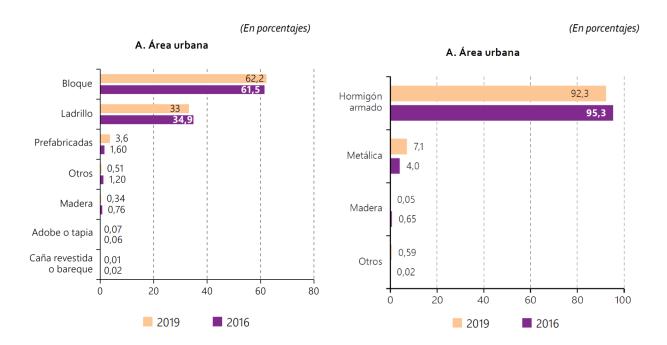
Durante el siglo XXI, la arquitectura ha presentado cambios significativos dentro de la

construcción actual, materiales como el acero, cemento y la combinación de ambos, originaron estructuras únicas dentro de la industria, incorporando factores como resistencia, calidad, eficiencia, diseño e innovación. Es por esa razón que, la Revolución Industrial tuvo un gran crecimiento y fue de gran influencia dentro del entorno urbano. (Metroblock, 2014).

Se consideran como materiales convencionales aquellos recursos frecuentes y propios del sector de la construcción, cuyo uso es habitual en el desarrollo de proyectos. En Ecuador, gran parte de las edificaciones utilizan materiales tradicionales en los procesos constructivos. De acuerdo a las cifras obtenidas de la Encuesta de Edificaciones (ENED) del INEC en los años 2016 y 2019, se pudo evidenciar que en el área urbana los materiales más usados son: el hormigón armado, el acero, bloques y ladrillo. (Molina, 2022). Ver figura 9 y 10.

**Figura 9.** Tipo de material utilizado para paredes a nivel nacional

Figura 10. Tipo de material utilizado para estructura a nivel nacional



**Nota:** Tomado de *La cadena de valor de la vivienda rural en la provincia de Manabí (Ecuador)*, https://acortar.link/EXz9EC En los datos estadísticos de la figura 9 se observa que el material más utilizado en estructuras es el hormigón armado, el cual representa el 92.3% en el año 2019, seguido del metal con un 7.1%. En cuanto a paredes, los materiales de mayor uso son; el bloque con el 62.2% y el ladrillo con el 33% en el año 2019.

Por otra parte, existen otros sistemas constructivos utilizados en el armado de paredes, se detallan a continuación:

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS EN PAREDES		
NVEL NACIONAL		
TIPO	DESCRIPCION	
PANELES FORSA	Se basa en el uso de muros de concreto armado	
PANELES M2 (HORM 2)	Conjunto de paneles estructurales de poliestireno expandido ondulado, con una armadura básica adosada en sus caras, constituida por mallas de aco galvanizado, vinculados entre sí por conectores de acero electrosoldado, posterior se añaden dos capas de hormigón	
PANELES STEEL FRAMING (DRYWALL)	Paneles compuestos por perfiles C, envueltos por placas de CSB o plaxas de yeso cartón	
PANELES DE FIBROCEIVENTO	Laminas fabricadas a base de cemento, sílice, fibras de celulosa y aditivos fraguada en autodave	
BAHAREQUE ENCEMENTADO	Sistema entramado con soleras y pie derechos ) de madera o guadúa), recubierto con malla de alambre y mortero de cemento	

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Estudio comparativo de la construcción con sistema forsa y otros sistemas similares utilizados en la ciudad de Guayaquil para la construcción de vivienda en serie,* http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/21866/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-495.pdf

Fuente: Elaboración propia

# 2.6. Impacto ambiental generado por el sector de la construcción

Con la llegada de la Revolución Industrial, el acelerado crecimiento urbano y las actividades humanas, se han producido cambios climáticos significativos y afectaciones al

medio ambiente a nivel mundial. Aspectos tales como; la producción de desechos que atacan a los distintos ecosistemas, la producción de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de la industria y la acumulación de ruido en las zonas urbanas, se encuentran estrechamente relacionados con la contaminación en las ciudades. (Naranjo Rea, 2019).

La demanda de grandes cantidades de materia prima, el uso excesivo de combustibles a causa del acelerado proceso en la transformación de los materiales y la búsqueda de espacios físicos más amplios, fueron varias de las razones que se presentaron por la llegada de la industrialización, lo cual, ha provocado que el planeta experimente un progresivo efecto desgastador por la explotación exagerada de sus recursos. (Delgado, 2017).

Alrededor del mundo, el sector de la construcción es una de las actividades que representa el mayor porcentaje en el consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente, como consecuencia de los procesos productivos en extracción de materia prima, transporte y energía incorporada en productos y materiales que constituyen las edificaciones. (Arias, Mantilla, & Veintimilla, 2023). Los edificios aportan al 33% de emisiones de gases de efecto invernadero y al 40% del consumo energético, procedente del transporte y fabricación de materiales de construcción. (Sizirici, 2021).

Previo a mencionar la cantidad de CO2 que emiten los materiales de construcción a nivel mundial, es importante definir el concepto de gases de efecto invernadero (GEI) para entender el origen del mismo y los efectos que producen en el medio ambiente.

# 2.6.1. Concepto de gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son componentes gaseosos que se encuentran en la atmósfera terrestre que contribuyen efecto invernadero y que cuyo objetivo es mantener el calor en el planeta. Estos gases provienen tanto de procesos naturales como de actividades humanas (antropogénico). El efecto invernadero se define como el

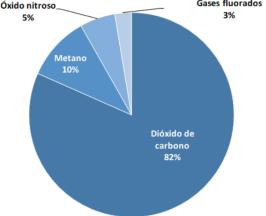
mecanismo a través del cual la radiación térmica atmosférica es capturada por estos gases y posteriormente dispersada en varias direcciones. (Cepsa, 2015)

La liberación persistente de estos gases provoca un calentamiento intensificado de la superficie terrestre, ya que tienen una mayor capacidad de atrapar la radiación en comparación con la cantidad que posteriormente es devuelta por la superficie terrestre, es decir que, permiten que la radiación solar ingrese pero que la radiación reflectada no salga del planeta, manteniendo de esta manera una temperatura habitable. La influencia de estos gases en el fenómeno del cambio climático depende de tres determinantes principales: su abundancia o concentración en la atmósfera, el tiempo que permanecen en la misma y el grado de su influencia en la temperatura global. (Cepsa, 2015).

Entre los principales gases de efecto invernadero se encuentran los siguientes: dióxido de carbono (CO2), metano (CH4), óxido nitroso (N2O), hexafluoruro de azufre (SF6), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y otros. Es importante señalar que en el año 2017, la emisión de estos gases ascendió a 6457 millones de toneladas métricas de CO2 equivalente. El dióxido de carbono representó más del 80% de las emisiones totales de los gases de efecto invernadero. (Naranjo Rea, 2019). Ver figura 11.

Óxido nitroso Gases fluorados
5% 3%

Figura 11. Emisiones de gases de efecto invernadero en EE.UU. durante 2017



**Nota:** Tomado de *Descripción general de los gases de efecto invernadero*, <a href="https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero">https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero</a>

Es evidente que el sector de la construcción es una de las actividades que representa uno de los mayores porcentajes en la emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Es por esa razón que, con base al cuarto informe de Evaluación del panel Intergubernamental sobre el cambio climático, se prevé que para el año 2045, la población urbana superará los seis millones de toneladas en la emisión total de CO2 en el sector constructivo; asimismo, las emisiones de GEI de los edificios podrían contribuir con el 15.6 mil millones de t-CO2 para el año 2030 generando un aumento del 26% de CO2. (Sizirici, 2021).

# 2.6.2. Materiales de construcción que emiten CO2

Una de las principales causas por la cual, el sector de la construcción afecta en gran medida al medio ambiente, es el empleo de materiales con distintos procesos tecnológicos y productivos en la ejecución de edificaciones. Entre ellos se puede destacar al concreto, como uno de los materiales que produce mayor porcentaje de GEI al planeta.

Un estudio de investigación realizado en Ecuador por Naranjo Rea y Maldonado Narváez (2022), del Edificio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Ambato, se demostró que, los materiales de construcción utilizados en el mismo han generado niveles significativos de emisiones de CO2, particularmente del cemento y el acero. Los principales factores que contribuyen a la contaminación durante la fase de construcción son el acero estructural, que representa el 57,46% de las emisiones, seguido del cemento, con el 22,72%, y los áridos utilizados en la producción de concreto. (Arias et al., 2023). Ver figura 12.

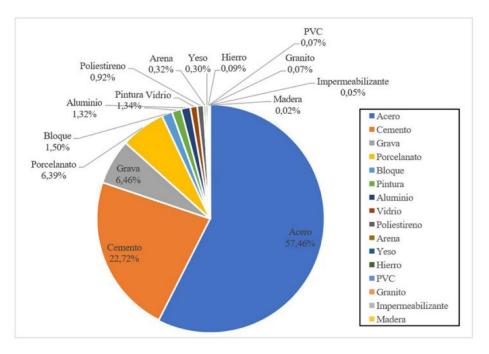


Figura 12. Emisiones de CO2 por material

**Nota:** Tomado de *Descripción general de los gases de efecto invernadero*, <a href="https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero">https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero</a>

A partir de dichas premisas, se puede concluir que, los materiales más utilizados a nivel nacional en los procesos constructivos de las edificaciones, tales como, el cemento y el acero, son aquellos que representan el mayor porcentaje de emisiones de CO2 al medio ambiente. Es por ese motivo que se deben plantear soluciones alternativas e innovadoras que evidencien un cambio en los actuales procesos de ejecución y producción de los materiales empleados, enfocados en los criterios de sustentabilidad ambiental.

El presente trabajo de investigación se basará en analizar el sistema constructivo tradicional en paredes de bloques de cemento, al ser uno de los materiales comúnmente usados en la construcción de las edificaciones. Para ello es importante conocer su origen, definición y ejemplo de proyectos ejecutados.

# 2.7. El concreto como material de construcción

#### 2.7.1. Definición

La palabra concreto proviene del término latino «Concretus», que denota un proceso de crecimiento, y se refiere a una combinación de un agente aglutinante, un agregado, agua y, con frecuencia, ingredientes suplementarios. Hace referencia a algo robusto, sustancial o denso. (Mendoza, 2018)

El concreto, material más usado a nivel mundial, también es conocido como hormigón por su uso generalizado en la industria de la construcción, es un material compuesto que comprende cemento, agua, áridos finos y piedras trituradas o grava, elementos que trabajan en conjunto para crear una masa sólida y resistente. (Jaimes et al., 2020)

# 2.7.2. Propiedades

El hormigón es fundamental en el ámbito de la construcción debido a su importancia y ventajas que ofrece. La notable robustez y durabilidad del hormigón lo convierten en una opción confiable para diversas aplicaciones constructivas. Ya sea para construir rascacielos imponentes o para establecer una infraestructura sólida, el concreto ha demostrado su capacidad para soportar cargas considerables y condiciones climáticas adversas. (Domat, 2023)

Las propiedades del concreto van a depender del estado en que se encuentre, es decir, fresco o endurecido. Sin embargo, las propiedades del hormigón fresco presentan una fuerte correlación entre las propiedades del hormigón endurecido y sus atributos durante la etapa plástica.

# 2.7.2.1. Propiedades del concreto en estado fresco

# 2.7.2.1.1. Manejabilidad

La manejabilidad es un factor crucial en el concreto, debido que influye en su capacidad para ser transportado, colocado y ser vibrado para lograr una compactación efectiva y para dar como resultado un estado final homogéneo sin ninguna segregación. A partir de ello, la manejabilidad, se puede definir como la capacidad de compactación, debido que, al fabricar concreto dentro de un molde, hay que vencer la fricción interna dentro de la mezcla, así como la fricción externa que existe entre el concreto y el molde. (Pacheco, 2017).

#### 2.7.2.1.2. Consistencia

Pacheco (2017) indica que, la consistencia es un término que se emplea para describir la consistencia de una mezcla fresca en términos de sus características de flujo, distinguiendo entre estados secos y fluidos.

#### 2.7.2.1.3. Plasticidad

La plasticidad es una propiedad que se le atribuye al concreto por su fácil moldeado, sin embargo, si la mezcla es retirada del molde puede cambiar de forma lenta, por tal motivo, las mezclas muy fluidas o secas no pueden ser consideradas como mezclas de consistencia plástica.

Sánchez de Guzmán (2001), menciona que, dentro de ciertos límites, las mezclas húmedas son las más manejables que las secas, pero dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente manejables, para esto, deben tener el mismo grado de plasticidad. (Pacheco, 2017).

# 2.7.2.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

# 2.7.2.2.1. Impermeabilidad

Es la capacidad que presenta el hormigón para impedir el flujo del agua a través del mismo.

# 2.7.2.2.2. Durabilidad

Es la capacidad de resistir el impacto del clima, el ataque químico, la abrasión y otros factores que conducen a la degradación del concreto.

# 2.7.2.2.3. Resistencia térmica

Es la capacidad de resistir a las fluctuaciones de temperatura.

# 2.7.2.2.4. Resistencia a la compresión

Se refiere al esfuerzo máximo que puede soportar el hormigón cuando se somete a una carga de aplastamiento.

#### 2.7.2.2.5. Resistencia a la flexión

Se refiere al esfuerzo máximo de tensión que puede soportar una viga a flexión antes de sufrir fracturas.

# 2.7.3. Ventajas y Desventajas del concreto

El concreto, como todo material presenta ventajas y desventajas en el uso de este dentro del sector de la construcción. A continuación, se enlista ambos aspectos en la tabla 1.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del concreto

CONCRETO		
VENTAJAS	DESVENTAJAS	
Se ha convertido en el material de construcción de mayor aceptación y por consiguiente el más usado a nivel mundial, debido a la facil disponibilidad de los materiales que lo componen.	Tiene una resistencia muy baja a la tensión, por lo que requiere el uso de refuerzo.	
Al ser un material ductil, tiene la caracteristica de adaptarse y conseguir diversas formas arquitectonicas.	il, tiene la caracteristica	
Es altamente resistente al fuego (puede llegar a resistir de 1 a 3 horas). En incendios de intensidad media, los elementos que presentan un recubrimiento adecuado de concreto sobre las varillas de refuerzo, sufren unicamente daño superficial sin fallar.	Excesivo peso y volumen	
Posee un alto grado de durabilidad		
Es resistente a los esfuerzos de compresión, flexión, corte y tracción.	Su baja resistencia por unidad de volumen del concreto implica que los elementos sean relativamente grandes, lo que es considerable en edificios altos y estructuras con grandes luces.	
Requiere de muy poco mantenimiento.		
Material económico para zapatas, losas de piso, muros de sótanos, pilares y construcciones similares.	El concreto es uno de los materiales que contribuye al impacto medioambiental, debido	
No requiere de mano de obra altamente calificada para su montaje, en comparación con otros materiales, como el acero estructural	que, emite uno de los mayores porcentajes de CO2 al planeta.	

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Concreto reforzado – ventajas y desventajas*, <a href="https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/estructuras-de-concreto/concreto-reforzadoventajas-y-desventajas/27344908">https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/estructuras-de-concreto/concreto-reforzadoventajas-y-desventajas/27344908</a>

Fuente: Elaboración propia

## 2.7.4. Usos y elementos del concreto

El concreto es un material comúnmente usado en el sector de la construcción. Es empleado en obras de infraestructura tales como, puentes, carreteras, vías aéreas, represas, subestaciones eléctricas, plantas de tratamiento; y en edificaciones como, casas, rascacielos, hospitales, escuelas, hoteles, bodegas, etc.

Asimismo, existen elementos de hormigón que forman parte de los procesos constructivos; se pueden incluir a los cimientos, columnas, vigas, losas, muros estructurales y bloques de concreto para armado de paredes. Este último elemento será objeto de estudio del presente trabajo de investigación, debido que, es uno de los más utilizados a nivel nacional en la industria de la construcción.

# 2.7.4.1. Bloques de concreto

Los bloques de cemento son materiales prefabricados que se utilizan principalmente en la construcción de paredes. Al igual que los ladrillos convencionales, estos bloques se traslapan entre si cuando se apilan y se unen con mortero compuesto de cemento, arena y agua. Los bloques tienen interiores huecos que permiten el paso de varillas de acero y un relleno de mortero para facilitar esta conexión. (Franco, 2024).

En el mercado de la construcción, existen una variedad de dimensiones y texturas, que van desde las típicas superficies lisas hasta los acabados acanalados o rugosos, adicional, incluyen unidades especiales para esquinas o vigas con refuerzo longitudinal. Los tamaños pueden variar, van desde los tradicionales 19x19x39 cm para aplicaciones estructurales hasta las versiones más delgadas para tabiques, con dimensiones aproximadas de 19x9x39 cm. (Franco, 2024).

El bloque de cemento es habitualmente fabricado por una mezcla de cemento

Portland en polvo, agua, carbón granulado o cenizas volcánicas. El resultado final es un

bloque de color gris oscuro con una textura superficial de mediana a gruesa, que presenta

una buena resistencia estructural, atributos de insonorización efectivos y propiedades de

aislamiento térmico superiores en comparación con un bloque de hormigón. (How Products are made, s.f.).

El método actual de producción de este material está automatizado, lo que permite la creación de numerosos bloques por hora. No obstante, como no necesita de cocción, cada unidad puede ser fabricada in situ por mano de obra no calificada, lo que presenta una ventaja potencial en escenarios específicos. (Franco, 2024).

Actualmente, con la ayuda de la tecnología y la industrialización, existen diferentes modelos de unidades de bloques, lo cual, permite crear un abanico extenso de combinaciones entre formas, texturas y colores. Los bloques presentan acabados con texturas lisas, ásperas, abiertas o cerradas, generadas por distintas dosificaciones y grados de compactación del concreto en los elementos. (Rivera & González, 2006)

En cuanto a su comportamiento térmico, la pared de bloques puede presentar un correcto funcionamiento con las precauciones adecuadas. Es crucial, garantizar la colocación precisa de la mezcla en todas las juntas para evitar la formación de puentes térmicos.

Además, se pueden integrar en los bloques materiales aislantes como: el EPS, la lana de vidrio y el polietileno como barrera contra el vapor, y se puede aplicar una capa adicional de aislamiento como revoque externo. (Franco, 2024). Ver figura 13.

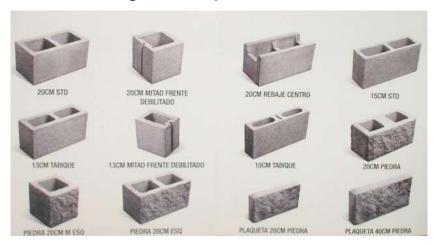


Figura 13. Bloques de concreto

Nota: Tomado de *Mampostería*, https://ar.pinterest.com/pin/603412050061506339/

# 2.7.4.2. Bloque de concreto empleado como sistema constructivo en el armado de paredes

Los bloques de concreto son utilizados en su gran mayoría, en el armado de paredes, sin embargo, existen varios sistemas constructivos que se emplean en la ejecución de dicho rubro. Para el presente trabajo de investigación se analizará la mampostería reforzada.

# 2.7.4.2.1. Mampostería Reforzada

La mampostería estructural o reforzada se define como un método constructivo, el cual está constituido por bloques de concreto u otro material que permite la conformación de un sistema monolítico que pueden resistir cargas sísmicas y de gravedad. (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, s.f.).

El proceso constructivo está basado en la colocación de bloques con perforaciones verticales, unidas por medio de mortero de alta resistencia y reforzadas con varillas y alambres de acero en su interior, con la finalidad de incrementar su capacidad para resistir fuerzas a tensión y cargas a compresión. El refuerzo interno que presentan, generalmente se realiza en intervalos requeridos tanto horizontal como vertical. La perforación de los bloques, utilizados en la mampostería estructural, facilita la inyección del mortero de relleno, ya sea en todas sus celdas o únicamente en las celdas verticales con refuerzo; asimismo, permiten la colocación de instalaciones hidráulicas y eléctricas. (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, s.f.). Ver figura 14.

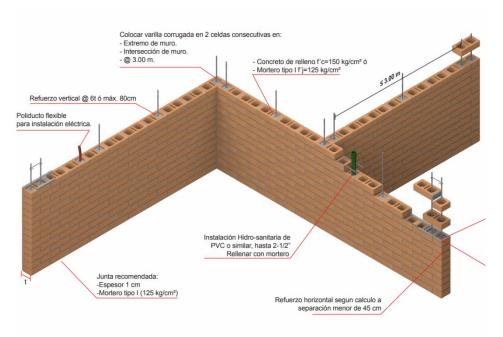


Figura 14. Mampostería reforzada

**Nota:** Tomado de *Muros de concreto y mampostería reforzada*, <a href="https://muros-de-concreto-y-mamposteria-reforzada29.webnode.com.co/residentes/">https://muros-de-concreto-y-mamposteria-reforzada29.webnode.com.co/residentes/</a>

La mampostería reforzada presenta varias ventajas en relación a los otros sistemas constructivos. Bajo las adecuadas condiciones de diseño y construcción, se puede lograr obtener reducción de costos, buenos acabados, calidad y velocidad durante la ejecución de los trabajos. Dicho sistema actúa bajo la acción de cargas horizontales y verticales, mismas que son soportadas por muros de cargas y transmitidas a la cimentación. Además de cumplir funciones estructurales, sirve como fachada y da un acabado estético a la edificación. (Ocampo, 2015).

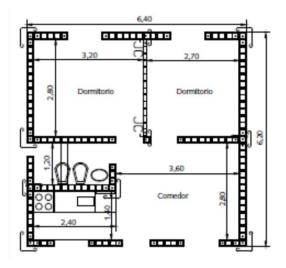
# 2.7.4.2.1.1. Mampostería Reforzada como Estrategia de Reducción de Costos

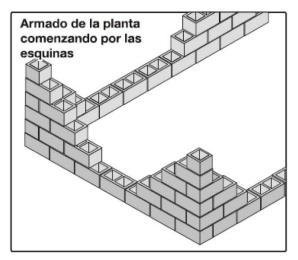
El proceso constructivo de la mampostería reforzada presenta varios beneficios en comparación a los otros sistemas tradicionales. Dentro de las principales ventajas que se le puede atribuir es el ahorro económico en las cantidades de materiales a utilizar, y el bajo nivel de desperdicios que se generan en obra, no solo por ser una construcción con bloques vibro comprimidos de hormigón, sino también, por la previa planificación arquitectónica que

se debe realizar antes de ejecutar los trabajos (diseño y modulación de los bloques en planos). La mampostería reforzada, es un sistema modular que permite cuantificar los materiales durante la etapa del proyecto con gran precisión, lo cual, es favorable para el costo total de la obra. (Ver figura 15 y 16).

**Figura 15.** Planta de una vivienda adaptada a la mampostería armada

Figura 16. Armado de mampostería





# Nota:

**Figura 15:** Tomado de *Construcción de viviendas con mampostería de bloques de hormigón*, <a href="https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=90">https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=90</a>

Figura 16: Tomado de Unidad de vivienda autosuficiente en mampostería reforzada de bloques de hormigón en Loja.

 $\frac{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord\%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo\%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord\%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20Byron\%20Geovany.\%20Tesis.pdf}{\text{https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16667/1/Ord%C3\%B3\%C3\%B1ez\%20Ar\%C3\%A9valo%2C\%20ByronM20ArWC3\%B3\%C3\%B1ezW20ArWC3\%A9valo%2C\%20ByronM20ArWC3\%B3WC3\%A9valo%2C\%20ByronW20ArWC3\%A9valo%2CW20ByronW20ArWC3\%A9valo%2CW20ByronW20ArWC3\%A9valo%2CW20ByronW20ArWC3\%A9valo%2CW20ArWC3\%A9valo%2CW20ArWC3\%A9valo%2C$ 

La reducción de costos en la mampostería reforzada es evidente, debido que, utiliza menos cantidad de acero que otros sistemas convencionales, como el hormigón armado o el metal. Asimismo, el bloque es un material económico, abundante y fácil de conseguir en la mayoría de los países, lo cual, es de gran beneficio para los constructores durante la ejecución de obra; al generarse mayor oferta de los productos en el mercado, la demanda disminuye, y por lo tanto las posibilidades de negociación con los proveedores tendrán mejores resultados.

El sistema de mampostería reforzada permite que la construcción de paredes sea

rápida, de tal manera que, es posible reducir los costos, al disminuir las actividades, equipos, mano de obra y eliminar el uso de encofrados. Además, los gastos por mantenimiento son mínimos, ya que no requiere de pintura o algún tipo de revestimiento especial. (Ver figura 17).

Figura 17. Colocación de acero de refuerzo en celdas de unidades de bloques



**Nota:** Tomado de *Curso de mampostería estructural con bloques de hormigón*, http://www.sismatica.net/aabh\_bootstrap/assets/php/novedad.php?S=0&SS=0&N=1054

Otro factor importante es la reducción de costos por perforaciones en la mampostería para el paso de tuberías eléctricas y sanitarias, por lo que, los huecos de los bloques permiten que las tuberías vayan empotradas, siempre y cuando no estén rellenos de mortero. (Ver figura 18)

Figura 18. Colocación de conductos en mampostería reforzada



**Nota:** Tomado de *Curso de mampostería estructural con bloques de hormigón*, http://www.sismatica.net/aabh\_bootstrap/assets/php/novedad.php?S=0&SS=0&N=1054 Por otra parte, la optimización de los espacios disponibles forma parte de las características que ofrece la mampostería estructural, debido que, las paredes son más delgadas que las del hormigón armado y no requieren de columnas ni vigas.

La mampostería reforzada, al ser un sistema sismo resistente, por la colocación de varillas de acero en el interior de los bloques (sistema dúctil y capaz de absorber deformaciones sin colapsar), garantiza un ahorro económico a largo plazo, ya que, en caso de un evento sísmico, si el sistema se ha ejecutado correctamente, el comportamiento de la edificación será favorable, tanto para las vidas humanas, como para la integridad constructiva de la misma; por lo que no se tendrá que incurrir a gastos extras o mayores en reparaciones o rehabilitación del bien inmueble. (Ver figura 19)



Figura 19. Ventajas de mampostería reforzada

Nota: Tomado de Ventajas de la mampostería reforzada, https://www.pinterest.com/pin/451063718918423098/

# 2.7.4.2.1.2. Mampostería Reforzada como Estrategia de Tiempo de Ejecución

En el proceso constructivo de las viviendas de interés social (construcciones en serie), es posible evidenciar que las actividades de obra son repetitivas. A partir de dicha

premisa, se plantea, como una opción viable, el uso de mampostería armada, debido que, reduce el tiempo de ejecución de los trabajos realizados, al ser un sistema simple y de fácil armado. Asimismo, es un sistema que no contempla el tiempo de fraguado del hormigón o la soldadura del metal, al estar, ambos componentes, encapsulados en los bloques de concreto, lo cual lo convierte en una técnica más eficiente.

La mampostería estructural, es un sistema modular, que facilita el armado de los elementos que lo componen, de tal manera que, se logra una mayor productividad y eficiencia en la obra. Esto significa que, basándose en un módulo básico, los vanos a cubrir deben tener una dimensión longitudinal múltiplo de 20 cm, de esa manera, se logra utilizar los elementos enteros, evitando el corte de bloques en obra y, por consiguiente, la economía de materiales y la marcada aceleración del armado de las paredes en edificaciones. Al eliminarse la modificación y adaptación de piezas en obra, la operación del personal de obra se limita al montaje de las unidades (colocación de bloques) (Gordillo, s.f.)

Por tal motivo, es posible afirmar que la coordinación modular es fundamental para que, el sistema constructivo de la mampostería armada sea económico y se desarrolle de forma rápida. (Ver figura 20).

Proyecto correctamente modulado

vista

planta

Figura 20. Modulación de bloques en mampostería armada

**Nota:** Tomado de *Construcción de viviendas con mampostería de bloques de hormigón,* https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=90

# 2.7.4.2.1.3. Mampostería Reforzada como Estrategia de Durabilidad

La mampostería estructural, al ser un sistema constructivo que combina características arquitectónicas y estructurales, permite que las edificaciones tengan un tiempo de vida útil prolongado (sean más duradera) y el mantenimiento que se deba realizar, no sea con mayor frecuencia. Asimismo, es importante mencionar que, gracias al reforzamiento interno de acero y el relleno de mortero, dicho sistema presenta un buen comportamiento ante las fuerzas sísmicas, los vientos o cargas de gravedad, lo cual es beneficioso para la integridad de la construcción.

En conclusión, la mampostería reforzada, al ser un sistema, compuesto por la unión de unidades de bloques reforzados con acero en el interior, no solo permite resistir mejor los esfuerzos de tracción y flexión producidos por las cargas o los sismos, sino también disminuir los costos y tiempo de ejecución en obra.

# 2.8. La caña guadua como material de construcción

Ante el elevado impacto ambiental generado por la industria de la construcción, en gran medida por, la fabricación, transporte, consumo masivo de recursos y uso excesivo de materiales convencionales (hormigón, bloques y acero) en los procesos constructivos; surge la necesidad de implementar medidas que permitan el ahorro de energía, la preservación del medio ambiente, el uso de materiales que aporten al desarrollo local, y la reducción de los costos en la producción de viviendas, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población. El concepto que engloba los factores antes mencionados es la bioconstrucción, como una acción respetuosa del medio ambiente y la vida. (Giuseppina et al., 2021).

El término bioconstrucción nace de la necesidad de explorar alternativas de construcción equilibradas que prioricen la coexistencia entre el hábitat y los individuos. Este enfoque hace hincapié en la gestión consciente de los recursos naturales, los atributos del

entorno y los materiales, junto con la adopción de tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Estos principios sustentan el avance de la arquitectura bioclimática, respaldada por principios de sostenibilidad que se esfuerzan por lograr el equilibrio entre el medio ambiente, la humanidad y la economía. Los objetivos generales incluyen la creación de espacios habitables que ofrezcan un confort y un bienestar óptimo, el uso eficiente de energía y de los recursos. (Giuseppina et al., 2021).

A partir de dicha premisa, nace la idea de crear unidades habitacional bioclimáticas que integran una gran cantidad de elementos ambientales y aprovechan al máximo el uso de los recursos naturales tales como, la luz solar, la vegetación, la lluvia y el viento, de tal manera que, permita el desarrollo sustentable de la sociedad. En consecuencia, esto conduce a una reducción significativa del impacto ambiental asociado a los edificios y a una disminución de la huella ecológica. (Giuseppina et al., 2021).

Un aspecto crucial a tener en cuenta para garantizar la sostenibilidad de los edificios es la utilización de la caña de guadua. Esto se atribuye a sus propiedades físicas y químicas óptimas, ideales para ser implementada en los procesos constructivos. Además, su rápido crecimiento como biomasa, su adaptabilidad a diversos terrenos y su mecanismo de propagación auto regenerativo aumentan aún más su atractivo. (Giuseppina et al., 2021).

La caña de guadua presenta características estructurales que la hacen resistente, flexible y altamente eficiente en la absorción de energía, lo que la convierte en una opción ideal para edificaciones sismo resistente. Su naturaleza multifuncional, junto con fibras naturales robustas, la posiciona como una alternativa viable a la madera y útil para la fabricación de tableros aglomerados, laminados, pisos y paneles, entre otras aplicaciones. (Giuseppina et al., 2021).

# 2.8.1. Definición

La caña guadua proviene de la familia del bambú y es considera como una gramínea gigante, es un material nativo de la región costa del Ecuador con alrededor de 280 especies, siendo cultivada en las zonas tropicales y subtropicales. Es conocida como el acero vegetal a nivel mundial por sus excepcionales propiedades físico- mecánicas, lo cual, la convierte en un componente apto para ser usado en edificaciones a gran escala. (Delgado, 2017).

Ecuador, país que se caracteriza por su diversidad ecológica, alberga alrededor de 45 especies distintas de bambú, entre las cuales se incluye el género Guadúa Angustifolia. (Bello Zambrano, 2021). Asimismo, es considerada como una de las especies de mayor siembra a nivel nacional.

La Guadúa Angustifolia se destaca por sus fibras naturales robustas, además presenta una importancia social, económica y cultural. Es una de las especies más utilizadas en el país con fines de construcción. Se distingue por sus tallos, que pueden alcanzar hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro; se caracteriza por sus propiedades físico – mecánicos y su uso comprobado en el sector de la construcción. (Bello Zambrano, 2021).

La caña guadúa, representa una categoría de biomasa caracterizada por su rápida tasa de crecimiento, su notable adaptabilidad a diversos terrenos que requieren un mantenimiento mínimo y un mecanismo de auto propagación regenerativa que garantiza su disponibilidad continua en el ecosistema natural, siendo considerado como un recurso inagotable. (Giuseppina Vanga, Briones, Zevallos, & Delgado, 2021).

Es por ese motivo que, para el presente trabajo de investigación, se analizarán los paneles prefabricados conformados por la caña Guadúa Angustifolia (especie de gran escala comercial), como sistema constructivo en paredes.

# 2.8.2. Propiedades

A lo largo de la historia, la caña Guadúa Angustifolia, se ha convertido en un material ideal para construcción de edificaciones, sus características físico-mecánicas, la relación peso – resistencia en sus tallos, su fácil disponibilidad y su peso ligero, lo convierten en la mejor opción sobre las otras especies. (Cobo, 2008).

La caña Guadua presenta propiedades tanto físicas como sostenibles que son de gran influencia en la construcción de edificaciones, se mencionan a continuación:

# 2.8.2.1. Propiedades físico – mecánicas

# 2.8.2.1.1. Alta resistencia (acero vegetal)

La caña guadua está constituida por el componente externo de la microestructura del tallo, misma que representa una densidad considerable. Este estrato abarca una concentración sustancial de sílice y sirve como mecanismo defensivo para la gramínea. Además, incorpora elementos vasculares que facilitan el movimiento de los líquidos y las fibras de celulosa a lo largo de su ciclo de vida. Dicha característica, le otorga a la caña guadua alta resistencia. (Bello Zambrano, 2021)

# 2.8.2.1.2. Material higroscópico y poroso

El contenido de humedad en la caña guadúa tiene gran influencia en su comportamiento mecánico; por eso, es necesario que la caña pase por un proceso de secado hasta obtener un contenido de humedad igual o menor a la de equilibrio de la región, de tal manera que no afecte su durabilidad y resistencia ante cargas solicitadas. (Bello Zambrano, 2021)

#### 2.8.2.1.3. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una de las propiedades que presenta la caña guadúa, debido que, cuando se someten a pruebas de flexión, las fibras se rompen, lo que resulta en una pérdida de integridad estructural en la configuración circular de la sección; sin embargo, las fibras que se encuentran a lo largo del tallo permanecen intactas. Esto indica que, al retirar la carga aplicada, la viga de protección vuelve a su configuración geométrica inicial, lo que significa que la caña guadua presenta propiedades elásticas. (Bello Zambrano, 2021)

# 2.8.2.1.4. Resistencia a la compresión

La caña guadúa está conformada por membranas intermedias muy fibrosas que se desarrollan en la sección transversal de la misma, dicha característica permite que la caña guadua sea flexible y presente una alta resistencia a la compresión. De acuerdo a lo que indica Bello (2021), "Los esfuerzos cortantes distribuidos sobre una sección, es mayor en el centro de la caña y se hace nula en los extremos de ella." (p.13).

# 2.8.2.2. Propiedades sostenibles

#### 2.8.2.2.1. Material renovable

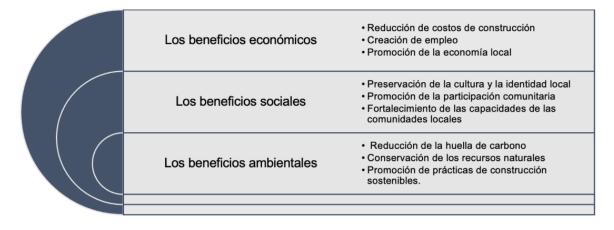
El cultivo masivo y el rápido crecimiento de la caña guadua, son algunas de las características que se le atribuyen para ser considera como un recurso natural de fácil renovación (Toro Arango, et al., 2023). Es una planta que contribuye a la reducción del impacto ambiental, debido que, al ser una alternativa de uso como material de construcción, permite disminuir la dependencia de materiales no sostenibles o convencionales. (Calle Chuinda, González Redrován, & Alvarez Vera, 2023)

#### 2.8.2.2.2. Absorción de carbono

La caña guadua, es considerada como una fuente de oxígeno. Mediante el proceso de fotosíntesis, facilitado por la radiación solar, estos organismos convierten el agua y el dióxido de carbono en glucosa. En lo que respecta específicamente a la caña guadua, el dióxido de carbono se almacena en el tallo. Una consecuencia ventajosa de la cosecha de los tallos de la caña guadua, es que la planta madre inicia la producción de tallos adicionales y, al mismo tiempo, mejora su capacidad de capturar dióxido de carbono. El almacenamiento de carbono es mayor en la caña guadua en comparación con otros materiales, gracias al rápido crecimiento de sus tallos. (Van der Lugt, 2024)

Por lo tanto, la caña guadúa no solo presenta un buen comportamiento físico — mecánico en comparación de los materiales convencionales, sino también se caracteriza por ser un material sostenible, debido que, aporta beneficios económicos, sociales y ambientales en el sector de la construcción. (Calle Chuinda, González Redrován, & Alvarez Vera, 2023). (Ver figura 21).

Figura 21. Beneficios del uso de caña guadua como material de construcción



**Nota:** Tomado de *Análisis de la caña guadua como material de construcción sostenible para el desarrollo del ecoturismo en la Amazonía ecuatoriana*, <a href="https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/1109">https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/1109</a>

# 2.8.3. Ventajas y Desventajas de la caña guadua

La caña guadua, presenta ventajas y desventajas en su uso dentro del sector de la construcción. Se detalla a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la caña guadua

CAÑA GUADUA		
VENTAJAS	DESVENTAJAS	
Es un material liviano, fácil de transportar y almacenar, debido a su sección circular y hueca.	Es un material que se deteriora con facilidad, debido al contacto constante con la humedad del suelo directo. Por lo tanto es necesario que se apliquen aditivos de protección contra los agentes externos.	
Material de bajo costo, por lo que es accesible para todas las clases sociales.	Se debe realizar una selección minuciosa de la caña guadua durante el proceso de construcción, debido que, sus diametros no son constantes en toda su longitud.	
El uso de la caña guadua es apropiado en construcciones ubicadas en zonas sismicas	Debe someterse a un tratamiento de curado y secado inmediatamente después de cortado para evitar que sea atacado por insectos.	
Se puede cortar longitudinal o transversalmente debido a su composicion fibrosa	Al ser un material altamente combustible cuando está seco, se debe recubrir con sustancia a prueba de fuego.	
Se puede utilizar en cualquier elemento estructural, debido a las caracteristicas fisico - mecanicas que presentan	Se debe considerar el mantenimiento apropiado de la caña guadua para evitar que la misma pierda su resistencia al envejecer.	
Es un material esbelto, y gracias a la presencia de los entrenudos, optimizan su rigidez y elasticidad, cuando es sometido a cargas de viento.	Las uniones de los elementos estructurales se deben fortalecer apropiadamente, sin embargo, se debe evitar el uso de clavos gruesos, debido que, las cañas tienden a agrietarse	

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social*, <a href="https://dialnet.unirioja.es">https://dialnet.unirioja.es</a>

Fuente: Elaboración propia

# 2.8.4. Proyectos realizados en Eco-materiales con paneles contra laminados de caña guadúa dirigidos por la facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

La facultad de Arquitectura y diseño de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil cuenta con una Planta de Ecomateriales, que es un componente integral de la Unidad Académica y de Investigación; dicha fábrica se estableció con el objetivo de elaborar eco materiales derivados de fibras naturales. Entre los productos que se han utilizado para el desarrollo de investigaciones varias, se puede mencionar a los paneles fabricados con fibras de caña guadua, mismos que son adheridos con resinas y se cauterizan mediante prensas industriales que facilitan la unión permanente.

A continuación se detalla la ficha técnica de las propiedades física / mecánicas del tablero de caña guadúa de 2 capas del centro de documentación de bambú de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil:

FICHA TEONICA DE PROPIEDADES DE TABLERO DE CAÑA GUADÚA		
Nontbre:	Plasbam	
Materia prima:	Guadúa Angustifolia Kunth	
Numero de capas:	2 capas de guadúa	
Disposición de capas:	1 longitudinal + 1 transversal	
Dimensiones:	2,44mx 1,22m	
Espesor:	15cm	
Peso aproximado:	36 kg	
Pegante:	Resinas, urea 1312 en polvo y adhesivo gomex 1035	
Tiempo de prensado:	20 - 25 min	
Resistencia a la compresión:	35,61 Mpa.	
Resistencia a la flexión:	41 Mpa.	
Usos:	Como elementos estructurales en vigas, cerchas y columnas	
	Recubrimientos para pisos, paredes y cubiertas (se adiciona capa impermeable	
Instalación:	Sobre estructura metálica, madera, hormigón, bambu rollizo o piezas de tablero de bambu	
Fijaciones:	Por medio de tornillos, pernos o davos, pletinas, angulos o perfileria metálicas	
Recomendaciones:	Requiere protección por diseño contra rayos UV o protección con aceite, laca, barniz, etc	
	Resiste humedad esporádica y moderada, preferible protección por diseño ante lluvias	

Nota: Elaborado con información tomada de Ensayos realizado en la planta de Ecomateriales a cargo del Arq.

Robinson Vega.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos se han utilizado en diversas iniciativas de investigación, desarrollo e innovación, en las que han demostrado numerosas ventajas como elementos constructivos en condiciones climáticas extremas, como las altas temperaturas que prevalecen en la ciudad de Guayaquil y las bajas temperaturas que se evidencian en el volcán Chimborazo. (Hechavarría Hernández, Forero Fuentes, & Vega Jaramillo, 2024)

# 2.8.4.1. Arquetipo sostenible de vivienda con paneles de caña guadua en Monte Sinaí – Clima cálido

El diseño y construcción del Arquetipo de vivienda fue realizado por docentes y alumnos de la facultad de Arquitectura y Diseño de la UCSG en colaboración con los sacerdotes y habitantes del sector. El proyecto está localizado en el sector de Monte Sinaí, al noroeste de la ciudad de Guayaquil, el cual forma parte del Distrito Pascuales 2 dentro de las estribaciones de la Cordillera Chongón – Colonche.

La vivienda fue construida en un solar ubicado en el sector denominado María Paydar. El proyecto cuenta con un área de 100m2 de construcción aproximadamente, mismo que colinda con otras casas de mediana altura. El costo de financiamiento de la vivienda fue de \$58.892,00 y el tiempo de ejecución fue de 12 meses. En la figura 22 se muestra un esquema de la distribución de la vivienda.

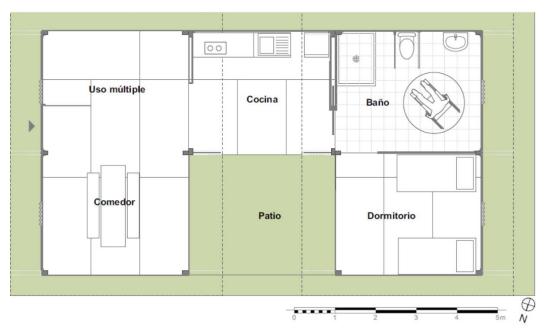


Figura 22. Distribución espacial de vivienda en Monte Sinaí

**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí,* <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-quayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

La mayoría de los elementos constructivos de la vivienda estuvieron compuesto por piezas derivadas del panel de ecomateriales denominado PlasBam (tableros de caña guadua), Los paneles obtenidos se emplearon como componentes estructurales para paredes y pisos, además al ser recortados, pudieron ser usados como materia prima para la producción de vigas y columnas. (Hechavarría Hernández, Forero Fuentes, & Vega Jaramillo, 2024).

Cabe mencionar que, los tableros PlasBam son paneles prefabricados derivados de la caña guadua que se forman a partir de piezas cortadas de un panel de 2.40 x 1.20m y pueden ser utilizados en pisos, paredes y otros elementos estructurales. De esta manera se ha intentado dar un valor agregado y potenciar el uso de los ecomateriales como nuevas alternativas en el sector de la construcción, principalmente a la caña guadua. (Hechavarría Hernández, Forero Fuentes, & Vega Jaramillo, 2024).

A continuación, se muestran volumétricas esquemáticas del Arquetipo de vivienda en

las figuras 23 y 24.

Figura 23. Corte de volumen esquemático del Arquetipo de vivienda



**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí,* <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

Figura 24. Vista aérea de volumen esquemático de Arquetipo de vivienda



**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí,* <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-quayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

A continuación, en la tabla 3 se describen los elementos constructivos que conformaron la vivienda ubicada en Monte Sinaí:

Tabla 3. Elementos constructivos de Arquetipo de vivienda

ARQUETIPO DE VIVIENDA		
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	MATERIAL	
Cimentación (plintos cuadrados)	Hormigón armado con una resistencia de 210 kg/cm2	
Vigas principales, columnas y vigas de cubierta	Tableros de PlasBam prefabricados	
Cubierta	Correas metálicas de acero negro y planchas de zinc	
Pisos en sala, comedor, dormitorio y parte de la cocina	Tableros de PlasBam prefabricados	
Paredes externas e internas		
Pisos en baño y cocina	Planchas de fibrocemento sobre viguetas de PlasBam	
Recubrimiento de piso en baño	Ceramica antideslizante esmaltada en formaro de 30x30cm	
Recubrimiento de piso en cocina	Porcelanato brillante en formato de 60x60cm	
Recubrimiento de paredes en baño y cocina	Ceramica de esmalte brillante en formato de 44x25cm	
Puertas	Tableros de PlasBam prefabricados con marco y batientes de madera inmunizada de laurel	
Ventanas	Plancha de policarbonato alveolar y marco de madera de laurel con malla antimosquito	
Rampa	Hormigón armado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm2 y pasamanos de tubos de acero negro	

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí*, <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-

La presente investigación se basa en el uso de los paneles prefabricados de caña guadua en las paredes de una edificación, por lo cual, es importante detallar a profundidad el proceso constructivo que se llevó a cabo en las paredes internas y externas del Arquetipo de vivienda de Monte Sinaí.

Con base a la descripción de materiales utilizados en cada elemento constructivo de la vivienda, detallado en la tabla 3, se puede mencionar que las paredes se conformaron por tableros tipo PlasBam, mismos que se fabricaron por latones de caña guadua (medias cañas) y resinas adhesivas para unirlos entre sí. (Hechavarría Hernández, Forero Fuentes, & Vega Jaramillo, 2024).

Según lo que indica Hechavarría, Forero y Vega (2024), "Los latones de caña guadua se sometieron a varios procesos; el primero corresponde a la remoción de los diafragmas internos de los nudos. Posteriormente se realizó el aplastamiento de los latones en la prensa hidráulica hasta obtener tablas de caña guadua deshidratadas" (p. 62).

Los tableros PlasBam utilizados para las paredes, estuvieron compuestos por cañas guadua dispuestas en dos capas, una vertical y otra horizontal, dicha composición permitió el uso de los paneles en paredes al resistir con mayor facilidad esfuerzos de tracción y por lo tanto presentar mayor resistencia al arrancamiento y corte, frente a la acción de clavos, tornillos o pernos. Para el Arquetipo de vivienda se elaboraron tableros de PlasBam de dos formatos; de 1.20x2.40m y de 1.20x3.00m, de tal manera que, se adaptaran a las necesidades del proyecto. (Hechavarría Hernández, Forero Fuentes, & Vega Jaramillo, 2024).

A continuación, se muestran fotografías del proceso de fabricación de los tableros PlasBam para ser utilizados en la construcción de la vivienda ubicada en Monte Sinaí. Ver imagen 25 y 26.

Figura 25. Fabricación de tablero PlasBam

Figura 26. Tableros PlasBam





**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí,* <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

Según lo que indica Hechavarría, Forero y Vega (2024), «Para el armado de los tableros PlasBam se utilizaron viguetas horizontales fabricadas por medio de la unión de dos láminas de tablero PlasBam de 2x10 cm de sección cada una. Las viguetas se colocaron horizontalmente a alturas variables de 1.20 cm, 240 cm y 300 cm adaptándose a la altura de los paneles» (p. 84).

Los tableros de caña guadua fueron recubiertos con dos tipos de películas; de barniz con protector UV y de laca de poliuretano, con la finalidad de darle protección contra la decoloración y la humedad. (Hechavarría Hernández, Forero Fuentes, & Vega Jaramillo, 2024).

Las siguientes fotografías, muestran la vivienda denominada Casa Gloria, terminada. Ver imagen 27, 28 y 29.



Figura 27. Fachada frontal de la vivienda

**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí,* <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>



Figura 28. Vista lateral exterior de la vivienda

**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo* sostenible de vivienda interés social para habitantes de *Monte Sinaí*, <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

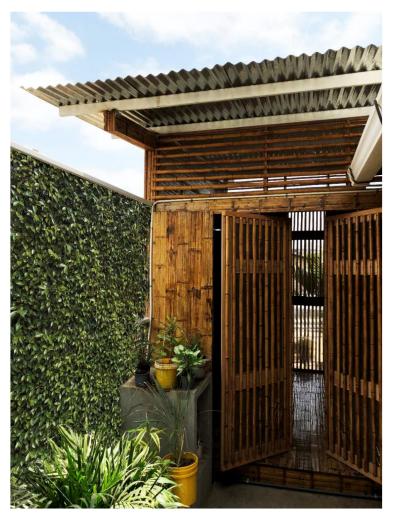


Figura 29. Vista de jardín exterior de la vivienda

**Nota:** Tomado de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí,* <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-quayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

# 2.8.4.2. Refugio Antártico Ecuatoriano – Clima frío

La Facultad de Arquitectura y Diseño de la UCSG, ha realizado investigaciones sobre los paneles de caña guadua para ser utilizados en climas fríos. Es de esa manera que, se desarrolló un proyecto titulado "Refugio Antártico Ecuatoriano (RAE), en donde se emplearon distintos eco materiales que permitieron crear un prototipo habitable de emergencia, que sirvan como aislante térmico ante las condiciones climáticas extremas que presentaba el lugar de emplazamiento. (Gonzalez Cruz, 2019)

Es importante mencionar que, los paneles exteriores del Refugio estuvieron compuestos no solo de tableros PlasBam de caña guadua, sino también de paja del páramo, cascarilla de arroz, fibra de abacá, fibra de coco y raquis de banano; materiales que fueron de ayuda para mejorar el comportamiento térmico de los paneles. El prototipo fue construido con paneles de formato de 50x50cm, con un espesor aproximado de 16cm. (Gonzalez Cruz, 2019). Ver figura 30 y 31

LÁMINA PERFIL DE TRIPA DE TABLERO DE BAMBU BAMBÚ RELLENO CASCARILLA PAJA DE DE ARROZ PÁRAMO ÁBACA FSTANTERIA DE FIBRA DE PLYWOOD BANANO/COCO CERRAMIENTO EXTERIOR CERRAMIENTO INTERIOR

Figura 30. Composición de paneles para Refugio

**Nota:** Tomado de *Refugio Antártico Ecuatoriano*, https://www.researchgate.net/publication/369763778\_RAE\_Refugio\_Antartico\_Ecuatoriano



Figura 31. Prototipo de Refugio Antártico

**Nota:** Tomado de *Refugio Antártico Ecuatoriano*, https://www.researchgate.net/publication/369763778\_RAE\_Refugio\_Antartico\_Ecuatoriano

# 2.9. Porcentajes que representan los rubros en el presupuesto de obra de una vivienda unifamiliar.

Los rubros generales que forman parte de la construcción de una vivienda unifamiliar, se encuentran representados por porcentajes que dependen de los costos de materiales, mano de obra, equipos y transporte (costos directos), es importante identificar a grandes rasgos los porcentajes estimados de cada rubro, de tal manera que, se pueda analizar el grado de afectación que presentan en el presupuesto general de obra en el caso de que se generen cambios de materiales o rendimiento del personal de trabajo.

En los presupuestos de construcciones convencionales, las actividades iniciales, tales como el movimiento de tierra, representan un bajo porcentaje del proyecto general. Sin embargo, durante la fase posterior, el porcentaje atribuido a la estructura de hormigón se encuentra en un rango estimado del 17 al 20%, convirtiéndose en uno de los rubros que presenta la incidencia más significativa. La construcción de paredes y cerramientos forma parte de las actividades más importantes dentro del presupuesto de obra, con un rango de entre el 13 y el 15% aproximadamente, junto con el enlucido y contrapiso, que rondan el 10%. La cubierta depende de los materiales específicos que se utilicen, con proyecciones que oscilan entre el 5 y el 10%, mientras que el 5% corresponde a carpintería metálica. Las instalaciones eléctricas se estiman en un 6%, mientras que las instalaciones sanitarias se aproximan al 5%. (Vera Mancini, 2021)

Estos porcentajes sirven como estimaciones y pueden variar dependiendo del tipo de construcción, el total de metro cuadrado y otras variables. Es imprescindible tener en cuenta los costos de impuestos, honorarios y las posibles desviaciones, que, de forma acumulativa, contribuyen a un gasto considerable. (Vera Mancini, 2021)

Con base al trabajo de investigación realizado por Vásquez (2017), detalla los valores porcentuales de los diferentes rubros que se debieron considerar en el presupuesto

referencial de obra de una vivienda convencional. Para el presente estudio, se tomaron como ejemplo los resultados obtenidos de una unidad habitacional tradicional de dos pisos de aproximadamente 170.00 m2, dirigida al estrato socioeconómico C+.

En la tabla 4 se detallan los rubros generales con sus respectivas ponderaciones.

Tabla 4. Resumen de presupuesto general de obra

VIVIENDA CONVENCIONAL C+				
RUBROS	PRECIO GLOBAL	PORCENTAJES		
Obras preliminares	\$658.83	0.69%		
Cimentacion	\$5,326.38	5.88%		
Estructura de hormigón armado	\$22,935.80	26.13%		
Mampostería, enlucidos y contrapisos	\$21,910.33	23.42%		
Instalaciones hidrosanitarias	\$2,793.68	3.33%		
Instalaciones electricas	\$1,678.89	1.44%		
Carpintería de madera	\$7,285.92	7.83%		
Cubierta	\$11,539.46	12.36%		
Aluminio y vidrio	\$821.05	0.93%		
Exteriores	\$2,240.03	2.55%		
Obras finales	\$486.24	0.50%		
Total	\$77,676.61	85.06%		
Área de construcción (m2)	171.21 m2			
Costo de construcción (USD/m2)	\$453.69			

Nota: Los valores del presupuesto solo incluyen los costos directos de obra.

Elaborado con información tomada de *Definir el costo referencial de construcción por metro cuadrado de vivienda unifamiliar sustentable en la ciudad de Cuenca*, <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-

Con base a los resultados mostrados en la tabla anterior, se puede evidenciar que los rubros que representan el mayor porcentaje dentro del presupuesto de obra son: estructura de hormigón armado con el 26.13%, seguido de mampostería, enlucidos y contrapisos con el 23.42%.

El presente proyecto de investigación se ha basado en el análisis de costos de mampostería en viviendas unifamiliares, por tal motivo, se realizó el desglose del ítem "Mampostería, enlucidos y contrapisos" expuesto anteriormente. A continuación, se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Desglose de rubro Mampostería, enlucidos y contrapisos

VIVIENDA CONVENCIONAL C+				
RUBROS	PRECIO GLOBAL	PORCENTAJES		
MAMPOSTERIA Y ENLUCIDOS	\$15,647.87	17.84%		
CONTRAPISOS	\$6,262.46	5.59%		
Total	\$21,910.33	23.43%		

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Definir el costo referencial de construcción por metro cuadrado de vivienda unifamiliar sustentable en la ciudad de Cuenca*, <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-quayaquil-ecuador.html#/30-soporte-

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores proyectados, la mampostería y enlucidos es el segundo rubro que mayor porcentaje representa en la construcción de una edificación.

A partir de dicha premisa, se pretende analizar la construcción de paredes empleando el sistema constructivo convencional (bloques de hormigón) y los paneles prefabricados de caña guadúa, con la finalidad de estudiar la variación de costos en cada uno de ellos.

# 2.10. Los elementos prefabricados como una alternativa en la construcción modular.

El uso de paneles prefabricados en la construcción de una edificación permite la creación de una arquitectura modular y por consiguiente un control más eficiente en costos y tiempos.

#### 2.10.1. Definición de construcción modular

La construcción modular se puede conceptualizar como una fusión entre los sectores de la construcción y la fabricación. Este enfoque implica la elaboración de componentes de construcción en una fábrica controlada, que posteriormente se transportan al sitio designado para su ensamblaje final, integrando así las metodologías de ambos sectores para mejorar la eficiencia en el proceso de construcción. (Modular Building Institute, 2024).

Es un sistema constructivo basado en la fabricación mecanizada de componentes y subsistemas desarrollados sistemáticamente que, tras una fase de ensamblaje, constituyen la totalidad o una parte de la obra. En un edificio prefabricado, las actividades que se llevan a cabo en el sitio de construcción se limitan al ensamblaje, más que a la elaboración exhaustiva. (Escrig Pérez, 2010).

La construcción modular es aplicable a las residencias unifamiliares, las viviendas multifamiliares, los establecimientos comerciales o las instalaciones industriales. (Modular Building Institute, 2024).

La presente investigación se basa en el uso de paneles prefabricados como sistema constructivo en paredes, por lo tanto, es importante mencionar que dicho sistema de paneles, pueden ser empleados en las construcciones modulares, debido que, su proceso de fabricación es industrializado.

Según Novas (2010):

El sistema de paneles ha tenido mucho auge en zonas residenciales con gran crecimiento y acceso limitado ya que los periodos de construcción son cortos, hay poca necesidad de mano de obra tradicional calificada y el transporte de los materiales es mínimo. (p. 15). En la figura 32 se muestran los paneles prefabricados.

Figura 32. Paneles prefabricados



**Nota:** Tomado de *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*, <a href="https://oa.upm.es/4514/1/TESIS\_MASTER\_JOEL\_NOVAS\_CABRERA.pdf">https://oa.upm.es/4514/1/TESIS\_MASTER\_JOEL\_NOVAS\_CABRERA.pdf</a>

#### 2.10.2. Beneficios de construir con paneles prefabricados

La industria de la construcción actualmente se caracteriza como la forma menos eficiente de esfuerzo productivo que existe. La metodología de producción artesanal genera consecuencias negativas, como el aumento de la frecuencia de los accidentes laborales, los entornos de trabajo deficientes, la ampliación de los tiempos de obra, el aumento de los costos por la influencia elevada de la mano de obra y los errores recurrentes durante la ejecución de los trabajos. Una alternativa a las prácticas de construcción tradicionales es la elaboración de los elementos de construcción en las plantas de fabricación, lo que comúnmente se denomina la prefabricación. (Escrig Pérez, 2010)

A continuación, se detallan algunos de los beneficios que se pueden lograr al hacer uso de los paneles prefabricados en obra.

#### 2.10.2.1. Control de calidad

La construcción prefabricada presenta una notable calidad en los materiales, acabados y procesos constructivos en comparación con los trabajos realizados "in situ". Gran parte de los elementos prefabricados son elaborados en los centros de producción, teniendo que cumplir estrictos estándares de calidad previo a ser trasladados a obra, en donde se realizará el proceso de montaje y ensamblado. (Escrig Pérez, 2010)

#### 2.10.2.2. Tiempo de ejecución

Las edificaciones compuestas por elementos prefabricados presentan tiempos más eficientes durante sus procesos constructivos. El Instituto de construcción modular (2024) plantea que los plazos de finalización de los proyectos se reducen en un margen entre el 20% y el 50%. Esta eficiencia se puede atribuir a la ejecución simultánea de los componentes prefabricados junto con las actividades in situ, lo que permite que los proyectos finalicen de manera más rápida en comparación con los métodos de construcción convencionales. Cabe destacar que entre el 60% y el 90% del proceso de construcción modular es desarrollado en fábricas, lo que reduce la probabilidad de retrasos asociados a las condiciones climáticas. En consecuencia, los edificios pueden ser ocupados antes, lo que genera un retorno de la inversión acelerado. En la figura 33 se muestran los pasos a seguir en la construcción modular y tradicional.

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN MODULAR

DISEÑO
INGENIERÍA

PERMISOS Y
APROBACIONES

DESARROLLO DE SITIO/LOTE
& BASE

LINSTALAR &
RESTAURACIÓN DEL SITIO

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN PLANTA

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CONSTRUIDO

DISEÑO
PERMISOS Y
APROBACIONES

DESARROLLO DE SITIO/LOTE
EDIFICIO
SITIO
CONSTRUCCIÓN
RESTAURACIÓN

RESTAURACIÓN

Figura 33. Cronograma de actividades de construcción modular y tradicional

**Nota:** Tomado de *Principales hallazgos y mejores prácticas para proyectos modulares exitosos*, https://mbimodularbuildinginstitute.growthzoneapp.com/ap/CloudFile/Download/pGnDJN6r

#### 2.10.2.3. Reducción de costos de construcción

Con base a lo expuesto anteriormente sobre "Los tiempos de ejecución"; la construcción modular, al obtener una reducción considerable en los plazos de obra, es posible lograr ahorros económicos en los proyectos. Según Nieto (2014) menciona que dichas construcciones pueden llegar a ser un 30% más económica que la tradicional dependiendo de las características y tamaño de la obra.

Si bien es cierto, la construcción tradicional presenta una cadena de procesos constructivos que no generan productividad, pero si costos. En los países latinoamericanos los porcentajes de actividades en obra se dividen de la siguiente manera:

- √ 38%: actividades productivas
- √ 36%: actividades contributarias
- √ 26%: actividades no contributarias

De acuerdo a los porcentajes descritos, se puede mencionar que el 26% de las actividades desarrolladas en obra representan a tiempos muertos o inactivos, ya sea por falta de materiales, descansos o condiciones climáticas adversas. (Nieto Cardenas, 2014)

Al optimizar los procesos constructivos mediante elementos prefabricados, es posible reducir el porcentaje de las actividades no contributarias y aumentar la productividad en obra, lo cual permitiría disminuir los costos por horas/hombre.

Cabe mencionar que, en los análisis presupuestarios, la mano de obra representa entre el 30% al 40% del costo de un proyecto tradicional, sin embargo, en las construcciones prefabricadas se requieren de menos horas de trabajo. (Nieto Cardenas, 2014)

### 2.10.2.4. Reducción de impacto ambiental

El uso de elementos prefabricados ha contribuido considerablemente en la disminución de contaminantes ambientales. Según Modular Building Institute (2024) indica que, en proyecto de construcción recientes, "los resultados revelaron que la reducción de los

desechos de construcción es uno de los principales beneficios del uso de la prefabricación en lugar de la construcción convencional. El nivel promedio de reducción de desechos fue de alrededor del 52%." (p.18).

Asimismo, los impactos ambientales asociados con la construcción prefabricada son menores que las metodologías tradicionales de construcción in situ; las emisiones de gases de efecto invernadero disminuyen aproximadamente un 30% en las prácticas de construcción modular. (Modular Building Institute, 2024)

Además, varias investigaciones indican que el proceso de prefabricación en un centro de producción controlado tiene la capacidad de mejorar la eficiencia y el rendimiento energético, optimizando al mismo tiempo los procedimientos de cumplimiento y facilitando una mejor integración de los sistemas tecnológicos avanzados. Cuando este método se incorpora de manera efectiva, puede reducir el consumo total de energía hasta en un 50% en comparación con una construcción realizada in situ. (Modular Building Institute, 2024)

# 2.10.3. Análisis comparativo entre la construcción de vivienda prefabricada vs vivienda tradicional.

Nieto (2024) realizó un análisis presupuestario de una vivienda con soluciones prefabricadas y una unidad habitacional construida con procesos tradicionales, ambas tipologías presentaron un total de 140,00m2 de construcción (Nieto Cardenas, 2014). En la figura 34 se muestra el resumen de costos que se obtuvieron en el trabajo de investigación:

Figura 34. Cuadro de resumen de costos de vivienda prefabricada y tradicional

VIVIENDA	PRESUPUESTO SIN I.V.A.	COSTO / m <sup>2</sup>
VIVIENDA CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.	24.162,23	<b>172,58</b> \$/m <sup>2</sup>
VIVIENDA CONSTRUIDA CON PROCESOS TRADICIONALES.	25.997,80	<b>185,70</b> \$/m <sup>2</sup>

**Nota:** Tomado de *Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas,* <a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstreams/996ef0a8-3b3f-4e60-8694-01702d2f6f94/download">https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstreams/996ef0a8-3b3f-4e60-8694-01702d2f6f94/download</a>

Con base a los resultados detallados en el gráfico anterior, se evidencia una reducción económica del 7,07% y, en cuanto a la eficiencia del tiempo, se construye un 33,33% más rápido. (Nieto Cardenas, 2014)

El uso de elementos prefabricados en viviendas, puede ser una solución efectiva en proyectos urbanísticos, donde se ejecutan construcciones en serie. Los componentes de acero, junto con los sistemas constructivos modulares, demuestran mejoras tanto en la eficiencia económica como en tiempos. (Nieto Cardenas, 2014)

#### 2.11. Definición de sistema constructivo

Previo a realizar el análisis de los sistemas constructivos con paneles prefabricados, es importante definir su concepto que permita lograr un mejor entendimiento.

El término "sistema constructivo" según Carrió (2023):

Es el conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea ésta de sostén (estructura) de definición y protección de espacios habitables (cerramientos) de obtención de confort (acondicionamiento) o de expresión de imagen y aspecto (decoración). Es decir, el sistema como conjunto articulado, más que el sistema como método. (p. 1).

#### 2.11.1. Los paneles prefabricados como sistema constructivo

La implementación del sistema constructivo convencional se caracteriza en mayor parte, por la ineficiencia, debido a la excesiva dependencia de la mano de obra y una considerable improvisación, derivada de la insuficiente experiencia técnica de la fuerza laboral. En consecuencia, es recomendable optimizar las metodologías de construcción que faciliten una mayor eficiencia, orientándose hacia la adopción de

la prefabricación, una estrategia diseñada para agilizar los procesos desde la modulación hasta la ejecución del proyecto, logrando una calidad de acabado superior y con una mínima necesidad de mano de obra «in situ». (Teran Aguinaga, 2023)

Es por ese motivo que, los sistemas constructivos a base de paneles prefabricados se han convertido en una opción eficiente al momento de ser ejecutados en obra. En los presupuestos y cronogramas de proyectos constructivos se pueden lograr una reducción de costos y tiempos, debido que, al ser un sistema modular compuesto por piezas precortadas en fábrica; el montaje y la instalación in situ es mucho más rápida. Por lo tanto, los porcentajes de desperdicios de materiales son menores, se requiere menor cantidad de mano de obra y las actividades de construcción se disminuyen al ser un proceso estandarizado.

#### 2.11.2. La modulación en los paneles prefabricados

La presente investigación está basada en el análisis de los sistemas constructivos de paneles prefabricados de paredes o muros divisorios en viviendas unifamiliares, por lo que es de vital importancia mencionar la modulación estándar que propone el mercado para este tipo de elementos de construcción.

Los paneles prefabricados pueden ser elaborados de varios tipos de materiales tales como, hormigón, madera contrachapada (*plywood*), yeso, tableros OSB, caña guadúa, etc. Las dimensiones de sus módulos pueden ajustarse dependiendo del fabricante, diseño, ubicación y requerimientos específicos del proyecto; sin embargo, las medidas estandarizadas que presentan dichos paneles son de 1.22m x 2.44m (4 x 8 pies) o de 1.20m x 2.40m, con espesores desde 6mm hasta 38mm. (Sánchez González , 2016)

Las proporciones antes mencionadas se deben a (ver tabla 6):

Tabla 6. Razones por modulación de paneles prefabricados

## RAZONES POR MODULACIÓN DE PANEL PREFABRICADO

#### **RAZON**

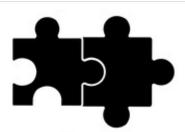
## **DESCRIPCIÓN**

#### Normativas industriales estandarizadas



Las medidas de los módulos están relacionadas con estándares establecidos en países como Estados Unidos y Canadá, donde el sistema métrico convive con el sistema imperial. El tamaño de \*4 x 8 pies\* fue adoptado como un estándar desde principios del siglo XX para facilitar la fabricación, transporte y aplicación en la construcción.

## Compatibilidad con estructuras constructivas



Las medidas de los paneles están diseñadas para ajustarse a las dimensiones comunes de la construcción, especialmente a los sistemas de marcos y soportes, donde los elementos suelen estar espaciados a \*16 o 24 pulgadas\* (40.64 cm o 60.96 cm). Esto minimiza los cortes y desperdicios.

#### Razones prácticas: Portabilidad



Los paneles de 1,22 x 2,44 metros son lo suficientemente grandes para cubrir áreas amplias y, al mismo tiempo, lo suficientemente pequeños para ser manejados por una o dos personas.

## Razones prácticas: Eficiencia en el transporte



Las dimensiones encajan bien en vehículos y contenedores de transporte estándar.

Nota: Elaborado con información tomada de *Manejo*, *almacenaje*, *instalación y recomendaciones generales*, <a href="https://www.usg.com/content/dam/USG\_Marketing\_Communications/mexico/product\_promotional\_materials/finished\_assets/manual-tecnico-usg-tablaroca-es.pdf?utm\_source=chatgpt.com">https://www.usg.com/content/dam/USG\_Marketing\_Communications/mexico/product\_promotional\_materials/finished\_assets/manual-tecnico-usg-tablaroca-es.pdf?utm\_source=chatgpt.com</a>

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, si bien no existe una regulación singular que exija específicamente las dimensiones antes mencionadas, su implementación es una reacción a los estándares delineados por la industria y a las consideraciones prácticas que mejoran su aplicación y transporte a escala global.

A continuación, en la tabla 7 se detallan algunas opciones de paneles prefabricados que ofrece el mercado con sus respectivas modulaciones y pesos:

Tabla 7. Cuadro de tipo de paneles prefabricados

TIPO DE PANELES PREFABRICADOS				
CLASE DE MURO DIVISORIO	MATERIALES EMPLEADOS	UNIDAD DE MODULACIÓN	PESO	
Muros divisorios en mampostería	Cemento, arena, ladrillo, agua, estuco	Bloque no.4 de 10x20x30	2.85 kg	
Muros divisorios en Drywall	Silicona blanca (sika flex), cinta malla, cinta papel, dilatadores de pared, lija, llana metálica, estuco, pintura tipo II	Lámina de drywall 1.22x2.44 - espesor 0.5cm	20 kg	
Muros divisorios de madera	Tornillo autoperforante de 2" a 5" Barniz Laca	Módulo de 60cm x 220cm	5.5 kg	
Paneles CLT con especies maderables (Eco- material)	Bambú, Fernán Sánchez, Balsa, Pegantes, inmunizante.	Módulo de 50cm x 50cm - espesor 4.5cm (3 capas)	5.26 kg	

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Prototipo de paneles de madera contralaminada (CLT) con especies maderables del Cantón Naranjal, <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/21931/1/T-UCSG-PRE-ARQ-CA-764.pdf">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/21931/1/T-UCSG-PRE-ARQ-CA-764.pdf</a>* 

Fuente: Elaboración propia

Se hace énfasis en los paneles de CLT con especies maderables y en los bloques de cemento, debido que, el trabajo de investigación se ha basado en el análisis comparativo del sistema constructivo tradicional (bloques de cemento) con los paneles prefabricados de caña guadua, por lo que es importante tomar en cuenta las modulaciones y pesos que presentan

cada uno de ellos en la tabla antes detallada.

Cabe mencionar que los paneles CLT, son capas de tableros cruzados de maderas residuales o sus derivados, pegados con algún tipo de material adhesivo. (Arias Zalamea, Mantilla Avalos, & Veintimilla Muñoz, 2023); Dicha técnica ha sido utilizada por la fábrica de Eco materiales de la UCSG para la elaboración de varios tipos de tableros, entre ellos se puede mencionar al panel "PlasBam", mismo que está conformado por láminas contralaminadas de caña guadua prensadas entre sí.

El tablero Plas-Bam se fabrica en dos formatos estándar: 1.22m x 2.44m y 50cm x 50cm. Para la presente investigación, nos enfocaremos en el análisis y evaluación del panel de 50cm x 50cm.

# 2.11.3. Peso apropiado que puede cargar un trabajador de obra para ser más eficiente en las actividades de los proyectos de construcción.

Otro de los factores que vale la pena analizar para la modulación de los paneles prefabricados, son las condiciones de "carga" mediante la manipulación manual, debido que, es fundamental en el desarrollo de las actividades del personal laboral en obra.

# 2.11.3.1. Pesos máximos recomendados durante la manipulación manual de la carga.

La manipulación manual abarca no solo el acto de levantar o transportar una carga, sino también cualquier esfuerzo que implique el transporte o la retención de dicha carga utilizando las manos u otras partes del cuerpo, el mantenimiento de una carga elevada, el posicionamiento, el empuje, la tracción, la reubicación e incluso el acto de transferir la carga de un individuo a otro. (Valero Caballero, Ruiz Ruiz, & Villar Fernández, 2012).

Es importante tener en cuenta algunas recomendaciones al momento de realizar una

manipulación manual de carga para evitar fatiga muscular y prevenir lesiones musculo esqueléticas (Quironprevención, 2019):

- La medida inicial consiste en evitar la manipulación manual de las cargas mediante la utilización de equipos mecánicos diseñados para tales fines, como grúas y montacargas, entre otros.
- En los casos en que la manipulación manual sea inevitable, es crucial implementar estrategias relacionadas con las características de la carga para reducir el riesgo asociado a un nivel aceptable.

En la tabla 8 se detallan los pesos máximos de las cargas dependiendo de la edad y género del personal de obra:

Tabla 8. Peso máximo de cargas manuales

PESO MAXIMO DE CARGAS MANUALES				
GÉNERO	RANGO DE EDAD	LIBRAS	KILIGRAMOS	
Varones	hasta 16 años	35 lbrs	15.73 kg	
Mujeres	hasta 18 años	20 lbrs	9.00 kg	
Varones	de 16 a 18 años	50 lbrs	22.5 kg	
Mujeres	de 18 a 21 años	25 lbrs	11.25 kg	
Mujeres	de 21 años o más	50 lbrs	22.5 kg	
Varones	de más de 18 años	75 lbrs	33.75 kg	

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo,* 

https://ewsdata.rightsindevelopment.org/files/documents/19/IADB-EC-L1219\_f25d5vw.pdf

Fuente: Elaboración propia

Con base a la tabla mostrada, es posible mencionar que, en los proyectos de construcción se debe evaluar al personal de trabajo teniendo en consideración el rango de edad y el género al que pertenece, debido que, el peso de la carga dependerá de dichos factores.

Sin embargo, en Ecuador gran parte de las obras son ejecutadas por varones mayores a 18 años, por tal motivo, el peso de la carga no debe superar los 33.75kg; de esa manera, se puedan evitar accidentes laborales y el desempeño de las actividades puede ser más eficiente.

### 2.11.3.2. Tamaño de la carga

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (1997):

Es conveniente que la anchura de la carga no supere la anchura de los hombros (60 cm aproximadamente). La profundidad de la carga no debería superar los 50 cm, aunque es recomendable que no supere los 35 cm. El riesgo se incrementará si se superan los valores en más de una dimensión y si el objeto no proporciona agarres convenientes. (p. 28) Ver figura 35.

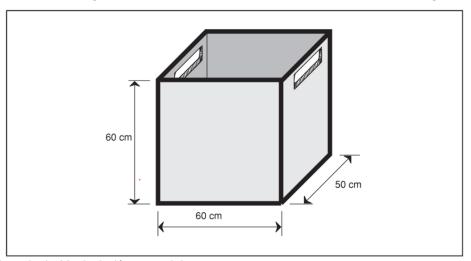


Figura 35. Tamaño máximo recomendable de una carga.

Nota: Tomado de Manipulación manual de cargas,

https://www.insst.es/documents/94886/96076/manipulacion+manual+de+cargas/d52f7502-cd7f-4e15-adf9-191307c689a9

En conclusión, el tamaño de la carga no debe ser mayor a 60cm de ancho x 60cm de largo x 50cm de profundidad, para lograr la correcta manipulación manual por parte del personal de obra.

#### 2.12. Desempeño térmico de una vivienda

El análisis del desempeño térmico de una vivienda es otro de los temas a estudiar en el presente trabajo de investigación. Este estudio es importante debido a que no sólo existe la necesidad de tener un espacio donde habitar, sino también el de lograr edificaciones que garanticen la calidad del entorno en donde se van a desarrollar los usuarios a través del confort térmico. (Curiel Sánchez, Murguía Tostado, Bojórquez Morales, & Camacho Ixta, 2021).

Actualmente el sector de la construcción utiliza sistemas constructivos tradicionales en gran parte de las edificaciones, sin tomar en cuenta las características de los materiales empleados y las variaciones climáticas del lugar de emplazamiento; lo que conlleva a tener como resultado la carencia de confort térmico y una nula habitabilidad interna. Es por ello que, el uso de aparatos de climatización es una alternativa de solución para alcanzar el bienestar térmico dentro de un bien inmueble en las ciudades que presentan altas temperaturas. Sin embargo, dicho factor trae como consecuencia el incremento de los costos y emisiones contaminantes por el consumo elevado de energía. (Curiel Sánchez, Murguía Tostado, Bojórquez Morales, & Camacho Ixta, 2021).

#### 2.12.1. Definición de desempeño térmico

Para lograr un aprovechamiento óptimo de la energía en la construcción, es fundamental comprender el concepto de desempeño térmico. Este término se refiere a la capacidad de un edificio o material para mantener una temperatura interior cómoda y eficiente en términos energéticos, reduciendo al mínimo la transferencia de calor entre el

interior y el exterior. De esta manera, se puede asegurar un ambiente interior agradable y saludable, al mismo tiempo que se minimiza el consumo de energía y se reduce el impacto ambiental, por la reducción de uso de aparatos de climatización. (Steelframly, 2022)

La eficiencia térmica en un edificio se puede determinar mediante dos aspectos; ambiente interior satisfactorio y un mínimo consumo de energía. No obstante, es necesario analizar las variables externas e internas. Entre los factores externos, se deben considerar las condiciones climáticas que prevalecen en la localidad urbana, además de los parámetros geográficos como la latitud, altitud, temperatura, humedad relativa del aire, comportamiento del viento y niveles de radiación solar. Asimismo, las características del entorno térmico interior son influenciadas por las soluciones arquitectónicas, tales como, la selección de los materiales, métodos de construcción empleados y la calidad de los acabados aplicados. (Curiel Sánchez, Murguía Tostado, Bojórquez Morales, & Camacho Ixta, 2021).

#### 2.12.2. Conductividad térmica de materiales

En cuanto al análisis térmico del ambiente interno, se destacan dos variables de gran importancia; los materiales y el sistema constructivo empleado. Para ello, es importante conocer las especificaciones de los materiales incluyendo la conductividad térmica de los mismos. Cabe mencionar que, la conductividad térmica es un parámetro que determina la cantidad de calor que se transfiere por conducción, el cual presenta un impacto directo en el consumo de energía de un edificio. La efectividad de un aislante térmico depende de su conductividad térmica y su capacidad para mantener sus propiedades térmicas durante un periodo prolongado. (Curiel Sánchez, Murguía Tostado, Bojórquez Morales, & Camacho Ixta, 2021).

El objetivo de la presente investigación es poder analizar el desempeño térmico de una vivienda empleando el sistema constructivo tradicional (bloques de cemento) y el sistema constructivo de paneles prefabricados de caña guadua en paredes (envolvente de la unidad habitacional) con la finalidad de lograr el confort térmico, reduciendo el uso de

aparatos de climatización y el impacto que tendría en los costos energéticos.

Según lo indicado por la Norma Ecuatoriana de la construcción (2018), en la tabla 9, se detalla la conductividad de los materiales en función de su espesor para el elemento de paredes:

Tabla 9. Propiedades térmicas de materiales

PROPIEDADES DE PAQUETES CONSTRUCTIVOS				
ELEMENTO PAQUETE COMPONENTE ES				CONDUCTIVIDAD (W/Mk)
	Bloque de concreto (15cm)	Enlucido exterior	1	0.5
		Bloque de concreto	15	0.62
Davadas		Enlucido interior	1	0.72
Paredes		Enlucido exterior	1	0.5
Bloque de concreto (20cm)	Bloque de concreto	20	0.62	
	(===::,	Enlucido interior	1	0.72

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Norma ecuatoriana de la construcción, Eficiencia energética en edificaciones residenciales, <a href="https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf">https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf</a>* 

Fuente: Elaboración propia

Además, en la tabla 10 se detalle la conductividad del panel PlasBam (tablero contralaminado de caña guadúa), resultados obtenidos en investigaciones realizadas en la fábrica de eco materiales de la UCSG:

Tabla 10. Propiedades térmicas de tablero de caña guadua

PROPIEDADES TERMICAS DE CAÑA GUADUA				
ELEMENTO PAQUETE COMPONENTE ESPESOR CONDUCTIVIDAD (cm) (W/Mk)				
Paredes	Panel de PlasBam	Tablero	2.5	0.09

Nota: Elaborado con información tomada de *Diseño y construcción de un Arquetipo sostenible de vivienda interés social para habitantes de Monte Sinaí*, <a href="https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital</a>

Fuente: Elaboración propia

Con base a las tablas mostradas, se evidencia que el panel PlasBam de caña guadúa presenta una menor conductividad que los bloques de concreto, por lo tanto, la transferencia de calor será mayor en el material convencional.

Sin embargo, en el proceso de estudio del caso, se podrá determinar si es necesario incluir el uso de aislantes térmicos en el sistema constructivo y las posibles afectaciones térmicas y económicas que implicaría.

### 2.12.3. Confort térmico

El confort térmico se puede definir como la condición mental que presenta una persona cuando experimenta satisfacción con el ambiente, mismo que va a depender de muchos factores, tales como, las condiciones climáticas del lugar, sensaciones físicas y psicológicas que estará condicionado por cada usuario. El confort térmico establece el punto de referencia de las temperaturas óptimas en el interior de una vivienda para satisfacer dicha demanda. (Hechavarría Hernández & Forero, 2019).

Según Da Casa Martín, Celis D'amico y Echeverría Valiente (2019):

La carta psicrométrica de Givoni delimita la zona de bienestar, y su aplicación es muy adecuada en climas cálidos de las regiones áridas. Este método tiene en cuenta las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior y recomienda el bienestar en el interior de las edificaciones. (p.3) En la figura 36 se muestra carta psicrométrica de Givoni.

RELATIVE HUMIDITY (%) 1 COMFORT ZONE 2 COMFORT ZONE PERMISSIBLE 4 PASSIVE SOLAR HEATING 5 ACTIVE SOLAR HEATING HUMIDIFICATION 7 CONVENTIONAL HEATING 13 9 COOLING HIGH THERMAL MASS 10 EVAPORATIVE COOLING RELATIVE HUMIDITY (%) 20 13 AIR CONDITIONED 14 CONVENTIONAL DRY 0 11 40 45 5 10 15 20 25 30 DRY BULB TEMPERATURE (°C)

Figura 36. Carta psicrométrica de Givoni

**Nota:** Tomado de *Carta psicométrica Givoni*, <a href="https://es.slideshare.net/slideshow/carta-psicometrica-givonipdf/254022233">https://es.slideshare.net/slideshow/carta-psicometrica-givonipdf/254022233</a>

En Guayaquil, la temperatura óptima de confort se registra en 26,4°C, con límites designados que van desde un máximo de 28,9°C hasta un mínimo de 23°C, que son parámetros esenciales para el diseño arquitectónico bioclimático. (Hechavarría Hernández & Forero, 2019). En la figura 37 se muestra la carta psicrométrica de Guayaquil.

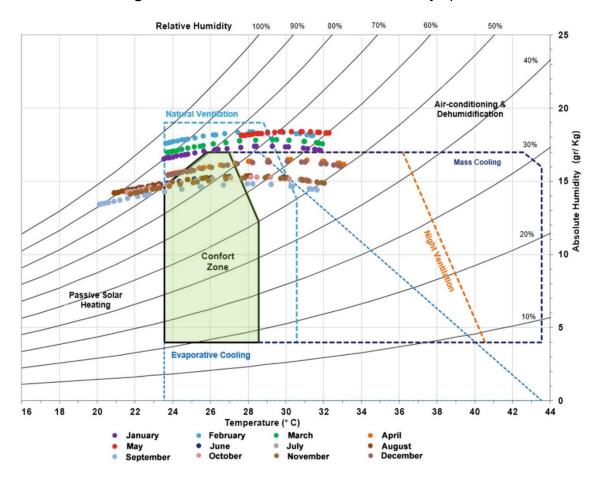


Figura 37. Carta Psicrométrica de Givoni - Guayaquil / Ecuador

**Nota:** Tomado de *Enfoque de diseño bioclimático para viviendas de bajos ingresos en Monte Sinahí, Guayaquil,* <a href="https://www.researchgate.net/publication/337911238">https://www.researchgate.net/publication/337911238</a>

#### 3. Desarrollo

3.1. Análisis comparativo entre los paneles prefabricados de caña guadúa y bloques de cemento.

La presente investigación se ha basado en el análisis comparativo del sistema tradicional (bloques de cemento) vs el sistema de paneles de caña guadúa empleado en la ejecución de paredes. El análisis comparativo se basó en tres aspectos específicos:

- ✓ Análisis de costos
- ✓ Análisis de tiempos
- ✓ Análisis de desempeño térmico

En el caso del sistema tradicional (paredes de bloques de cemento), los datos de costos y rendimientos de materiales, costos y rendimiento de mano de obra fueron obtenidos de la siguiente manera:

- ✓ Costos de materiales: los costos se obtuvieron de la revista de la Cámara de la Construcción
- ✓ Rendimientos de materiales: se obtuvieron de la página de insucons
- ✓ Costos de mano de obra: se obtuvieron de la revista de la CAMICON publicada en enero 2025
- ✓ Rendimientos de mano de obra: se obtuvieron de la página de insucons Cabe mencionar que, dichos datos fueron de gran utilidad para la elaboración de los APUS, presupuesto y cronograma de obra.

No obstante, en el caso del sistema de paneles prefabricados de caña guadúa, el proceso fue distinto, debido que, se tomaron los datos del proceso de fabricación (tiempo y costo) del tablero prensado de caña guadúa y a partir de dicha información existente, se procedió a diseñar el panel prefabricado de caña guadúa.

A continuación, se detallará el proceso de diseño del panel prefabricado de caña guadúa para ser utilizado en paredes.

## 3.2. Diseño de panel prefabricado de caña guadúa.

Previo a detallar el panel prefabricado, es importante mencionar las características del tablero prensado de caña guadúa que se fabrica en la planta de Ecomateriales. En la figura 38 se muestra el tablero:

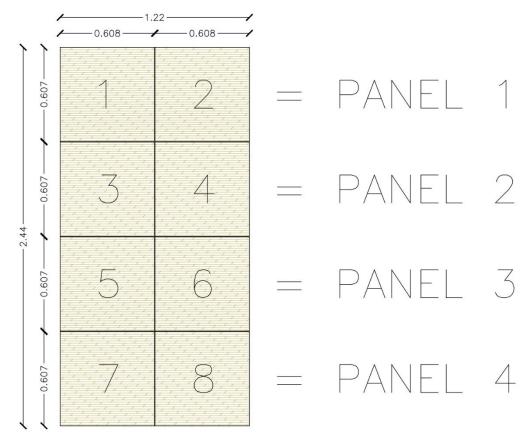


Figura 38. División de tablero de caña guadúa

Nota: Elaboración propia

## 3.2.1. Características físicas del tablero

- ✓ El tablero es fabricado en formato estándar de 1.22m x 2.44m.
- ✓ El tablero está conformado por dos capas entrelazadas y prensadas de caña guadúa obteniendo un espesor de 1.5cm.

- ✓ El tablero presenta un tiempo de fabricación de 3 horas aproximadamente.
- ✓ Debido al formato que presenta, se ha establecido trabajar con modulaciones de 60.7cm x 60.8cm para aprovechar al máximo el tablero; es importante mencionar que, durante el proceso de corte, la máquina provoca un desgaste de 4mm en los cantos del tablero.
- ✓ Asimismo, se decidió trabajar con módulos de 60.7cm x 60.8cm para el panel, de tal manera, que sea fácil de transportar por el personal de obra, de acuerdo a lo mencionado en el capítulo 2.11.3.2. referente al tamaño de la carga.
- ✓ De un tablero de caña guadúa se pueden obtener 8 módulos, lo cual representa 4 paneles prefabricados.

## 3.2.2. Costo de fabricación del tablero prensado de caña guadúa

El Arq. Robinson Vega junto con la Ing. Cristy Lozada Aspiazu realizaron un análisis de costo unitario del tablero prensado de caña guadúa (Plasbam), por lo que se obtuvieron los siguientes datos (Ver tabla 11 y tabla 12):

Tabla 11. Cálculo de precio unitario por fabricación de 69 tableros de caña guadúa

FABRICACIÓN DE TABLERO PLASBAM		
COSTO DE TABLERO DE CAÑA GUADUA		
DATOS GENERALES		
Producción de tablero por mes: 69.00		
No. Operarios: 200		
Dimension de tablero fabricado:	1.22mx 2.44m	
Área de tablero fabricado: 2.98 m2		

<u> </u>					
COSTOS DIRECTOS					
MATERIA PRIMA					
COSTO UNIT	CANTIDAD	COSTO TOTAL UNIT USADO POR MP DE TABLERO	TRANSPORTE POR UNIT	COSTO TOTAL TRANSPORTE USADO POR MP DE TABLERO	TOTAL
\$8.56	4.50	\$38.52	\$0.55	\$2.48	\$41.00
\$150.00	0.012	\$1.80	\$4.25	\$0.05	\$1.85
\$75.04	0.024	\$1.80	\$0.00	\$0.00	\$1.80
TOTAL MATERIA PRIMA POR UNIDAD DE TABLERO \$44.65					\$44.65
TOTAL MATERIA PRIMA					\$3,080.57
MANO DE CIBRA					
DESCRIPCION			SUELDO	VENSUAL	
Operario #1 (incluye sueldo y beneficios)			\$500.00		
Operario #2 (induye sueldo y beneficios)			\$500	0.00	
TOTAL MANO DE CBRA POR 69 TABLEROS AL MES			\$1,00	0.00	
	\$8.56 \$150.00 \$75.04 TOTAL M	\$8.56 4.50 \$150.00 0.012 \$75.04 0.024 TOTAL MATERIA PRIMA	COSTO UNIT CANTIDAD COSTO TOTAL UNIT USADO POR MP DE TABLERO  \$8.56	COSTO UNIT   CANTIDAD   COSTO TOTAL UNIT USADO   POR MIP DE TABLERO   POR UNIT	COSTO UNIT   CANTIDAD   COSTO TOTAL UNIT USADO   POR MP DE TABLERO   POR UNIT   USADO POR MP DE TABLERO   S8.56   4.50   \$38.52   \$0.55   \$2.48   \$150.00   0.012   \$1.80   \$4.25   \$0.05   \$75.04   0.024   \$1.80   \$0.00   \$0.00   \$0.00   \$1.80   \$0.00   \$0.00   \$1.80   \$1.80   \$0.00   \$0.00   \$1.80

COSTOS INDIRECTOS		

GASTOS ADMINISTRATIVOS				
DESCRIPCION	COSTO			
Sueldos y beneficios (secretario y contador)	\$0.00			
Alquiler establecimiento (induye pago agua)	\$1,256.36			
Material de oficina	\$50.00			
Depreciación equipos oficina a 20 años	\$1.13			
Impuest os municipal es	\$70.83			
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS POR MES	\$1,378.32			
COSTO TOTAL	\$6,653.88			
No. DE TABLEROS FABRICADOS	69.00			
COSTO TOTAL POR TABLERO	\$96.43			
PORCENTAJE DE MARGEN DE GANANCIA	30%			
PRECIO TOTAL (INCLUYE GANANCIA)	\$125.36			
PREGIO POR M2 DE TABLERO	\$42.11			

Nota: Elaborado con información tomada de Análisis realizado por Arq. Robinson Vega e Ing. Cristy Lozada

Fuente: Elaboración propia

Como primera opción, el precio por fabricación de 69 tableros de caña guadúa es de \$125.36 considerando un 30% de margen de ganancia.

Se detalla a continuación el segundo cálculo, considerando el doble de la producción anterior:

Tabla 12. Cálculo de precio unitario por fabricación de 138 tableros de caña guadúa

FABRICACIÓN DE TABLERO PLASBAM		
COSTO DE TABLERO DE CAÑA GUADUA		
DATOS GENERALES		
Producción de tablero por mes: 138.00		
No. Operarios:	4.00	
Dimension de tablero fabricado:	1 <i>22</i> mx 2.44m	
Área de tablero fabricado:	2.98 m2	

COSTOS DIRECTOS										
Materia prima										
DESCRIPCION	COSTO UNIT	CANTIDAD	COSTO TOTAL UNIT USADO POR MP DE TABLERO	TRANSPORTE POR UNIT	COSTO TOTAL TRANSPORTE USADO POR MP DE TABLERO	TOTAL				
Caña (4 latones de 2,5m)	\$8.56	4.50	\$38.52	\$0.55	\$2.48	\$41.00				
Resina UF-1312 (saco de 25kg)	\$150.00	0.012	\$1.80	\$4.25	\$0.05	\$1.85				
Resina P.V.A- 0500 (saco de 25kg)	\$75.04	0.024	\$1.80	\$0.00	\$0.00	\$1.80				
	TOTAL N	/ATERIA PRIM	A POR UNIDAD DE TABLERO			\$44.65				
	TOTAL M	ateria prima	POR 138 TABLEROS AL MES			\$6,161.15				
			MANO DE OBRA							
DESCRIPCION				SUELDO	VENSUAL					
Operario #1 (incluye sueldo y beneficios)				\$500	0.00					
Operario #2 (incluye sueldo y beneficios)				\$500	0.00					
Ayudante #1 (incluye sueldo y beneficios)				\$450	0.00					
Ayudante #2 (induye sueldo y beneficios)				\$450	0.00					
TOTAL MANO DE CBRA POR 69	TABLEROS AL M	ES		\$1,90	0.00					
		C	OSTOS INDIRECTOS							
DESCRIPCION				008	STO					
Materia prima indirecta			\$0.00							
Mano de obra indirecta			\$0.00							
Sueldo y beneficios de Supervisor			\$500							
Sueldos y beneficios laboratorista y control			\$0.							
Servicio eléctrico para maquinarias (diesel)			\$210.11							
Servicio eléctrico para maquinarias (energía e	eléctrica base)		\$315.43							
Depreciación maquinaria a 15 y 25 años	,		\$45.76							
Mant enimient o y reparación maquinaria			\$250.00							
TOTAL COSTOS INDIRECTO	OS POR MES		\$1,321.30							
		GAS	TOS ADMINISTRATIVOS							
DESCRIPCION			совто							
Sueldos y beneficios (secretario y contador)			\$0.00							
Alquiller establecimiento (incluye pago agua)			\$1,256.36							
Material de oficina			\$50.00							
Depreciación equipos oficina a 20 años			\$1.13							
Impuestos municipales			\$70.83							
TOTAL GASTOS ADMINISTRA	TIVOS POR MES			\$1,37	8.32					
COSTO TOTAL			\$10,760.77							
No. DE TABLEROS FAE	RICADOS		138.00							
COSTO TOTAL POR T	ABLERO		\$77.98							
PORCENTAJE DE MARGEN I	DE GANANCIA			30	%					
PREGO TOTAL (INCLUYE	GANANCIA)		\$101.37							
PREGIO POR M2 DE T	ABLERO			\$34	.05					

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Análisis realizado por Arq. Robinson Vega e Ing. Cristy Lozada* **Fuente:** Elaboración propia

Como segunda opción, el precio por fabricación de 138 tableros de caña guadúa es de \$101.37 considerando un 30% de margen de ganancia.

Por lo tanto, al realizar una producción masiva o a nivel industrial de los tableros prensados de caña guadúa, es probable que se puede obtener una reducción en el precio de los mismos.

Para el análisis de precio unitario del panel prefabricado de caña guadúa se ha utilizado el precio de fabricación de 138 tableros, es decir de \$101.37; dicho valor se debe dividir para 8 tableros de 60.8cm x 60.7cm (módulos de tableros utilizados en los paneles), por lo tanto, el precio por cada módulo de tablero será de \$12.67.

## 3.2.3. Panel prefabricado de caña guadúa

El panel prefabricado de caña guadúa estará conformado por:

#### ✓ Materiales:

- 2 tableros prensados de caña guadúa de dos capas, con una dimensión de 60.8cmx60.7cm y con espesor de 1.5cm
- Listones de laurel prieto de 7cm x 5cm
- Tornillos avellanados de 3.5mm x 50mm para anclaje de tablero a listones de madera
- Laca transparente brillante
- Sellador para madera
- Lija de agua
- Compresor
- Rollo de plástico

#### ✓ Mano de obra:

- 1 Operador para cortar el tablero
- 1 Carpintero para armar y laquear los paneles prefabricados
- 2 Ayudantes

#### 3.2.3.1. Listones de madera

En cuanto a los materiales que conforman el panel prefabricado de caña guadúa, para la estructura interna del panel, se ha escogido listón de laurel prieto de 7cm x 5cm aproximadamente, debido que, de acuerdo a lo que indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre las Estructuras de guadúa (2016), en la sección 5.8.3.2, referente a paneles con estructura de madera, se deben utilizar listones de madera tipo A o B.

No obstante, con base a lo que indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre las Estructuras de Madera (2014), en la sección 5.3.1, referente a la Clasificación estructural de las maderas por densidad básica, se detalla lo siguiente (Ver tabla 13):

Tabla 13. Clasificación de la madera por densidad básica

CLASIFICACION DE MADERAS SEGÚN DENSIDAD BÁSICA									
TIPO	DENSIDAD BASICA (gr/cm3)								
TIFO	MINIMA	MAXIMA							
Α	0.71	0.90							
В	0.56	0.70							
С	0.40	0.55							

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Norma Ecuatoriana de la construcción / Estructuras de madera*, <a href="https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/11.-NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf">https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/11.-NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf</a>

Fuente: Elaboración propia

Las maderas tipo A y B, presentan una densidad básica que va desde 0.90 gr/cm3 hasta 0.56 gr/cm3.

Por tal motivo, de acuerdo con el Manual de Diseño para maderas del grupo Andino (1984), se han filtrado los tipos de madera A y B pertenecientes a Ecuador, dicha información

se obtuvo de la Lista de especies estudiadas en el PADT – REFORT. Ver tabla 14.

Tabla 14. Tipos de madera en Ecuador

LISTA DE MADERA EN ECUADOR							
NOMBRE COMÚN	DENSIDAD BÁSICA (gr/cm3)	TIPO					
MORAL FINO	0.71	Α					
CAIMITILLO	0.74	Α					
MASCAREY	0.59	В					
CHANUL	0.66	В					
GUAYACÁN PECHICHE	0.76	Α					
CHIMI	0.62	В					
LAUREL PRIETO	0.65	В					

**Nota:** Elaborado con información tomada de *Manual de Diseño para maderas del grupo andino,* <a href="https://construccionesuce.wordpress.com/2022/01/05/manual-de-diseno-para-maderas-del-grupo-andino/">https://construccionesuce.wordpress.com/2022/01/05/manual-de-diseno-para-maderas-del-grupo-andino/</a>

Fuente: Elaboración propia

Con base a los datos mostrados en la tabla 14, se ha decido trabajar con Laurel Prieto (tipo B), con densidad de 0.65gr/cm3, debido que, es más factible económicamente y es fácil de conseguir en el mercado.

## 3.2.3.2. Tornillos para anclaje de tablero a estructura de madera

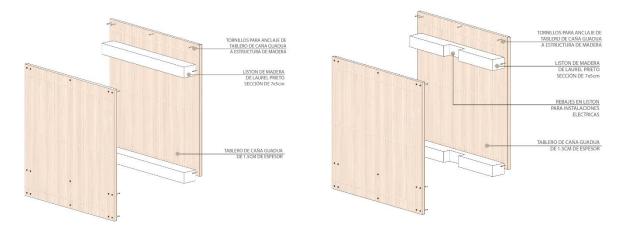
Con base a lo que indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre las Estructuras de guadúa (2016), en la sección 5.8.3.4.4, referente a recubrimientos con tableros prensados de Bambú, el anclaje se deberá realizar mediante tornillos avellanados para fijarse a la estructura de madera del panel. Asimismo, se recomienda utilizar tableros de 15mm mínimo de espesor para las caras exteriores del panel. (p. 76)

A partir de dicha premisa, se tomó contacto con la empresa Rothoblaas, empresa líder en soluciones de sistemas constructivos en madera, para obtener una mejor asesoría referente al tipo de anclaje que se debía implementar en los paneles, por lo que, recomendaron el uso de tornillos avellanados de 3.5mm x 50mm para la fijación de los tableros a los listones de madera que formaran parte del panel.

Una vez definidos los materiales que formarán parte del panel prefabricado de caña guadúa, se muestran imágenes axonométricas del mismo (ver figura 39 y 40).

**Figura 39.** Composición de panel prefabricado

**Figura 40.** Composición de panel prefabricado con rebajes para instalaciones



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el panel está conformado por dos tableros prensados de caña guadúa de 1.5cm de espesor, unidos mediante listones de madera de laurel prieto de 7x5cm, anclados con tornillos avellanados, con una cámara de aire de 7cm. Las dimensiones finales del panel son de 60.8cm de alto x 60.7cm de ancho x 10cm de espesor. Cabe mencionar que, los tableros presentan un desfase de 12cm entre ambos, de tal manera que se pueda traslapar un panel (módulo) con otro al momento de construir una pared.

## 3.2.3.3. Tiempo de fabricación de panel prefabricado de caña guadúa

Previo al análisis de precio unitario del panel prefabricado de caña guadúa, fue necesario realizar un análisis del tiempo de fabricación del módulo, por tal motivo, en conjunto con el Arq. Robinson Vega, se realizó un desglose de las actividades que se deben

llevar a cabo durante el proceso y una estimación del tiempo de cada una de ellas. A continuación, en la tabla 15 se detalla el cronograma:

Tabla 15. Cronograma por fabricación de panel prefabricado de caña guadúa

CRONOGRAMA POR	FAI	3RIC	CAC	ΣÓ	N D	ΕF	PAI	Æ	DE	EC	ΑÑ	A G	UA	DÚ	A										
	TIEVPO																								
ACTIVIDAD						1 H	IORA	١											1 H	ORA					
AOIIVIDAD	MNUTOS																								
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CORTE DE TABLERO PRENSADO DE PLASBAM EN 8 PARTIES IGUALES (NOTA: DE 1 TABLERO SALEN 4 PANELES)																									
PANEL #1																									
CORTE DE LISTONES DE MADERA (SE HA CONSIDERADO LISTONES CEPILLADOS Y CANTEADOS)																									
PERFORACIÓN DE TABLEROS DE CAÑA QUADÚA (PLASBAM)																									
ATORNILLADO DE LISTONES HORIZONTALES A TABLERO DE CAÑA QUADÚA (PLASBAM)																									
LAQUEADO DE PANEL PREFABRICADO DE CAÑA QUADÚA																									
PANEL #2																									
CORTE DE LISTONES DE MADERA (SE HA CONSIDERADO LISTONES CEPILLADOS Y CANTEADOS)																									
PERFORACIÓN DE TABLEROS DE CAÑA GUADÚA (PLASBAM)																									
ATORNILADO DE LISTONES HORIZONTALES A TABLERO DE CAÑA GLADÍA (PLASBAM)																									
LAQUEADO DE PANEL PREFABRICADO DE CAÑA QUADÚA																									
PANEL #3																									
CORTE DE LISTONES DE MADERA (SE HA CONSIDERADO LISTONES CEPILLADOS Y CANTEADOS)																									
PERFORACIÓN DE TABLEROS DE CAÑA GUADÚA (PLASBAM)																									
ATORNILLADO DE LISTONES HORIZONTALES A TABLERO DE CAÑA QUADÚA (PLASBAM)																									
LAQLEADO DE PANEL PREFABRICADO DE CAÑA QUADÚA																									
PANEL #4																									
CORTE DE LISTONES DE MADERA (SE HA CONSIDERADO LISTONES CEPILLADOS Y CANTEADOS)																									
PERFORACIÓN DE TABLEROS DE CAÑA GUADÚA (PLASBAM)																									
ATORNILLADO DE LISTONES HORIZONTALES A TABLERO DE CAÑA QUADÚA (PLASBAM)																									
LAQUEADO DE PANEL PREFABRICADO DE CAÑA QUADÚA																									

Fuente: Elaboración propia

Con base a la figura 40, referente a la división del tablero de caña guadúa; se observa

que, de una unidad de tablero de formato 1.22m x 2.44m, se pueden obtener 8 módulos de 60.8cm x 60.7cm, por lo tanto, se podrán fabricar 4 paneles prefabricados.

El cronograma detallado en la tabla 15, fue realizado considerando un tablero de caña guadúa. Asimismo, en cuanto a la mano de obra, para la ejecución de las actividades durante el proceso de fabricación y armado se tomó en cuenta 1 operador para cortar el tablero, 1 carpintero para armado y laqueado de paneles y 2 ayudantes.

Además, el laqueado de los paneles se realizará en fábrica, con el objetivo de tener un mayor control de calidad de los mismos y agilizar el proceso constructivo en obra.

Por tal motivo, se pudo determinar que, se pueden armar 4 paneles prefabricados en 1 hora 25 minutos y, 23 paneles en 8 horas. (Ver tabla 16).

Tabla 16. Cálculo de armado de paneles prefabricados de caña guadúa por día.

CALCULO DE ARWADO DE PANELES								
TIEVPO	No. PANELES							
1 HORA 25 MN	4.00	PANELES						
1 HORA 25 MN	4.00	PANELES						
1 HORA 25 MN	4.00	PANELES						
1 HORA 25 MN	4.00	PANELES						
1 HORA 25 MN	4.00	PANELES						
63.75 MN	3.00	PANELES						
8 HORAS	23.00	PANELES						

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que, dicho tiempo fue calculado considerando el uso de moldes metálicos para el armado rápido de los paneles y compresor para el laqueado.

## 3.2.3.4. Costo unitario por fabricación de panel prefabricado de caña guadúa

Luego de haber definido los materiales, la mano de obra y el tiempo de fabricación de los paneles prefabricados de caña guadúa, se realizó un presupuesto por el costo directo del módulo, de tal manera que, sea el punto de partida para obtener los costos en el rubro por armado de pared, utilizando el sistema constructivo con dichos paneles. (Ver tabla 17).

Tabla 17. Costo unitario por fabricación de panel prefabricado de caña guadúa

## COSTO POR FABRICACIÓN DE PANEL PREFABRICADO DE CAÑA GUADÚA

COSTOS DIRECTOS										
MATERIALES										
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT	TOTAL						
TABLERO PLASBAM DE 60.8 X 60.7cm	2.00	unidad	\$12.67	\$25.34						
LISTONES DE MADERA DE 7X5cm	1.08	ml	\$2.95	\$3.19						
TORNILLOS CABEZA AVELLANADA DE 3.5mm x 50mm	30.00	unidad	\$0.07	\$2.10						
LAQUEADO DE PANEL:										
LACA TRANSPARENTE BRILLANTE	0.009	gl	\$17.62	\$0.16						
SELLADOR PARA MADERA (VERNÍN ALTOS SÓLIDOS)	0.009	gl	\$20.79	\$0.19						
THINNER COMERCIAL (DILLYBNITE TECN THINER LACA)	0.027	gl	\$13.95	\$0.38						
LIJA DE AGJA	1.00	unidad	\$0.35	\$0.35						
COMPRESOR	0.04	dia	\$25.00	\$1.09						
ROLLO DE PLASTICO (PARA ENVOLVER LOS PANELES LAQUEADOS)	0.02	gl	\$6.00	\$0.12						
	TOTAL		·							

MANO DE OBRA										
DESCRIPCION	RIPCION CANTIDAD (A) JORNAL/ HORA (B) RENDIMENTO (R)									
Operador #1: Corta tablero	1.00	\$4.75	1.00	\$4.75						
Operador #2: Carpintero (Armar y Iaquear)	1.00	\$4.28	1.00	\$4.28						
Operador #3: Ayudantes	2.00	\$4.23	1.00	\$8.46						
TOTAL I	VANO DE OBRA	POR HORA		\$17.49						
TOTAL M	ANO DE OBRA	POR JORNAL		\$139.92						
No.	No. PANELES POR JORNAL									
TOTAL N	\$6.08									
TOTAL COSTO DE PANEL POF	\$38.99									

Fuente: Elaboración propia

El costo unitario total del panel prefabricado de caña guadúa de 60.8cm de alto x 60.7cm de ancho x 10cm de espesor es de **\$38.99**.

## 3.3. Análisis comparativo en armado de paredes

El rubro de armado de paredes en la construcción de una edificación es considerado como un factor determinante en una obra, tanto en tiempo de ejecución como en costos, siendo el rubro que representa el 25% del costo total de un presupuesto de construcción aproximadamente, dependiendo del sistema constructivo que se haya empleado.

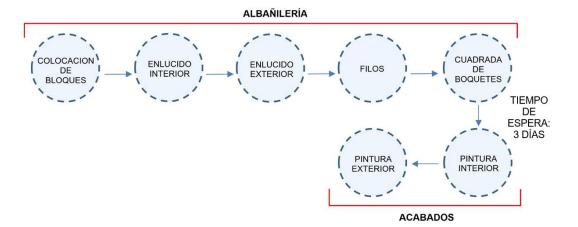
Luego de haber definido el diseño del panel prefabricado de caña guadúa; la presente investigación, se ha basado en el análisis de dos sistemas constructivos a ser empleados en el armado de paredes de una vivienda; el sistema convencional con bloques de cemento y el sistema con paneles prefabricados de caña guadúa.

## 3.3.1. Sistema constructivo tradicional (bloques de cemento)

El análisis de armado de paredes con el sistema constructivo convencional incluye las siguientes actividades básicas:



Sin embargo, si se considera un boquete para ventanas o puertas, las actividades a considerar en el proceso constructivo serían las siguientes:



Para el análisis económico del armado de pared con el sistema convencional, fue necesario realizar un análisis de precios unitarios (APUS), de cada uno de los rubros a intervenir en el proceso respectivo. En la tabla 18 se muestra un resumen de precios unitarios de los rubros:

Tabla 18. Resumen de precios unitarios para armado de paredes con sistema tradicional

RESUMEN DE PRECIOS UNITARIOS PARA PAREDES (SISTEMA TRADICIONAL)									
$\infty$	DETALLE UNIDAD PREC								
4.0	ALBAÑLERÍA								
4.1	Paredes								
4.1.1	Pared de bloque 7x19x39	m2	\$13.68						
4.1.2	Enlucido interior	m2	\$11.50						
4.1.3	Enlucido exterior	m2	\$11.62						
4.1.4	Filos	ml	\$8.03						
4.1.5	Quadrada de boquetes e = 10	ml	\$11.62						
5.0	ACABADOS								
5.1	Pintura de paredes								
5.1.1	Pintura de pared interior (Induye empaste)	m2	\$9.84						
5.1.2	Pintura de pared exterior (incluye sellada) y 1 mano de pintura elastomérica	m2	\$10.35						

Fuente: Elaboración propia

El detalle de los APUS se muestra en los anexos.

En suma, a lo anterior, en la tabla 19 se muestra un resumen de los rendimientos de mano de obra en los rubros para el armado de pared que se utilizaron en los análisis de precios unitarios. Cabe mencionar que, dichos rendimientos fueron tomados de una base de datos de Ponce3.

Tabla 19. Rendimiento de mano de obra para armado de pared con sistema tradicional

RENDIMENTO DE PERSONAL (SISTEMA CONVENCIONAL)							
CUADRILLA	RUBRO	RENDIMENTO					
	Pared de bloque de 7x19x39	15.00 m2					
	Enluddo interior	15.50 m2					
1 maestro, 1 albañil, 2 ayudantes	Enlucido exterior	15.50 m2					
	Filos	14.50 m2					
	Cuadrada de boquetes	12.50 m2					
1 maestro, 1 pintor, 2 ayudantes	Pintura de pared interior	16.00 m2					
i maestro, i pintor, 2 ayuuantes	Pintura de pared exterior	16.00 m2					

Fuente: Elaboración propia

## 3.3.1.1. Análisis de costos en armado de una pared

Una vez obtenido los precios unitarios de cada una de las actividades que forman parte del armado de una pared mediante el sistema convencional, se ha realizado un presupuesto referencial por la construcción de una pared de 6,90m2, considerando únicamente dichos rubros. (Ver tabla 20).

**Tabla 20.** Presupuesto referencial por armado de pared mediante sistema convencional

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE PARED (SISTEMA TRADICIONAL)									
COnstrucción de pared de 6,90 m2									
œ	DETALLE	DETALLE UNDAD CANTIDAD PRECIO UNIT							
4.0 ALBAÑLERÍA									
4.1	Paredes				\$253.90				
4.1.1	Pared de bloque 7x19x39	m2	6.90	\$13.68	\$94.36				
4.1.2	Enlucido interior	m2	6.90	\$11.50	\$79.34				
4.1.3	Enlucido exterior	m2	6.90	\$11.62	\$80.20				
4.1.4	Filos	mi	-	\$8.03	\$0.00				
4.1.5	Quadrada de boquetes e = 10	ml	-	\$11.62	\$0.00				
5.0	ACAB	ADOS			\$139.32				
5.1	Pintura de paredes				\$139.32				
5.1.1	Pintura de pared interior (Induye empaste)	m2	6.90	\$9.84	\$67.90				
5.1.2	Pintura de pared exterior (induye sellada) y 1 mano de pintura elastomérica	m2	6.90	\$10.35	\$71.41				
COSTO DIRECTO DE CERA									

Fuente: Elaboración propia

El costo total por construcción de una pared de 6,90m2 mediante el sistema convencional es de **\$393.22**.

# 3.3.1.2. Análisis de tiempo en armado de una pared

Asimismo, se realizó un análisis de tiempo del proceso constructivo en el armado de una pared de 6,90m2 empleando el sistema convencional. En la tabla 31 se muestra un cronograma con las actividades que conforman dicho rubro. (Ver tabla 21).

Tabla 21. Cronograma de actividades en el armado de una pared

	1											TIEMPO											
ACTIVIDAD	DIA 1					DIA 2			DIA 6														
ACTIVIDAD				н	RA.							но	RA				HORA						
	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR	1 HR
COLODADÓN DE BLOOLES DE 7x19x39																							
TIEWPO DE ESPERA																							
ENLUCIDO INTERIOR																							
BNLUODO EXTERIOR																							
TIEMPO DE ESPERA (PARA EMPEZAR A SELLAR Y PINTAR SE DEBE ESPERAR MINIMO 3 DIAS)																							
PINTURA INTERIOR																							
PINTURA EXTERIOR																							

Fuente: Elaboración propia

Además, se elaboró un cuadro de resumen de las actividades que forman parte del armado de pared con sus respectivos tiempos empleando el sistema constructivo tradicional. (Ver tabla 22).

Tabla 22. Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared

	RESUMEN DE PROCESO POR ARWADO DE PARED DE BLOQUE DE CEVENTO DE 6,90m2					
No.	RUBRO	MNUTOS	HORAS			
1	COL.COAOÓN DE BLOQLES DE 7x19x39	220.80 min	3.68 horas			
	TIEMPO DE ESPERA	259.20 min	4.32 horas			
2	ENLUCIDO INTERIOR	213.68 min	3.56 horas			
3	ENLUCIDO EXTERIOR	213.68 min	3.56 horas			
	TIEMPO DE ESPERA	1492.65 min	24.88 horas			
4	PINTURA INTERIOR	207.00 min	3.45 horas			
5	PINTURA EXTERIOR	207.00 min	3.45 horas			
	TOTAL	2814.00 min	46.90 horas			
	TOTAL DIAS (PARED CONVENCIONAL)	5.86 días				
	TOTAL DIAS (PARED CONVENCIONAL)	5 DIAS, 6 HORAS, 54 MIN				

Es importante mencionar que, después de enlucir la pared, se debe tomar en cuenta un tiempo de espera de mínimo 3 días por el tiempo de secado del cemento. Por lo que, tanto en el cronograma como en el cuadro de resumen, se ha tomado en consideración lo antes descrito; es por ese motivo que, el tiempo estimado para el armado de una pared de bloque de 6,90m2 es de <u>5 días, 6 horas, 54 minutos</u> aproximadamente. (Tiempo sin considerar boquetes de puertas y ventanas).

Asimismo, se elaboró un cuadro de resumen de las actividades que forman parte del armado de pared + ventana con sus respectivos tiempos, empleando el sistema constructivo tradicional. (Ver tabla 23).

**Tabla 23**. Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared incluyendo boquete de ventana

	RESUMEN DE PROCESO POR PARED DE BLOQUE DE CEMENTO DE 6,90m2 CON VENT					
No.	RUBRO	MNUTOS	HORAS			
1	COLODACIÓN DE BLOQUES DE 7x19x39	172.48 min	2.87 horas			
	TIENPO DE ESPERA	307.52 min	5.13 horas			
2	ENLUCIDO INTERIOR	166.92 min	2.78 horas			
3	ENLUCIDO EXTERIOR	166.92 min	2.78 horas			
4	QUADRADA DE BOQUETES	206.98 min	3.45 horas			
5	FILOS	178.43 min	2.97 horas			
	TIEMPO DE ESPERA	1680.76 min	28.01 horas			
6	PINTURA INTERIOR	161.70 min	2.70 horas			
7	PINTURA EXTERIOR	161.70 min	2.70 horas			
	TOTAL	3203.40 min	53.39 horas			
	TOTAL DIAS (PARED CONVENCIONAL)	6.67 días				
	TOTAL DIAS (PARED CONVENCIONAL)	6 DIAS, 5 HORAS, 23 MIN				

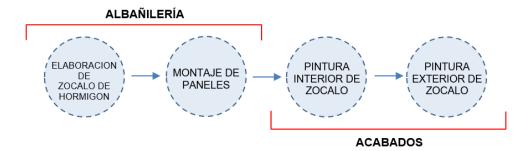
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se muestra que, se ha aumentado los rubros de cuadrada de boquetes y filos, por lo que se evidencia un incremento en el tiempo de armado de paredes en

comparación con el ejemplo mostrado en la tabla 22. El tiempo de armado de una pared de 6,90m2 + boquete de ventana es de <u>6 días, 5 horas, 23 minutos</u>, considerando el sistema constructivo tradicional.

#### 3.3.2. Sistema constructivo con paneles prefabricados de caña guadúa

El análisis de armado de paredes con sistema constructivo de paneles prefabricados de caña quadúa incluye las siguientes actividades básicas:



Sin embargo, si se considera un boquete para ventanas o puertas, las actividades a considerar en el proceso constructivo serían las siguientes:



Con base a lo que indica la NEC en el capítulo 5, sección 5.3. referente a "Protección por diseño" (2016), "Se debe construir un sobrecimiento de altura mínima de 200mm sobre el nivel del terreno para recibir todos los elementos verticales de Gak (sean columnas o muros)" (p. 50).

Adicional durante el proceso operativo de la edificación, para evitar que la humedad pueda afectar a los paneles prefabricados de caña guadua al momento de realizar el

mantenimiento y limpieza del piso, es necesario aislar dichos elementos. Por tal motivo fue indispensable incluir la construcción de un muro / zócalo de hormigón en el proceso constructivo de una pared con paneles prefabricados de caña guadúa.

Por otra parte, según la NEC en la sección 5.8.3.2. referente a "Paneles con estructura de madera" indica (2016):

- b) Las consideraciones en referencia a las medidas de los paneles son similares a las expresadas en el caso de paneles con estructura de culmos: máximo 3 metros de largo y 3 metros en su máxima altura.
- d) Los listones de división vertical estarán espaciados 400 a 600mm entre ejes.
- e) Las uniones entre listones son a tope, mediante tornillos avellanados para madera.

A partir de dicha premisa, se diseñó un módulo de pared con las siguientes características (Ver detalle de figura 41):

**DETALLE DE PARED EN PLANTA** -3.68 **1**−0.25 **1 ∠**0.25**∠** HERRAJE DE ACERO GALVANIZADO EN FORMA DE L DE 55x70x70mm 12 20 3 7 11 15 19 6 10 14 18 13 17

**DETALLE DE PARED EN SECCIÓN** 

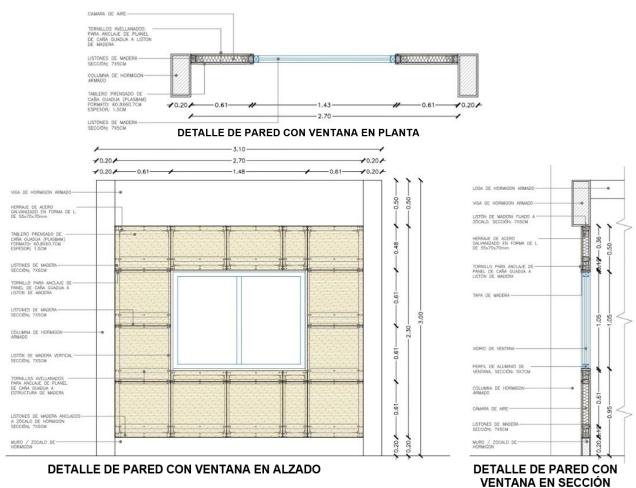
Figura 41. Detalle de pared con paneles prefabricados de caña guadúa

Fuente: Elaboración propia

**DETALLE DE PARED EN ALZADO** 

Asimismo, se muestra detalle de un módulo de pared con ventana (Ver detalle de figura 42):

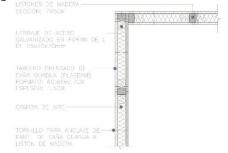
Figura 42. Detalle de pared con paneles prefabricados de caña guadúa + ventana



Fuente: Elaboración propia

Adicional, se realizó un detalle de las intersecciones de pared utilizando los paneles prefabricados de caña guadua (Ver detalle de figura 43):

Figura 43. Detalle de intersección de pared



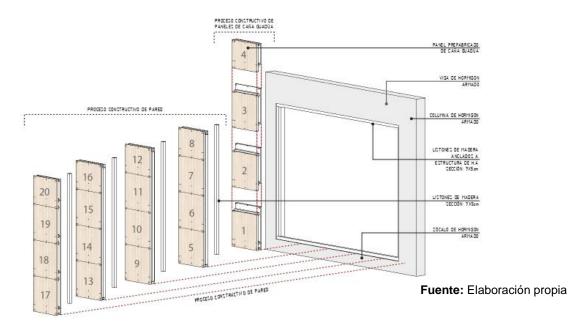
Por lo tanto, en los gráficos detallados, se puede observar que la pared con paneles prefabricados de caña guadúa presenta las siguientes características:

- ✓ Se consideró la construcción de un zócalo de hormigón de 20cm de alto para evitar el contacto directo del panel con el contrapiso.
- ✓ Se consideraron listones de madera de 7x5cm en el perímetro de la pared.
- ✓ Para la fijación de los paneles, se consideraron listones de madera verticales separados cada 61cm, debido al ancho de cada pieza.
- ✓ Se utilizaron tornillos avellanados para la fijación del panel al listón de madera.
- ✓ Se ha considerado que los paneles de caña guadúa se traslapen 12cm entre sí, con la finalidad de garantizar una mayor estabilidad de la pared.
- ✓ Los listones de madera verticales serán fijados a los listones de madera horizontales mediante herrajes metálicos en forma de L.

Cabe mencionar que, las especificaciones del armado de la pared se han basado en la NEC – Estructura de guadúa.

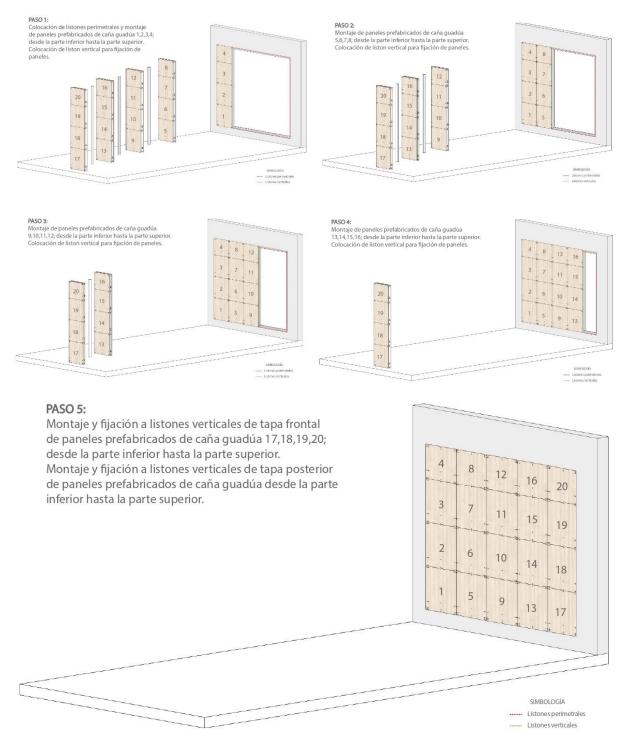
A continuación, se muestran los elementos de una pared con paneles de caña guadúa. (Ver figura 44)

Figura 44. Elementos que conforman una pared con paneles prefabricados de caña guadúa



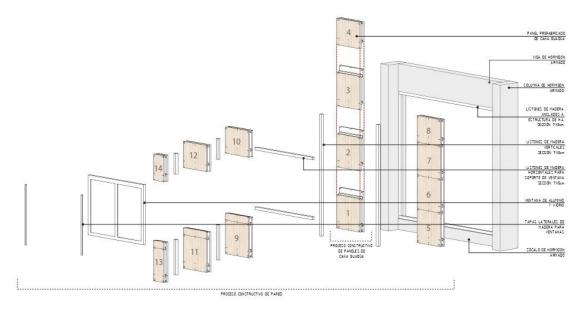
Se detalla paso a paso la construcción de una pared, haciendo uso de los paneles prefabricados de caña guadúa. (Ver figura 45)

Figura 45. Proceso constructivo de una pared con paneles de caña guadúa



Asimismo, en la figura 46 se muestran los elementos de una pared con paneles prefabricados de caña guadúa incluyendo el boquete para ventana.

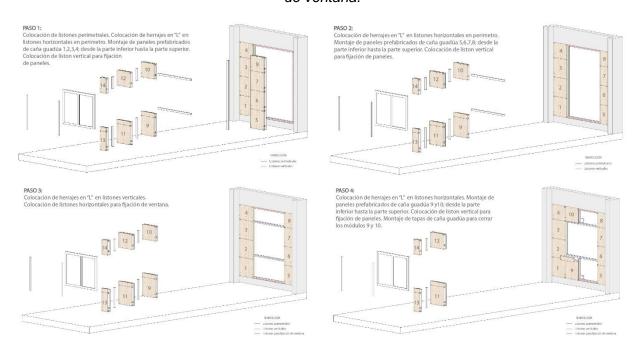
**Figura 46.** Elementos que conforman una pared con panales prefabricados de caña guadúa incluyendo boquete de ventana

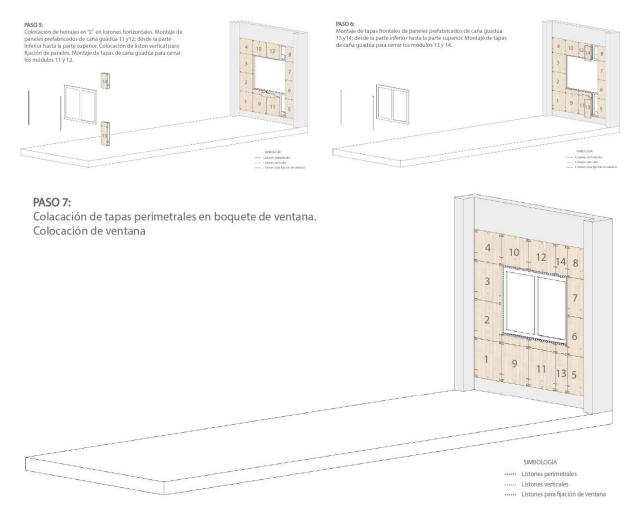


Fuente: Elaboración propia

Se detalla paso a paso la construcción de una pared con ventana, haciendo uso de los paneles prefabricados de caña guadúa. (Ver figura 47)

**Figura 47**. Proceso constructivo de una pared con paneles de caña guadúa incluyendo boquete de ventana.





Cabe mencionar que, los paneles prefabricados de caña guadúa ya vienen laqueados de fábrica. En caso de las paredes que requieran colocar instalaciones eléctricas, los módulos deberán tener listones con rebajes (como se muestra en el detalle de la figura 40), por lo que, será necesario; primero, fijar la tapa frontal del panel a los listones verticales, segundo, colocar la tubería para las instalaciones y tercero, fijar la tapa posterior del panel para cerrar el módulo.

Para el análisis económico del armado de pared con el sistema constructivo de paneles prefabricados de caña guadua, fue necesario realizar un análisis de precios unitarios (APUS), de cada uno de los rubros a intervenir en el proceso respectivo. En la tabla 24 se muestra un resumen de precios unitarios de los rubros:

Tabla 24. Resumen de precios unitarios para armado de paredes con paneles de caña guadúa

	RESUMEN DE PRECIOS UNITARIOS PARA PAREDES (SISTEMA TRADICIONAL)							
$\infty$	DETALLE	UNIDAD	PRECIO UNIT					
4.0	ALBAÑLERÍ A							
4.1	Paredes							
4.1.1	Colocación de muro de hormigón en la parte inferior de paredes (incluye enlucido y filos)	mi	\$11.26					
4.12	Montaje de paneles prefabricados de caña guadúa (incluye laqueado)	m2	\$132.88					
4.1.3	Colocación de listones de madera para soporte de ventanas y puertas	mi	\$30.30					
5.0	ACABADOS							
5.1	Recubrimiento de pisos, mesones y paredes							
5.1.6	Pintura de muro de hormigón en parte inferior de pared (induye sellador y 1 mano de pintura elastomérica)	m2	\$7.38					

El detalle de los APUS se muestra en los anexos.

Adicional, en la tabla 25 se muestra un resumen de los rendimientos de mano de obra en los rubros para el armado de pared que se utilizaron en los análisis de precios unitarios.

Cabe mencionar que, dichos rendimientos se estimaron en conjunto con el Arq. Robinson Vega.

**Tabla 25.** Rendimiento de mano de obra para armado de pared con paneles prefabricados de caña guadúa.

RENDIMENTO DE PERSONAL (SISTEMA DE PANELES DE CAÑA GUADÚA)							
CUADRILLA	RUBRO	RENDIMENTO					
1 maestro, 1 albañil, 1 ayudante	Colocación de muro de hormigón en la parte inferior de paredes (incluye enlucido y filos)	10.00 ml					
1 carpintero, 2 ayudantes de carpintero, 1 peón	Montaje de paneles prefabricados de caña guadúa	22.08 m2					
1 carpintero, 2 ayudantes de carpintero	Colocación de listones de madera para soporte de ventanas y puertas	120.00 ml					
1 maestro, 1 pintor, 1 ayudante	Pintura de muro de hormigon en parte inferior de pared (induye sellador y 1 mano de pintura elastomérica)	16.00 m2					

# 3.3.2.1. Análisis de costos en armado de una pared

Una vez obtenido los precios unitarios de cada una de las actividades que forman parte del armado de una pared mediante el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa, se ha realizado un presupuesto referencial por la construcción de una pared de 6,90m2, considerando únicamente dichos rubros. (Ver tabla 26).

**Tabla 26.** Presupuesto referencial por armado de pared mediante sistema de paneles prefabricados de caña guadúa

	PRESUPUESTO REFERENCIAL DE PARED (SISTEMA CON PANEL DE CAÑA GUADUA)						
OBRA:	Construcción de pared de 6,90 m2						
COD	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PREGIO UNIT	SUBTOTAL		
4.0	ALBAÑILERÍ A						
4.1	Paredes				\$870.90		
4.11	Colocación de muro de hormigón en la parte inferior de paredes (induye enlucido y filos)	mi	3.00	\$11.26	\$33.78		
4.12	Montaje de paneles prefabricados de caña guadúa	m2	6.30	\$132.88	\$837.13		
4.13	Colocación de listones de madera para soporte de ventanas y puertas	mi	-	\$30.30	\$0.00		
5.0	AC	ABADOS			\$11.07		
5.1	Reculprimiento de pisos, mesones y paredes				\$11.07		
5.1.6	Pintura de muro de hormigon en parte inferior de pared (induye sellador y 1 mano de pintura elastomérica)	m2	150	\$7.38	\$11.07		
	COSTO DIRECTO DE CERA						

El costo total por construcción de una pared de 6,90m2 mediante el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa es de **\$881.97**.

## 3.3.2.2. Análisis de tiempo en armado de una pared

Asimismo, se realizó un análisis de tiempo del proceso constructivo en el armado de una pared de 6,90m2 empleando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa. En la tabla 27 se muestra un cronograma con las actividades que conforman dicho rubro.

CRONOGRAMA POR MONTAJE DE PANEL DE CAÑA GUADÚA 100 1 ACTIVIDAD MADICS Fundición de Muro de Hormición para aislar los paneles de Caña Guadúa del Contrapiso CONCON DE CINTA DE EPOM SCIBRE ZOCALO DE BLOQUE FUACION DE LISTONES DE MADERA EN PERIMETRO DE PARED ( COLOCACION DE HERRAJES BN L (4 ANGLLOS RIGIE PRIMERA HILERA DE PANELES ruación de liston vertical de Madera + colocación de Herrajes en L (4 anglicos rigidizadores) MONTAJE Y FLACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUAD PARA ARMADO DE PARED (4 PANELES) FLIAGON DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLODAGON DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIOZADORES) MONTAJE Y FLACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUAD PARA ARMADO DE PARED (4 PANELES) DON DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLO RAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES) ACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLODACION DE RRAJES EN L. (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES) ontaje y ruación de paneles prefabricados de caña guad Ara arbando de pared (4 paneles) ITURA DE MURO DE HORMIGON (ZODALO)

Tabla 27. Cronograma de actividades en el armado de una pared

Fuente: Elaboración propia

Además, se elaboró un cuadro de resumen de las actividades que forman parte del armado de pared con sus respectivos tiempos empleando el sistema constructivo con paneles prefabricados de caña guadúa. (Ver tabla 28).

Tabla 28. Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared

	RESUMEN DE PROCESO POR PARED CON PANELES PREFABR	RICADOS DE CAÑA	A GUADUA DE 6,90m2
No.	RUBRO	MNUTOS	HORAS
1	FUNDICIÓN DE MURO DE HORMICIÓN PARA AISLAR LOS PANELES DE CAÑA QUADÚA DEL CONTRAPISO	150.00 min	2.50 horas
	TIBMPO DE ESPERA	330.00 min	5.50 horas
2	CORTE DE LISTONES DE MADERA PARA PERIMETRO DE PARED (LISTONES CEPILLADOS Y CANTEADOS)	15.00 min	0.25 horas
3	COLOCACION DE CINTA DE EPDM SOBRE ZOCALO DE BLOQUE	2.00	0.20 1.8. 60
4	FLIACION DE LISTONES DE MADERA EN PERIMETRO DE PARED (4 LISTONES)	20.00 min	0.33 horas
5	COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES) PARA PRIMERA HLERA DE PANELES	5.00 min	0.08 horas
6	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARVADO DE PARED (4 PANELES)	15.00 min	0.25 horas
7	FJACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDZADORES)	5.00 min	0.08 horas
8	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARVADO DE PARED (4 PANELES)	15.00 min	0.25 horas
9	FJACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDZADORES)	5.00 min	0.08 horas
10	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARVADO DE PARED (4 PANELES)	15.00 min	0.25 horas
11	FIJACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES)	5.00 min	0.08 horas
12	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARVADO DE PARED (4 PANELES)	15.00 min	0.25 horas
13	FJACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDZADORES)	5.00 min	0.08 horas
14	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARVADO DE PARED (4 PANELES)	30.00 min	0.50 horas
	TIENPO DE ESPERA	1440.00 min	24.00 horas
15	PINTURA DE MURO DE HORMOON (ZODALO)	45.00 min	0.75 horas
	TOTAL	2446.20 min	40.8 horas
	TOTAL DIAS (PARED CAÑA GUADÚA)	5.10 días	
	TOTAL DIAS (PARED CAÑA GUADÚA)		5 DIAS, 46 MN

Con base al cronograma detallado en la tabla 27 y 28, se puede evidenciar que, el tiempo estimado para el armado de una pared con paneles prefabricados de caña guadúa de 6,90m2 es de 5 días, 46 minutos aproximadamente. (Tiempos sin considerar boquetes de puertas y ventanas). Sin embargo, el tiempo descrito no es tan real, debido que, la pared está conformada por un muro de hormigón en la parte inferior (actividad de albañilería), por lo que será necesario considerar un tiempo de espera de mínimo 3 días para iniciar la actividad de pintura (acabado).

Si se considera únicamente el tiempo de montaje de paneles prefabricados de caña guadúa para el armado de la pared, el tiempo será de <u>2 horas, 30 minutos</u>.

Cabe mencionar que, al ser únicamente una pared de 6,90m2, el tiempo de espera entre una actividad y otra es mayor, por lo que, será necesario realizar un análisis de una obra completa para estimar el porcentaje de ahorro real de ambos sistemas, debido que, al tener varias actividades por realizar, las mismas pueden ser traslapadas entre sí.

Asimismo, se elaboró un cronograma y cuadro de resumen de las actividades que forman parte del armado de pared + ventana con sus respectivos tiempos, empleando el sistema constructivo con paneles prefabricados de caña guadúa. (Ver tabla 29 y 30).

CROCKSPANA POR MONTALE DE PANEL DE CAÑA GUADÍA CON VENTANA

| TISTA |

**Tabla 29.** Cronograma de actividades en el armado de una pared incluyendo boquete de ventana

**Tabla 30.** Resumen de tiempo de las actividades en armado de pared incluyendo boquete de ventana

RI	RESUMEN DE PROCESO POR PARED CON PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADUA CON VENTANA DE 6,90m2					
No.	RUBRO	MNUTOS	HORAS			
1	FUNDICIÓN DE MURO DE HORMICÓN PARA AISLAR LOS PANELES DE CAÑA GUADÚA DEL CONTRAPISO	150.00 min	2.50 horas			
	TIEMPO DE ESPERA	330.00 min	5.50 horas			
2	CORTE DE LISTONES DE MADERA PARA PERIMETRO DE PARED (LISTONES CEPILLADOS Y CANTEADOS)	15.00 min	0.25 horas			
3	COLOCACION DE CINTA DE EPDM SOBRE ZOCALO DE BLOQUE	6.00 Hill	020 10 40			
4	FIJACION DE LISTONES DE MADERA EN PERIMETRO DE PARED (4 LISTONES)	20.00 min	0.33 horas			
5	COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES) PARA PRIMERA HLERA HLERA DE PANELES	5.00 min	0.08 horas			
6	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GJADÚA PARA ARMADO DE PARED (4 PANELES)	15.00 min	0.25 horas			
7	FIJACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES)	5.00 min	0.08 horas			
8	COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGDIZADORES) PARA QUINTA HLERA DE PANELES	5.00 min	0.08 horas			
9	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARMADO DE PARED (4 PANELES)	15.00 min	0.25 horas			
10	FIJACION DE LISTON VERTICAL DE MADERA + COLOCACION DE HERRAJES EN L (4 ANGLLOS RIGIDIZADORES)	5.00 min	0.08 horas			
11	ARWADO Y FIJACIÓN DE LISTONES DE MADERA PARA ANTEPECHO DE VENTANA Y PARED SUPERIOR SOBRE VENTANA	30.00 min	0.50 horas			
12	MONTAJE Y FIJACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA PARA ARWADO DE PARED (INFERIOR Y SUPERIOR)	45.00 min	0.75 horas			
13	TAPA DE MADERA EN PERIMETRO DE BOQLETE	10.00 min	0.17 horas			
	TIEWPO DE ESPERA	1440.00 min	24.00 horas			
14	PINTURA DE MURO DE HORMOON (ZODALO)	45.00 min	0.75 horas			
	TOTAL	2466.20 min	41.1 horas			
	TOTAL DIAS (PARED CAÑA GUADÚA)		5.14 días			
	TOTAL DIAS (PARED CAÑA GUADÚA)		5 DIAS, 1 HORA, 6 MIN			

En la tabla 29 y 30, se muestra que, se han aumentado las actividades que forman

parte del boquete de ventana, por lo que se evidencia un incremento en el tiempo de armado de paredes en comparación con el ejemplo mostrado en las tablas 37 y 38. El tiempo de armado de una pared de 6,90m2 + boquete de ventana es de 5 días, 1 hora, 6 minutos, considerando el sistema constructivo con paneles prefabricados de caña guadúa. La diferencia del tiempo se da por la instalación de los marcos para el boquete de la ventana, misma que es de 20 minutos aproximadamente.

Asimismo, si se considera únicamente el tiempo de montaje de paneles prefabricados de caña guadúa para el armado de la pared (incluyendo boquete de ventana), el tiempo será de 2 horas, 50 minutos.

# 3.3.3. Análisis comparativo en costo entre sistema convencional vs sistema de paneles prefabricados de caña guadúa.

Luego de realizar el análisis de costos en el armado de una pared con el sistema tradicional y el sistema de paneles de caña guadúa, se elaboró un cuadro de resumen con los costos finales para identificar el porcentaje diferencial que representan entre ambos casos. (Ver tabla 31).

**Tabla 31.** Cuadro comparativo de costos en armado de una pared.

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS EN ARMADO DE UNA PARED				
COSTO DIRECTO DE OBRA (SISTEMA TRADICIONAL)	\$393.22			
COSTO DIRECTO DE OBRA (SISTEMA DE PANELES DE CAÑA GUADÚA)	\$881.97			
DIFERENCIA DE COSTOS	\$488.76			
PORCENTAJE MÁS COSTOSO	55%			

En la tabla 31, se puede evidenciar que, construir con paneles prefabricados de caña guadúa es más costoso que la construcción convencional. En el caso del armado de una pared se demuestra un excedente de costo de \$488.76, mismo que representa 55% más costoso empleando el sistema de paneles de caña guadúa en comparación de una pared de bloques (sistema convencional).

# 3.3.4. Análisis comparativo en tiempo entre sistema convencional vs sistema de paneles prefabricados de caña guadúa.

Asimismo, en la tabla 32 se muestra un cuadro de resumen de los tiempos empleados en el armado de una pared considerando ambos sistemas.

**Tabla 32.** Cuadro de resumen de tiempo en armado de una pared

ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPO EN ARMADO DE UNA PARED				
TOTAL DIAS (PARED CONVENCIONAL)	5.86 días			
TOTAL DIAS (SISTEMA DE PANELES DE CAÑA QUADÚA)	5.10 días			
DIFERENCIA DE TIEMPO	0.77 días			
PORCENTAJE DE AHORRO EN TIEMPO DE ARWADO DE PARED	13%			

Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados de los cronogramas realizados, se demuestra que, construir con paneles prefabricados de caña guadúa se puede obtener un ahorro de tiempo del 13% en comparación con el sistema convencional, es decir, 6 horas, 8 minutos aproximadamente. Sin embargo, no es un porcentaje real, debido que, existe mucho tiempo de espera entre una actividad y otra; por lo que, si se considera únicamente el tiempo de montaje de los paneles de caña guadúa, la diferencia del tiempo sería de 5 días, 4 horas, lo cual representaría un ahorro de tiempo del 95% aproximadamente.

A continuación, en la tabla 33, se muestra un cuadro de resumen de los tiempos

empleados en el armado de una pared incluyendo el boquete de una ventana considerando ambos sistemas.

**Tabla 33.** Cuadro de resumen de tiempo en armado de una pared (incluye boquete de ventana)

ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPO EN ARMADO DE UNA PARED (INCLUYE BOQUETE DE VENTANA)				
TOTAL DIAS (PARED CONVENCIONAL)	6.67 días			
TOTAL DIAS (SISTEVA DE PANELES DE CAÑA QUADÚA)	5.14 días			
DIFERENÇIA DE TIEMPO	1.54 días			
PORCENTAJE DE AHORRO EN TIEMPO DE ARMADO DE PARED (INCLUYE BOQUETE DE VENTANA)	23%			

Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados de los cronogramas realizados, se demuestra que, construir con paneles prefabricados de caña guadúa (incluyendo boquete de ventana), se puede obtener un ahorro de tiempo del 23% en comparación con el sistema convencional, es decir, 1 día, 4 horas, 17 minutos aproximadamente. Sin embargo, si se considera únicamente el tiempo de montaje de los paneles de caña guadúa, la diferencia del tiempo sería de 6 días, 2 horas, 33 minutos, lo cual representaría un ahorro de tiempo del 95% aproximadamente.

#### 3.4. Análisis comparativo en proyecto de una vivienda de 120 m2

Luego de obtener los costos unitarios de los rubros que intervienen en el armado de una pared, se seleccionó un proyecto de una vivienda tipo de 120m2 aproximadamente con la finalidad de realizar un presupuesto referencial y cronograma de obra. Cabe mencionar que, se elaboraron tres propuestas:

- ✓ Presupuesto y cronograma de una vivienda utilizando el sistema tradicional.
- ✓ Presupuesto y cronograma de una vivienda utilizando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa.

✓ Presupuesto y cronograma de una vivienda utilizando sistema mixto (sistema tradicional y sistema de paneles prefabricados de caña guadúa).

# 3.4.1. Vivienda tipo empleando el sistema convencional.

En las figuras 48 y 49 se muestran las plantas arquitectónicas de la vivienda tipo que se seleccionó, además de una imagen axonométrica de la edificación.

3.25 3.20 2.70 2.20 2.20 2.69 2.69 2.69 1.11 3.20 3.20 3.20 1.84 0.35 7.60 Planta alta Planta baja

Figura 48. Plantas arquitectónicas de vivienda

Fuente: Diseño tomado de Ponce3



Planta cubierta

Fuente: Diseño tomado de Ponce3 Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que, el análisis de costos y tiempos de la primera opción se ha considerado que el proceso constructivo de la vivienda tipo sea con el sistema convencional en su totalidad.

#### 3.4.1.1. Análisis de costos de una vivienda de 120m2

Se realizó un análisis de costos directos de la vivienda tipo de 120m2. A continuación, en la tabla 34 se muestra un resumen del presupuesto referencial de la propuesta arquitectónica planteada.

**Tabla 34.** Resumen de presupuesto referencial de vivienda de 120m2

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA (SISTEMA TRADICIONAL)				
OBRA:	Construcción de casa de 2 pisos en vía Salitre			
ÁREA:	120.00 m2			
COD	DETALLE	SUBTOTAL	%	
1.0	PRELIMINARES	\$139.84	0.3%	
2.0	MOVIMENTO DE TIERRA	\$1,039.47	2.1%	
3.0	ESTRUCTURA	\$15,084.79	30.9%	
4.1	ALBAÑLERÍA: PAREDES	\$10,167.26	20.9%	
4.2	ALBAÑLERÍA: GENERAL	\$1,884.59	3.9%	
5.1	ACABADOS: PINTURA DE PAREDES	\$4,141.18	8.5%	
5.2	ACABADOS: RECUBRIMENTO DE PISOS, MESONES Y PAREDES	\$2,761.06	5.7%	
5.3	ACABADOS: TUMBADOS	\$1,354.65	2.8%	
6.1	CARPINTERÍA DE MADERA	\$1,506.38	3.1%	
6.2	Carpintería de alumno y vidrio	\$2,039.53	4.2%	
7.1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	\$2,000.00	4.1%	
7.2	INSTALACIONES SANTARIAS	\$1,500.00	3.1%	
8.0	PIEZAS SANTARIAS	\$588.48	1.2%	
9.0	OBRAS EXTERIORES	\$3,874.25	7.9%	
10.0	MANTENIMENTO Y CONTROL DE CBRA	\$670.00	1.4%	
	COSTO DIRECTO DE CERA	\$48,751.47	100%	
	IMPREVISTOS	\$1,462.54		
	COSTO DIRECTO + IMPREVISTOS	\$50,214.01		
	COSTO POR M2	\$406.26		

El presupuesto desglosado, se detalla en los anexos.

El costo directo por la construcción de la vivienda tipo de 120m2 empleando el sistema tradicional es de **\$48,751.47**, por lo que, el costo por m2 es de **\$406.26**.

A continuación, en la tabla 35, se detalla, un cuadro de resumen de los costos y porcentajes de los rubros que forman parte del armado de paredes con sistema convencional.

Tabla 35. Resumen de rubros de armado de paredes en vivienda tipo de 120m2

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA (SISTEMA TRADICIONAL)					
OBRA:	Construcción de casa de 2 pisos en vía Salitre				
ÁREA:	120.00 m2				
$\infty$	DETALLE	SUBTOTAL	%		
4.1	ALBAÑLERÍA: PAREDES	\$10,167.26	20.9%		
5.1	ACABADOS: PINTURA DE PAREDES	\$4,141.18	8.5%		
COSTO DIRECTO DE CERA \$14,308.44 29.3%					

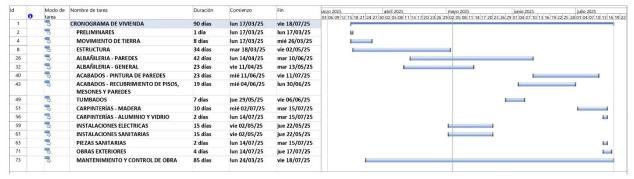
El costo total por el proceso constructivo de armado de paredes en la vivienda tipo de 120m2, empleando el sistema convencional, es de **\$14,308.44**, el cual, representa un porcentaje de **29.3%** del costo directo de obra.

Es importante mencionar que, dichos costos incluyen emblocado, enlucidos, filos, cuadrada de boquetes y pintura.

### 3.4.1.2. Análisis de tiempo de una vivienda de 120m2

Asimismo, se realizó un cronograma de actividades por la construcción de la vivienda, empleando el sistema tradicional. (Ver resumen de cronograma en tabla 36).

Tabla 36. Resumen de cronograma de obra de vivienda de 120m2



El cronograma desglosado, se detalla en los anexos.

En la tabla 36 se muestra que, la construcción de una vivienda de 120m2 utilizando el sistema convencional es de **90 días** aproximadamente.

En la tabla 37, se detalla el cronograma de actividades con el desglose de rubros que forman parte del armado de paredes.

Tabla 37. Desglose de rubros que intervienen en el armado de paredes - vivienda de 120m2



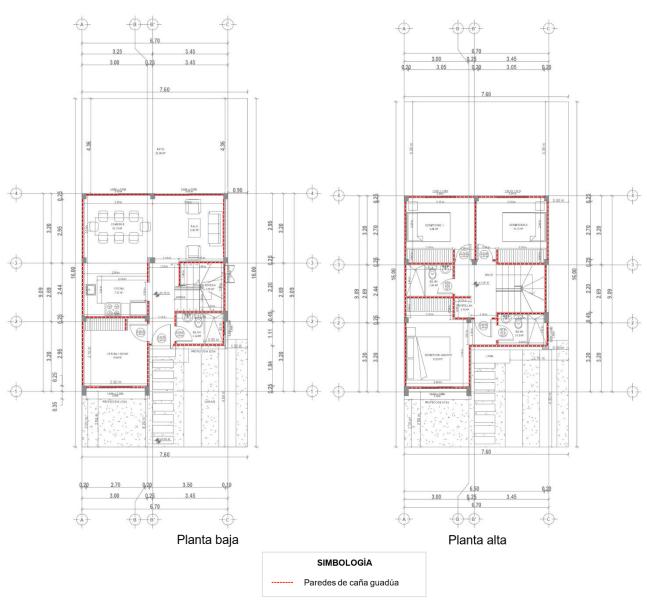
Fuente: Elaboración propia

El tiempo de armado de paredes en una vivienda de 120m2 empleando el sistema tradicional es de <u>65 días</u> aproximadamente. Dicho tiempo incluye la parte de albañilería y acabados (pintura).

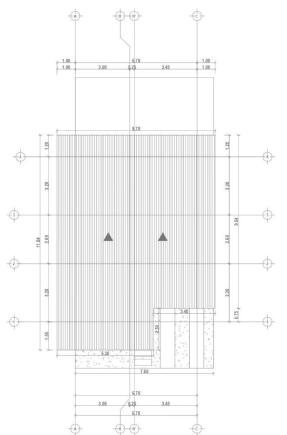
# 3.4.2. Vivienda tipo empleando el sistema de paneles de caña guadúa.

En las figuras 50 y 51 se muestran las plantas arquitectónicas de la vivienda tipo que se seleccionó, además de una imagen axonométrica de la edificación.

Figura 50. Plantas arquitectónicas de vivienda - Sistema de caña guadúa



Fuente: Diseño tomado de Ponce3



**Figura 51.** Gráfico en 3D de vivienda tipo - Sistema de caña guadúa



Axonometría

Planta cubierta

Fuente: Diseño tomado de Ponce3

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que, el análisis de costos y tiempos de la segunda opción se ha considerado que el proceso constructivo de la vivienda tipo sea con el sistema de paneles de caña guadúa en su totalidad.

### 3.4.2.1. Análisis de costos de una vivienda de 120m2

Se realizó un análisis de costos directos de la vivienda tipo de 120m2. A continuación, en la tabla 38 se muestra un resumen del presupuesto referencial de la propuesta arquitectónica planteada.

**Tabla 38.** Resumen de presupuesto referencial de vivienda de 120m2

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE CBRA (SISTEMA CON PANEL DE CAÑA GUADUA)				
OBRA:	Construcción de casa de 2 pisos en vía Salitre			
ÁREA:	120.00 m2			
COD	DETALLE	SUBTOTAL	%	
1.0	PRELIMNARES	\$139.84	0.2%	
2.0	MOVIMENTO DE TIERRA	\$1,039.47	1.7%	
3.0	ESTRUCTURA	\$13,522.94	21.5%	
4.1	ALBAÑLERÍA: PAREDES	\$28,501.48	45.3%	
4.2	ALBAÑLERÍA: CENERAL	\$3,074.63	4.9%	
5.1	ACABADOS: RECUBRIMIENTO DE PISOS, MESONES Y PAREDES	\$2,761.06	4.4%	
5.1.6	Pintura de muro de hormigon en parte inferior de pared (incluye sellador y 1 mano de pintura elastomérica)	\$374.42	0.6%	
5.2	ACABADOS: TUMBADOS	\$1,354.65	2.2%	
6.1	Carpintería de Madera	\$1,506.38	2.4%	
6.2	Carpintería de Alumno y Vidrio	\$2,039.53	3.2%	
7.1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	\$2,000.00	3.2%	
7.2	INSTALACIONES SANITARIAS	\$1,500.00	2.4%	
8.0	PIEZAS SANTARIAS	\$588.48	0.9%	
9.0	OBRAS EXTERIORES	\$3,874.25	6.2%	
10.0	MANTENIMENTO Y CONTROL DE CBRA	\$670.00	1.1%	
	COSTO DIRECTO DE OBRA	\$62,947.13	100%	
	IMPREVISTOS	\$1,888.41		
	COSTO DIRECTO + IMPREVISTOS	\$64,835.54		

El presupuesto desglosado, se detalla en los anexos.

El costo directo por la construcción de la vivienda tipo de 120m2 empleando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa es de **\$62,947.13**, por lo que, el costo por m2 es de **\$524.56**.

A continuación, en la tabla 39, se detalla, un cuadro de resumen de los costos y porcentajes de los rubros que forman parte del armado de paredes con sistema de paneles prefabricados de caña guadúa.

Tabla 39. Resumen de rubros de armado de paredes en vivienda tipo de 120m2

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA (SISTEMA CON PANEL DE CAÑA GUADUA)					
OBRA:	Construcción de casa de 2 pisos en vía Salitre				
ÁREA:	120.00 m2				
$\infty$	DETALLE	SUBTOTAL	%		
4.1	ALBAÑLERÍA: PAREDES	\$28,501.48	45.5%		
5.1.6	ACABADOS: PINTURA DE MURO DE HORMGON \$374.42 0.6%				
	COSTO DIRECTO DE CBRA \$28,875.90 46.1%				

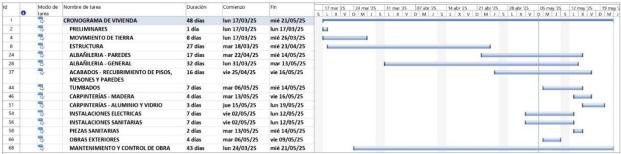
El costo total por el proceso constructivo de armado de paredes en la vivienda tipo de 120m2, empleando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa, es de **\$28,875.90**, el cual, representa un porcentaje de **46.1%** del costo directo de obra.

Es importante mencionar que, dichos costos incluyen muro de hormigón, montaje de paneles, listones de madera en boquetes de ventanas y pintura de muro de hormigón.

#### 3.4.2.2. Análisis de tiempo de una vivienda de 120m2

Asimismo, se realizó un cronograma de actividades por la construcción de la vivienda, empleando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa. (Ver resumen de cronograma en tabla 40).

Tabla 40. Resumen de cronograma de obra de vivienda de 120m2



El cronograma desglosado, se detalla en los anexos.

En la tabla 40 se muestra que, la construcción de una vivienda de 120m2 utilizando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa es de **48 días** aproximadamente.

En la tabla 41, se detalla el cronograma de actividades con el desglose de rubros que forman parte del armado de paredes.

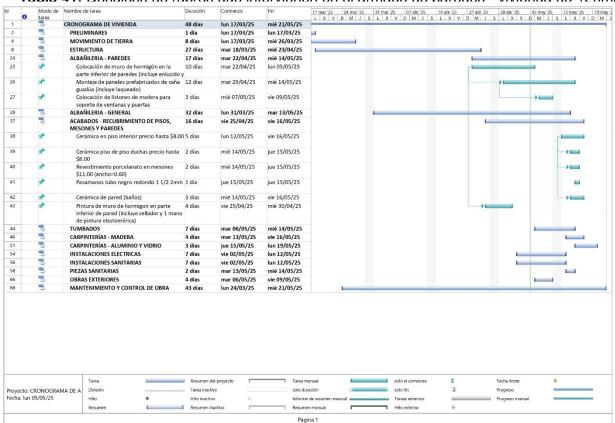


Tabla 41. Desalose de rubros que intervienen en el armado de paredes - vivienda de 120m2

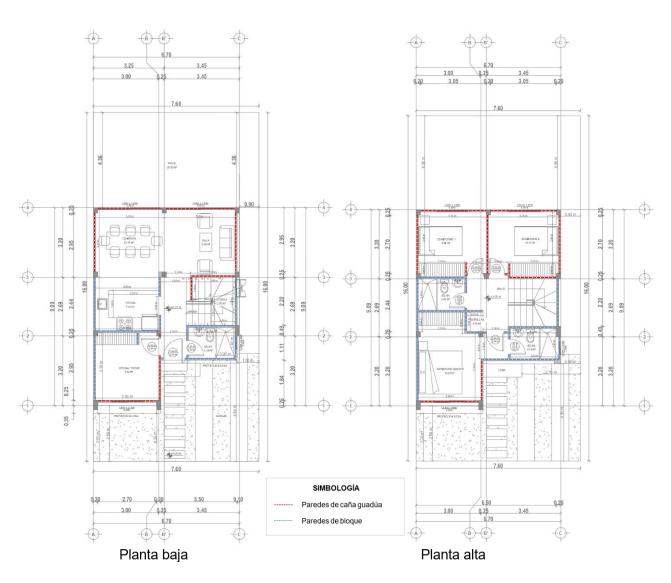
Fuente: Elaboración propia

El tiempo de armado de paredes en una vivienda de 120m2 empleando el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa es de <u>21 días</u> aproximadamente. Dicho tiempo incluye la parte de albañilería, montaje de paneles y acabados (pintura).

# 3.4.3. Vivienda tipo empleando sistema mixto (tradicional + paneles prefabricados de caña guadúa).

En las figuras 52 y 53 se muestran las plantas arquitectónicas de la vivienda tipo que se seleccionó, además de una imagen axonométrica de la edificación.

Figura 52. Plantas arquitectónicas de vivienda - Sistema mixto



Fuente: Diseño tomado de Ponce3

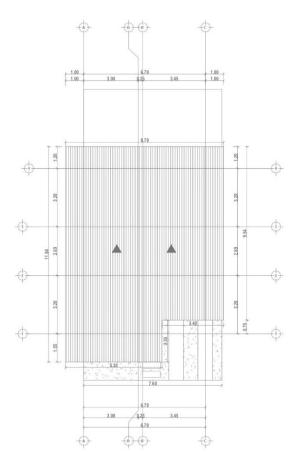


Figura 53. Gráfico en 3D de vivienda tipo – Sistema mixto



Axonometría

Planta cubierta

Fuente: Diseño tomado de Ponce3 Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que, el análisis de costos y tiempos de la tercera opción se ha considerado que el proceso constructivo de la vivienda tipo sea con sistema mixto, es decir una combinación entre paredes de bloques y paneles prefabricados de caña guadúa.

#### 3.4.3.1. Análisis de costos de una vivienda de 120m2

Se realizó un análisis de costos directos de la vivienda tipo de 120m2. A continuación, en la tabla 42 se muestra un resumen del presupuesto referencial de la propuesta arquitectónica planteada.

**Tabla 42.** Resumen de presupuesto referencial de vivienda de 120m2

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE CERA (SISTEMA MIXTO)				
OBRA:	Construcción de casa de 2 pisos en vía Salitre			
ÁREA:	120.00 m2			
α	DETALLE	SUBTOTAL	%	
1.0	PRELIMINARES	\$139.84	0.2%	
2.0	MOVIMENTO DE TIERRA	\$1,039.47	1.8%	
3.0	ESTRUCTURA	\$13,805.60	24.6%	
4.1	ALBAÑLERÍA: PAREDES	\$19,436.87	34.6%	
4.2	ALBAÑLERÍA: GENERAL	\$3,074.63	5.5%	
5.1	ACABADOS: PINTURA DE PAREDES	\$2,414.82	4.3%	
5.2	ACABADOS: RECUBRIMENTO DE PISOS, MESONES Y PAREDES	\$2,761.06	4.9%	
5.3	ACABADOS: TUMBADOS	\$1,354.65	2.4%	
6.1	CARPINTERÍA DE MADERA	\$1,506.38	2.7%	
6.2	CARPINTERÍA DE ALUMNO Y VIDRIO	\$2,039.53	3.6%	
7.1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	\$2,000.00	3.6%	
7.2	INSTALACIONES SANTARIAS	\$1,500.00	2.7%	
8.0	PIEZAS SANTARIAS	\$588.48	1.0%	
9.0	OBRAS EXTERIORES	\$3,874.25	6.9%	
10.0	MANTENIMENTO Y CONTROL DE CIBRA	\$670.00	1.2%	
	COSTO DIRECTO DE CBRA	\$56,205.58	100%	
	IMPREVISTOS	\$1,686.17		
	COSTO DIRECTO + IMPREVISTOS	\$57,891.75		
	COSTO POR M2	\$468.38		

El presupuesto desglosado, se detalla en los anexos.

El costo directo por la construcción de la vivienda tipo de 120m2 empleando el sistema mixto es de **\$56,205.58**, por lo que, el costo por m2 es de **\$468.38**.

A continuación, en la tabla 43, se detalla, un cuadro de resumen de los costos y porcentajes de los rubros que forman parte del armado de paredes con sistema mixto.

38.9%

\$21,851.69

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA (SISTEMA MIXTO) OBRA: Construcción de casa de 2 pisos en vía Salitre ÁREA: 120.00 m<sup>2</sup>  $\infty$ DETALLE SUBTOTAL % ALBAÑLERÍA: PAREDES 4.1 \$19,436.87 34.6% ACABADOS: PINTURA DE PAREDES 5.1 \$2,414.82 4.3%

Tabla 43. Resumen de rubros de armado de paredes en vivienda tipo de 120m2

Fuente: Elaboración propia

El costo total por el proceso constructivo de armado de paredes en la vivienda tipo de 120m2, empleando el sistema mixto, es de \$21,851.69, el cual, representa un porcentaje de 38.9% del costo directo de obra.

Es importante mencionar que, dichos costos incluyen: emblocado, enlucidos, filos, cuadrada de boquetes, muro de hormigón, montaje de paneles, listones de madera en boquetes de ventanas y pintura.

#### 3.4.3.2. Análisis de tiempo de una vivienda de 120m2

COSTO DIRECTO DE OBRA

Asimismo, se realizó un cronograma de actividades por la construcción de la vivienda, empleando el sistema mixto. (Ver resumen de cronograma en tabla 44).

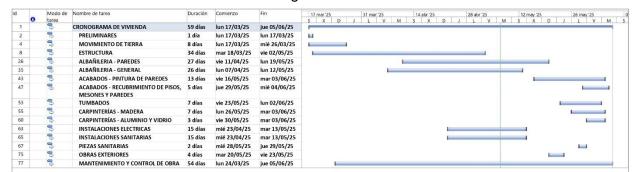


Tabla 44. Resumen de cronograma de obra de vivienda de 120m2

Fuente: Elaboración propia

El cronograma desglosado, se detalla en los anexos.

En la tabla 44 se muestra que, la construcción de una vivienda de 120m2 utilizando

el sistema mixto es de 59 días aproximadamente.

En la tabla 45, se detalla el cronograma de actividades con el desglose de rubros que forman parte del armado de paredes.

Tabla 45. Desglose de rubros que intervienen en el armado de paredes - vivienda de 120m2



Fuente: Elaboración propia

El tiempo de armado de paredes en una vivienda de 120m2 empleando el sistema mixto es de 40 días aproximadamente. Dicho tiempo incluye la parte de albañilería, montaje de paneles y acabados (pintura).

### 3.4.4. Análisis comparativo en costo y tiempo de las tres propuestas planteadas.

A continuación, en la tabla 46 se detalla un resumen de los costos y los tiempos de las tres propuestas planteadas.

Tabla 46. Cuadro de resumen de resultados de costos y tiempo de las tres propuestas

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES PROPUESTAS				
	SISTEMA TRADICIONAL	SISTEMA DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADÚA	SISTEWA MIXTO	
COSTO DE PAREDES	\$14,308.44	\$28,875.90	\$21,851.69	
COSTO DIRECTO DE OBRA	\$48,751.47	\$62,947.13	\$56,205.58	
TIEVPO DE ARWADO DE PAREDES	65 días	21 días	40 días	
TIEWPO TOTAL DE OBRA	90 días	48 días	59 días	

Por lo tanto, se puede evidenciar que, en cuanto a costos directos, es más factible la construcción convencional, no obstante, el tiempo de ejecución es mayor que las otras dos propuestas planteadas; en el caso de la construcción de una vivienda de 120m2, el sistema constructivo que presenta el menor tiempo en el armado de paredes es el de paneles prefabricados de caña guadúa.

Sin embargo, en el análisis de costos de un proyecto de construcción, no solo se debe considerar los costos directos de obra sino también es importante tomar en cuenta los costos indirectos tales como: gasto administrativo y personal técnico de obra, debido que, forman parte del proceso constructivo de una edificación.

Es por tal motivo, que se realizó un desglose de rubros que forman parte de los costos indirectos durante la construcción de la vivienda. (Ver tabla 47)

Tabla 47. Costos indirectos mensuales de obra

COSTOS INDIRECTOS DE OBRA MENSUAL				
GASTOS ADMINISTRATIVOS				
PERSONAL PARTICIPACIÓN SUELDO TOTAL				
OFICINA	30%	\$1,000.00	\$300.00	
CONTADOR	30%	\$800.00	\$240.00	
SECRETARIA	30%	\$500.00	\$150.00	
OHOFER	\$150.00			
TOTAL GA	\$840.00			

GASTOS OPERATIVOS				
PERSONAL	PARTICIPACIÓN	SUELDO	TOTAL	
RESIDENTE DE OBRA	100%	\$1,500.00	\$1,500.00	
SUPERVISOR	50%	\$1,800.00	\$900.00	
BODEGLERO	100%	\$700.00	\$700.00	
ANADALD	100%	\$500.00	\$500.00	
TOTAL GA	\$3,600.00			
TOTAL	\$4,440.00			
COSTOS PO	140%			
TOTAL COSTOS IND	\$6,216.00			

Los gastos mensuales por costos indirectos durante la construcción de una vivienda de 120m2 serán de **\$6,216.00**, dicho valor se multiplicó por el tiempo de ejecución total de cada propuesta planteada. (Ver tabla 48).

Tabla 48. Costo indirecto total de tres propuestas

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES PROPUESTAS				
SISTEWA DE PANELES SISTEWA TRADICIONAL PREFABRICADOS DE CAÑA SISTEWA MXTO GUADÚA				
COSTO INDIRECTO DE OBRA	\$18,648.00	\$9,324.00	\$12,432.00	

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, en la tabla 49 se detalla un resumen de los tiempos y costos, incluyendo los costos indirectos de las tres propuestas planteadas.

Tabla 49. Cuadro de resumen de resultados de costos y tiempo de las tres propuestas

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES PROPUESTAS				
	SISTEWA TRADICIONAL	Sistewa de Paneles Prefabricados de Caña Guadúa	SISTEWA MIXTO	
COSTO DE PAREDES	\$14,308.44	\$28,875.90	\$21,851.69	
COSTO DIRECTO DE CIBRA	\$48,751.47	\$62,947.13	\$56,205.58	
COSTO INDIRECTO DE OBRA	\$18,648.00	\$9,324.00	\$12,432.00	
COSTO TOTAL DE OBRA	\$67,399.47	\$72,271.13	\$68,637.58	
TIEMPO DE ARMADO DE PAREDES	65 días	21 días	40 días	
TIEMPO TOTAL DE OBRA	90 días	48 días	59 días	

No obstante, a pesar de que el sistema tradicional sigue siendo la opción con la mejor viabilidad económica, el margen diferencial entre las propuestas planteadas se redujo.

En la tabla 50 se detallan los valores y porcentajes diferenciales del sistema tradicional vs el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa.

**Tabla 50.** Valores diferenciales entre sistema tradicional y paneles prefabricados de caña guadúa

VALOR DIFERENCIAL ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y PANELES CG	\$4,871.66
PORCENTAJE + COSTOSO ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y PANELES CG	6.74%
TIEMPO DIFERENCIAL ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y PANELES CG	42 días
PORCENTAJE DE AHORRO DE TIEMPO ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y PANELES CG	46.67%

Fuente: Elaboración propia

El costo diferencial entre el sistema convencional y el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa es de **\$4,871.66**, valor que representa el **6.74%**, siendo más costoso construir con la segunda opción.

En cuanto al tiempo de ejecución, se evidencia una diferencia de <u>42 días</u> entre ambos sistemas, mismo que representa el <u>46.67%</u>, siendo el sistema prefabricado más rápido que el tradicional.

Sin embargo, se realizó una tercera propuesta, debido que, las edificaciones cuentan con espacios o zonas húmedas, tales como, baños y cocinas; por lo que, no es recomendable hacer uso de los paneles prefabricados de caña guadúa, debido a la constante humedad, lo que podría causar problemas en la durabilidad del sistema.

Es por esa razón que, se propuso el sistema mixto, el cual consiste en el uso de ambos sistemas (convencional + prefabricados de CG) en una misma edificación.

En la tabla 51 se detallan los valores y porcentajes diferenciales del sistema tradicional vs el sistema mixto.

VALOR DIFFRENCIAL ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y MXTO \$1,238.11

PORCENTAJE + COSTOSO ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y MXTO 1.80%

TIEMPO DIFFRENCIAL ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y MXTO 31 días

PORCENTAJE DE AHORRO DE TIEMPO ENTRE SISTEMA TRADICIONAL Y MXTO 34.44%

**Tabla 51.** Valores diferenciales entre sistema tradicional y sistema mixto

Fuente: Elaboración propia

El costo diferencial entre el sistema convencional y el sistema mixto es de <u>\$1,238.11</u>, valor que representa el <u>1.80%</u>, siendo más costoso construir con la segunda opción.

En cuanto al tiempo de ejecución, se evidencia una diferencia de <u>31 días</u> entre ambos sistemas, mismo que representa el <u>34.44%</u>, siendo el sistema mixto más rápido que el tradicional.

# 3.5. Desempeño térmico en el sistema constructivo de paredes

El tercer aspecto a analizar en el presente trabajo de investigación es el desempeño térmico en los elementos envolventes (paredes) de una vivienda, haciendo uso, del sistema constructivo tradicional y del sistema de paneles prefabricado de caña guadúa.

En primera instancia, fue necesario definir la zona climática en donde se construirá la edificación; cabe mencionar que, se ha tomado como ejemplo la misma vivienda de 120m2 que se utilizó para el análisis de costo y tiempo.

Para el análisis de desempeño térmico se tomó como referencia la norma NEC sobre Eficiencia Energética en edificaciones residenciales (2018). A partir de dicha premisa, se consideró que la edificación esté ubicada en la región costa, provincia del Guayas, ciudad Guayaquil.

A continuación, en la tabla 52 se muestra la zona climática del lugar donde será implantado el proyecto.

**Provincia** Ciudad Zona climática **REGIÓN COSTA** Machala Húmeda muy calurosa El Oro Zaruma Húmeda muy calurosa Santa Rosa Húmeda muy calurosa Esmeraldas Húmeda muy calurosa Esmeraldas Quinindé Húmeda muy calurosa Guayaquil Húmeda muy calurosa Guayas Balzar Húmeda muy calurosa Babahoyo Húmeda muy calurosa Los Ríos Quevedo Húmeda muy calurosa Puerto López Húmeda muy calurosa Portoviejo Húmeda muy calurosa Manta Húmeda muy calurosa Manabí Chone Húmeda muy calurosa El Carmen Húmeda muy calurosa **Pedernales** Húmeda muy calurosa

Tabla 52. Zona climática de región Costa

**Nota:** Tomado de *NEC Eficiencia energética en Edificaciones Residenciales*, <a href="https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf">https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf</a>

Por lo tanto, es posible determinar que el proyecto se encuentra en la zona climática 1 "húmeda muy calurosa". En la tabla 53, se detallan las referencias por zonificación climática.

Tabla 53. Referencias para zonificación climática

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	5000 < CDD10°C
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	3500 < CDD10°C≤ 5000
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	CDD10°C≤ 2500 y HDD18°C ≤ 2000
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	2000 < HDD18°C≤ 3000
5	5C	FRÍA	CDD10°C≤ 2500 y HDD18°C ≤ 2000 2000 < HDD18°C ≤ 3000 3000 m < Altura (m) ≤ 5000 m
6	6B	MUY FRÍA	CDD10°C≤ 2500 y HDD18°C ≤ 2000 2000 < HDD18°C ≤ 3000 5000 m < Altura (m)

**Nota:** Tomado de *NEC Eficiencia energética en Edificaciones Residenciales*, <a href="https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf">https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf</a>

En la tabla 54, se detallan los requisitos para envolventes en la zona climática 1, de acuerdo a lo que indica la norma NEC sobre Eficiencia Energética (2018):

	Habitable				No habitable	
Elementos	Climatizado		No climatizado			
opacos	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
<u>Techos</u>	U-0.273	R-3.5	U-3.5	R-0.3	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.857	R-1.0	U-4.61	R-0.2	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-1.825	R-1.5	U-3.4	R-0.3	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-3.2	NA	U-3.2	NA	U-3.2	NA
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC
Área translucida vertical ≥45°	U-6.81	SHGC-0.25	U-3.84	SHGC-0.77	U-6.81	NA
Área translucida	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	NA

Tabla 54. Requisitos para envolventes en la zona climática 1

**Nota:** Tomado de *NEC Eficiencia energética en Edificaciones Residenciales*, <a href="https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf">https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf</a>

Para el caso de estudio del presente trabajo de investigación, se tomaron los valores de las paredes sobre el nivel del terreno en una zona habitable climatizada; de tal manera que, para que una edificación pueda presentar una eficiencia energética, es necesario que los materiales que se emplean para la envolvente de la construcción cumplan con los parámetros máximos de la NEC, los cuales son:

- ✓ Transmitancia térmica (U) montaje máximo: 0.857 W/m2K
- ✓ Resistencia (R) valor mínimo de aislamiento: 1.0 m2K/W

Cabe mencionar que, para hallar la resistencia térmica de un sistema constructivo, es importante conocer la conductividad de cada uno de los materiales o componentes que forman parte de la envolvente.

#### 3.5.1. Conductividad térmica de materiales.

La conductividad térmica (K) "es una propiedad física de los materiales que mide la cantidad de calor que se transmite a través de la unidad de espesor de un material" (Hernández, 2016, p. 22); "mientras mayor sea la conductividad térmica, se considerará un

mejor conductor del calor, por el contrario, mientras más bajo sea, el material se consideraría como un aislante" (Linares, 2022, p. 20).

A continuación, en la tabla 55 y 56 se detallan brevemente la conductividad térmica de los componentes que conforman una pared, empleando el sistema convencional y el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa.

Tabla 55. Propiedades de paquetes constructivos en sistema convencional

PROPIEDADES DE PAQUETES CONSTRUCTIVOS EN SISTEMA CONVENCIONAL						
ELEVENTO CONSTRUCTIVO	COMPONENTE ESPESOR (cm)					
Paredes	Bloque de concreto (7cm)	Enlucido exterior	1.5	0.5		
		Bloque de concreto	7	0.62		
		Enlucido interior	1.5	0.72		

**Nota:** Tomado de *NEC Eficiencia energética en Edificaciones Residenciales*, https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf

Tabla 56. Propiedades térmicas en sistema de paneles prefabricados de caña guadúa

PROPIEDADES TERMICAS EN SISTEMA DE PANELES PREFABRICADOS DE CAÑA GUADUA					
ELEVENTO CONSTRUCTIVO	PAQUETE CONSTRUCTIVO	COMPONENTE	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W Mk)	
Paredes	Panel de PlasBam	Tablero	1.5	0.09	
	Cámara de aire			0.26	

**Nota:** Tomado de *Fachadas disipadoras de calor: recursos para el diseño arquitectónico, https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/82293/Gabriela%20HERNANDEZ%20TFM.pdf* 

A grandes rasgos, se evidencia que el tablero de caña guadua (PlasBam) de 1.5cm de espesor presenta una conductividad muy baja en comparación con los materiales que componen el sistema convencional.

#### 3.5.2. Resistencia térmica.

Por otra parte, la resistencia térmica "indica la capacidad de los materiales, dependiendo su composición, para resistirse a la transferencia de calor desde su cara "A", hasta la cara opuesta" (Linares, 2022, p. 21), "es decir: mientras mayor sea el coeficiente de resistencia de los materiales de la envolvente, menor será la cantidad de calor que se transmitirá" (Linares, 2022, p. 21). Ver figura 54.

Valor U alto
= baja aislación térmica
= alta pérdida de calor

Exterior
±0°C

Interior
+20°C

Figura 54. Paso de calor en envolventes

Para el cálculo de la resistencia térmica es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$R = e/k$$

Donde:

**R** = Resistencia térmica (m2K/W)

**e** = Espesor real del material (m)

**k** = Conductividad térmica (W/mK)

Sin embargo, para determinar la resistencia total de un sistema arquitectónico, se debe considerar el espesor y conductividad térmica de cada capa de material que está involucrado y realizar la sumatoria respectiva para obtener el resultado real. Se detalla la fórmula a utilizar:

Donde:

Rt = Resistencia térmica total (m2K/W)

Rsi = Resistencia térmica superficial de aire interior (m2K/W)

Rse = Resistencia térmica superficial de aire exterior (m2K/W)

R1, R2, R3, Rn = Resistencia térmica de cada capa (m2K/W)

Cabe mencionar que, los valores de las resistencias térmicas superficiales de aire interior y exterior se verán definidos conforme a la posición del cerramiento, dirección de flujo de calor y ubicación del edificio. Ver tabla 57. (Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, 2020)

**Tabla 57.** Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior

Posición del cerramiento y se	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>	
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	-	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)		0,04	0,17

Nota: Tomado de DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, <a href="https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA">https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA</a> DB-HE-1 Calculo de parametros característicos de la envolvente.pdf

Para los casos de estudio del presente trabajo de investigación, se tomaron los valores de **Rse = 0,04** y **Rsi = 0,13**, debido que, se analizaron los cerramientos verticales con flujo de calor horizontal.

#### 3.5.3. Transmitancia térmica.

La transmitancia térmica (U) "es inversamente proporcional a la resistencia térmica de los elementos arquitectónicos" (Linares, 2022, p. 22). La fórmula para obtener la transmitancia térmica es:

Donde:

**U** = Transmitancia térmica (W/m2K)

R = Resistencia térmica (m2K/W)

# 3.5.4. Calculo de la Resistencia y Transmitancia térmica en paredes.

Se calculó la resistencia y transmitancia térmica en paredes, empleando el sistema convencional (bloques de cemento) y el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa. (Ver tabla 58)

Tabla 58. Cálculo de transmitancia térmica

Cálculo de transmitancia térmica

#### PARED CON SISTEMA TRADICIONAL Resist encia **Espesor** Conduct ividad termica Gráfico **Componentes** K R е metros w/mK m2K/w Capa 1 Enlucido exterior 0.015 0.500 0.030 Bloque de Concreto Capa 2 0.070 0.620 0.113 ENTRODO Capa 3 Enlucido interior 0.015 0.720 0.021 INTERIOR 0.040 Rse= Resistencia térmica superficial de aire exterior BLOQUE DE CONCRETO Rsi= Resistencia térmica superficial de aire interior 0.130 ENLUCIDO Resistencia térmica total $(R_T)$ = 0.33 mK/w **EXTERIOR** Transmitancia térmica (U) = 3.00 w/ m²K

PARED CON SISTEMA DE PANEL PREFABRICADO DE CAÑA GUADÚA					
0.50	Componentes		Espesor	Conduct ividad	Resistencia termica
Gráf i∞			е	K	R
			metros	w/mk	m2k/w
	Capa 1	Panel PlasBam	0.015	0.090	0.167
TABLERO DE PLASBAM  CÁMARA DE	Capa 2	Aire	0.070	0.026	2.692
	Capa 3	Panel PlasBam	0.015	0.090	0.167
	Rse= Resistencia térmica superficial de aire exterior			0.040	
AIRE	Rsi= Resistencia térmica superficial de aire interior			0.130	
	Resistencia térmica total (R <sub>T</sub> ) =		3.20	m²K/ w	
Transmitancia térmica (U) =			0.31	w/ m²K	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 58 se demuestra que, la construcción de una pared utilizando el sistema convencional presenta una resistencia térmica total de <a href="mailto:0.33m2k/W">0.33m2k/W</a> y una transmitancia de <a href="mailto:3.00W/m2K">3.00W/m2K</a>. Sin embargo, la pared con sistema de paneles prefabricados de caña guadúa presenta una resistencia térmica total de <a href="mailto:3.20m2k/W">3.20m2k/W</a> y una transmitancia de <a href="mailto:0.31W/m2K">0.31W/m2K</a>.

Por lo tanto, se puede concluir que, los paneles prefabricados de caña guadúa cumplen con los parámetros para la zona climática 1 detallados en la NEC, de tal forma que, es posible considerarlo como un elemento que permite obtener una eficiencia energética en las edificaciones.

Los paneles prefabricados de caña guadua, al ser un material que presenta un buen desempeño térmico, puede ofrecer múltiples beneficios a corto y largo plazo en las edificaciones.

# 3.5.5. Beneficios de la eficiencia energética en el sistema de paneles de caña guadúa

El uso de materiales que intervienen en los elementos envolventes de una edificación con un desempeño térmico aceptable contribuye a la eficiencia energética de los bienes inmuebles.

Por lo tanto, al demostrar que el uso de paneles prefabricados de caña guadúa presenta un buen desempeño térmico y a su vez permite que las edificaciones aporten con el desarrollo eficiente de la energía, se detallan algunos beneficios que se pueden generar al implementar dicho sistema en las construcciones. (Ver tabla 59)

Tabla 59. Beneficios de cumplir con las normas de eficiencia energética

Beneficios de cumplir con las normas de eficiencia energética					
Item	Descripción				
Ahorro en costos de energía	La implementacion de la eficiencia energética en las edificaciones, contribuye al ahorro económico, debido que, en el caso de las zonas cálidas como Quayaquil, reduce los costos de dimatización por consumo de AA/CC (rubro que representa uno de los mayores porcentajes en el consumo eléctrico); a su vez se pueden generar ahorros considerables en las planillas mensuales.				
Mayor confort térmico	Permite mejores condiciones de habitabilidad en las edificaciones (con temperaturas más uniformes en e interior)				
Sostenibilidad ambiental	Al utilizar materiales renovables y disminuir el consumo energético, se puede reducir las emisiones de CO2 y otros gases de efecto invernadero, contribuyendo en la mitigación del cambio dimático.				
Qumplimiento de normas y certificaciones	Las edificaciones, al cumplir con las normas de eficiencia energética, por el uso de elementos con buen desempeño térmico, pueden calificar para certificaciones como LEED o EDGE (en construcciones)				

**Nota:** Tomado de *Eficiencia energética: qué* es *y cómo calcularla para ahorrar energía*, <a href="https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/">https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/</a>

Si bien, existen varias opciones que contribuyen significativamente en lograr una edificación con eficiencia energética, sin embargo, el uso de paneles prefabricados de caña guadúa como envolvente, es una alternativa aceptable renovable para ser implementado en construcciones futuras.

# 4. Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados finales del análisis de las tres propuestas planteadas haciendo uso del sistema tradicional y de paneles prefabricados de caña guadua se muestran en la tabla 60.

Tabla 60. Análisis comparativo final de tres propuestas

ANÁLISIS COMPARATIVO FINAL DE TRES PROPUESTAS						
	COSTO TIEMPO DE		DESEMPEÑO TERMOO			
SISTEMA TRADICIONAL	\$67,399.47	90 días	3.00 W m2K			
Sistema de Paneles Prefabricado de Caña Guadúa	\$72,271.13	48 días	0.31 W m2K			
SISTEMA MXTO	\$68,637.58	59 días	Х			
RESULTADO FINAL	*	$\bigcirc$	$\bigcirc$			

Fuente: Elaboración propia

Por lo cual se concluye lo siguiente:

#### ✓ Análisis del costo total de obra:

El análisis económico de la vivienda de 120m2 evidencia que, el sistema tradicional presenta el menor costo total de obra, obteniendo un valor de \$67.399,47. En contraste, el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa, aunque reduce significativamente los costos indirectos, registra el mayor costo total, alcanzado los \$72.271,13, a causa de la inversión inicial en paneles y montaje especializado. El sistema mixto, que es una opción que

fusiona los elementos tradicionales con los paneles prefabricados, se ubica en una posición intermedia, proyectando un costo total de **\$68.637,58**, convirtiéndose como una alternativa económicamente viable sin alejarse demasiado del sistema tradicional.

## ✓ Análisis del tiempo de ejecución de obra:

Referente a la eficiencia de tiempo, en el análisis de la vivienda de 120m2, el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa se posiciona como la alternativa más rápida, proyectando un periodo total de ejecución de <u>48 días</u>. Dicha reducción se sustenta, por el uso de elementos constructivos elaborados en fábrica, lo cual permite la disminución de trabajos en sitio. Asimismo, el sistema mixto, con un tiempo total de <u>59 días</u>, también representa una mejora considerable frente al sistema convencional.

#### ✓ Tiempo de armado de paredes:

El rubro de armado de paredes, tema principal del presente proyecto de investigación, es uno de los componentes críticos dentro del cronograma constructivo. Por lo cual, en el análisis de la vivienda de 120m2, los resultados demuestran que el sistema de paneles prefabricados de caña guadúa, la actividad de armado de paredes se completa en 21 días, mientras que, empleando el sistema mixto se requiere de 40 días y con el sistema tradicional 65 días. Por lo tanto, la diferencia de tiempo revela la alta eficiencia del sistema industrializado en la ejecución de elementos verticales, mismo que se traduce en un adelanto significativo del cronograma general de obra. Dicho factor puede ser decisivo en proyectos que operan bajo plazos contractuales estrictos o que buscan una rápida ocupación del espacio construido.

### ✓ Relación costo-tiempo:

En el análisis integral de la relación entre costo y tiempo de ejecución de la vivienda de 120m2, se observa que el sistema mixto ofrece el equilibrio más eficiente. Si bien no presenta el costo más bajo ni el tiempo más corto, lograr una optimización conjunta de ambos factores. Su costo total es apenas un 1.8% superior al del sistema tradicional, no

obstante, logra reducir el tiempo de obra en un <u>34.4%</u>, porcentaje que puede ser representado en menores gastos indirectos no contemplados.

### ✓ Desempeño térmico comparativo entre sistemas:

El análisis comparativo de la transmitancia térmica entre el sistema de pared convencional y el sistema con panel prefabricado de caña guadúa, evidencia diferencias significativas en el desempeño térmico de ambos tipos de envolventes.

La pared tradicional presenta una resistencia térmica total (RT) de <a href="mailto:0.33m2K/W">0.33m2K/W</a>, y por consiguiente una alta transmitancia térmica de <a href="mailto:3.00">3.00 W/m2K</a>, cantidades que indican una menor capacidad de oposición al flujo de calor. Por el contrario, el sistema prefabricado de caña guadúa, lograr una resistencia térmica total de <a href="mailto:3.20m2K/W">3.20m2K/W</a> y una transmitancia térmica de <a href="mailto:0.31W/m2K">0.31W/m2K</a>, lo que representa un desempeño térmico aproximadamente de 9 veces superior al del sistema convencional, además de cumplir con los parámetros indicados en las normas de eficiencia energética.

# ✓ Eficiencia energética y confort térmico:

El armado de pared con el sistema prefabricado de caña guadúa, actúa como una barrera térmica eficiente, debido a la baja transmitancia que presenta, de tal manera que reduce significativamente las ganancias o pérdidas de calor desde el ambiente exterior.

Dicha característica contribuye directamente a mejorar las condiciones de confort térmico al interior de las edificaciones, disminuyendo la dependencia de sistemas mecánicos de climatización y, por consiguiente, favoreciendo un menor consumo energético en climas extremos.

### ✓ Aplicación en construcciones sostenibles:

La implementación de los paneles prefabricados de caña guadúa en los sistemas constructivos, representan una estrategia orientada a la sostenibilidad y al aprovechamiento de recursos, debido que, es un material de rápido crecimiento y baja huella de carbono; además fomenta la economía circular. No obstante, su implementación requiere de

capacitaciones técnicas y logística especializada.

Asimismo, el panel prefabricado de caña guadúa, ofrece un rendimiento térmico aceptable, alineado con el cumplimiento de las normas de eficiencia energética. Su uso representa una solución viable para el desarrollo de edificaciones de bajo consumo energético, en especial en zonas con altas demandas de confort térmico o en proyectos que buscan certificaciones ambientales.

# ✓ Recomendaciones:

Se han llevado a cabo investigaciones para dar a conocer las bondades del bambú como un material que apunte a índices de sostenibilidad al reducir la emisión de los gases de efecto invernadero.

Con base a los ejemplos citados en el presente trabajo de investigación, tales como la construcción del Arquetipo de vivienda y el refugio; es evidente que el tablero de caña guadúa ha sido utilizado en lugares de clima cálido y frío. Por tal motivo, el panel prefabricado de caña guadua propuesto se puede emplear en zonas que presenten ambas condiciones climáticas.

Posterior al análisis comparativo desarrollado en el presente trabajo de investigación entre el sistema tradicional y el sistema prefabricado de caña guadúa, se comprobó que el costo del armado de paredes mediante paneles prefabricados resulta superior al de las construcciones con bloques de hormigón. No obstante, se identifica que la implementación de una producción masiva y estandarizada de dichos paneles podría reducir significativamente los costos unitarios, gracias a las economías de escala y la optimización de procesos productivos.

Por lo tanto, se recomienda realizar un estudio técnico – económico exhaustivo que contemple los costos de fabricación industrial asociado a los paneles prefabricados de caña guadúa. Dicho análisis permitiría determinar con mayor precisión la viabilidad económica del sistema propuesto frente a los métodos tradicionales de construcción.

# 5. Bibliografía

- Álvarez Acosta, R. (2015). Estratificación socioeconomica de la poblacion urbana de la provincia de Santa Elena. Obtenido de https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7143/1/UPSE-RTC-2015-Vol.2-No.2-003.pdf
- Arias Zalamea, A., Mantilla Avalos, P., & Veintimilla Muñoz, D. (08 de septiembre de 2023).

  Paneles de madera contralaminada CLT con maderas residuales de la provincia del Guayas. Obtenido de http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/21741
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (s.f.). *Mampostería estructural: el qué y el cómo*. Obtenido de https://360enconcreto.com/blog/detalle/mamposteria-estructural/
- Bello Zambrano, J. A. (20 de septiembre de 2021). Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social. Obtenido de http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es
- Calle Chuinda, W. M., González Redrován, T. J., & Alvarez Vera, M. S. (26 de septiembre de 2023). *Análisis de la caña guadua como material de construcción sostenible para el desarrollo del ecoturismo en la Amazonía ecuatoriana*. Obtenido de https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5f5ddac8-d9ee-4fab-9c47-953f53f50418/content
- Cámara de la Construccion de Guayaquil. (junio de 2023). Construccion y Desarrollo. Obtenido de https://camaraconstrucciongye.org/revista-digital/
- Cedillo Bajaña, K., & Peña Coello, K. (2018). Análisis de características y perfiles relevantes de los estratos socioeconómicos implementando la encuesta de estratificación del nivel socioeconómico presentada por el INEC en diciembre de 2011. Obtenido de http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51905

- Cepsa. (noviembre de 2015). El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa. Obtenido de

  https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp\_Comp/Medio%20Ambiente\_Seguridad\_
  Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf
- Cobo, C. (diciembre de 2008). *Edificios de hierba*. Obtenido de https://www.terraecuador.net/revista\_56/56\_bambu.html
- Corporación Financiera Nacional B.P. (Marzo de 2023). Ficha sectorial construcción de edificios, obras de ingenieria civil, actividades especializadas de la construcción.

  Obtenido de https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Construccion.pdf
- Curiel Sánchez, F. G., Murguía Tostado, L. P., Bojórquez Morales, G., & Camacho Ixta, I. A. (14 de octubre de 2021). *Análisis del desempeño térmico de un sistema constructivo de ensamblado en clima cálido seco extremoso.* Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8201458
- Da Casa Martín, F., Celis D´amico, F., & Echeverría Valiente, E. (2019). Metodología para elaborar una cartografía regional y aplicar estrategías bioclimáticas según la carta de Givoni. 16. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0719-07002019000200052
- Delgado, G. (13 de junio de 2017). Ecología y ambiente, diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadúa. Obtenido de https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/32/28
- Domat. (18 de junio de 2023). ¿Qué es el concreto y por qué es esencial en la construcción?

  Obtenido de https://domatltda.com/que-es-el-concreto-y-por-que-es-esencial-en-la-construccion/#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20su%20resistencia%2C%20el,estructur as%20%C3%BAnicas%20y%20visualmente%20atractivas.

- Escrig Pérez, C. (19 de abril de 2010). Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/41760248.pdf
- Flores Fiallos, A. (2019). Análisis de los efectos socioeconómicos en el sector de la construcción de viviendas en el sector norte de Quito desde el año 2009 hasta el año 2014. Obtenido de https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7040/1/T3047-MBA-Flores-Analisis.pdf
- Franco, J. (10 de abril de 2024). Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo? Obtenido de https://www.archdaily.cl/cl/889483/arquitectura-con-bloques-de-cemento-comoconstruir-con-este-material-modular-y-de-bajo-costo
- Giuseppina Vanga, M., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (junio de 2021). *Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth.* Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2631-26542021000100053
- Gonzalez Cruz, A. (2019). *Refugio Antártico Ecuatoriano*. Obtenido de

  https://www.researchgate.net/publication/369763778\_RAE\_Refugio\_Antartico\_Ecuatoria
  no
- Gordillo, T. (s.f.). Construcción de viviendas con mampostería de bloques de hormigón.

  Obtenido de https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=90
- Hechavarría Hernández, J. R., & Forero, B. (julio de 2019). Enfoque de diseño bioclimático para viviendas de bajos ingresos en Monte Sinahí, Guayaquil. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337911238
- Hechavarría Hernández, J. R., Forero Fuentes, B., & Vega Jaramillo, R. (septiembre de 2024).

  Diseño y Construcción de Arquetipo sostenible de vivienda de interés social para habitantes de Monte Sinahí, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de

- https://editorial.ucsg.edu.ec/habitat-y-diseno/263-101-diseno-y-construccion-de-arquetipo-sostenible-de-vivienda-de-interes-social-para-habitantes-de-monte-sinahi-guayaquil-ecuador.html#/30-soporte-digital
- How Products are made. (s.f.). *Bloques de concreto*. Obtenido de https://www.madehow.com/Volume-3/Concrete-Block.html?utm\_medium=website&utm\_source=archdaily.cl
- Instituto Nacional de Estadisticas y censos . (junio de 2023). *Estadisticas de edificaciones ESED 2022*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\_Economicas/Encuesta\_Edificaciones/2022/anual/11.2022\_ESED\_Doc
  umento\_metodologico.pdf
- Instituto Nacional de estadisticas y censos. (Diciembre de 2011). Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-estratificacion-del-nivel-socioeconomico/
- Instituto Nacional de Estadisticas y Censos. (2022). Estadisticas de edificaciones. Obtenido de https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTBiYWNhMDYtNzk5YS00MTI0LThjZTctOTFiZ GJhNDlzMTA4liwidCl6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkY TExMiJ9
- Instituto Nacional de Estadisticas y Censos. (Enero de 2024). *Boletín Técnico No 01-2024-IPC.*Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inflacion/2024/Enero/Boletin\_tecnico\_01-2024-IPC.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (14 de abril de 1997). *Manipulación manual de cargas*. Obtenido de

  https://www.insst.es/documents/94886/96076/manipulacion+manual+de+cargas/d52f75

  02-cd7f-4e15-adf9-191307c689a9
- Jaimes Estupiñan, D., García Caballero, J., & Rondón Peñaranda, J. (abril de 2020).

  Importancia del concreto en el campo de la construcción. Obtenido de

del-grupo-andino/

- https://www.formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/18/14
- Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT. (1984). Manual de Diseño para maderas del grupo Andino. Obtenido de https://construccionesuce.wordpress.com/2022/01/05/manual-de-diseno-para-maderas-
- Matus Lazo, A., & Blanco Rodríguez, M. (febrero de 2020). *Apuntes de Materiales de construccion*. Obtenido de https://topodata.com/wp-content/uploads/2020/02/Apuntes-de-Materiales-de-Construccion.pdf
- Mendoza Mejía, L. (21 de febrero de 2018). *Historia del concreto*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/372045152/Capitulo-1-Generalidades-Del-Concreto
- Metroblock. (abril de 2014). mportancia del bloque de cemento y prefabricados en concreto en la arquitectura moderna. Obtenido de https://metroblock.com.co/importancia-del-bloque-de-cemento-y-prefabricados-en-concreto-en-la-arquitectura-moderna/#:~:text=La%20construcci%C3%B3n%20con%20bloques%20de,nulo%20y%20sobre%20todo%20por
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (diciembre de 2014). Norma Ecuatoriana de la construcción Estructuras de madera. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/11.-NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (Agosto de 2016). Norma Ecuatoriana de la Construcci{on Estructura de Guadúa. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (Agosto de 2016). Norma Ecuatoriana de la Construcción Estructuras de guadúa. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-

## GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

- Modular Building Institute. (2024). Principales hallazgos y mejores prácticas para proyectos

  modulares exitosos. Obtenido de

  https://mbimodularbuildinginstitute.growthzoneapp.com/ap/CloudFile/Download/pGnDJN

  6r
- Molina, D. (septiembre de 2022). La cadena de valor de la vivienda rural en la provincia de Manabí (Ecuador). Obtenido de https://www.cepal.org/es/publicaciones/48174-la-cadena-valor-la-vivienda-rural-la-provincia-manabi-ecuador-oportunidades
- Monjo Carrió, J. (mayo de 2023). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación.

  Procedimientos para su industrialización. Obtenido de

  https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/art
  icle/view/481/554
- Naranjo Rea, E. (2019). Propuesta de disminucion de huella de carbono para construcciones basadas en el edificio de ciencias basicas de la universidad técnica de Ambato.

  Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30588
- Nieto Cardenas, J. X. (junio de 2014). *Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones*prefabricadas. Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstreams/996ef0a8-3b3f4e60-8694-01702d2f6f94/download
- Novas Cabrera, J. (2010). Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. Obtenido de https://oa.upm.es/4514/1/TESIS\_MASTER\_JOEL\_NOVAS\_CABRERA.pdf
- Ocampo Ortega, J. (18 de febrero de 2015). *Mampostería estructural Manual práctico*. Obtenido de https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/4728
- Pacheco Flores, L. (2017). Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Obtenido de https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/226/Luis\_TrabajoDeSufici

- enciaProfesional\_titulo\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Peñaherrera Araque, J. (Marzo de 2022). *Análisis de la rentabilidad en proyectos inmobiliarios,*caso la Quinta Park. Obtenido de https://repositorio.puce.edu.ec/items/2930d71c-ba5142e7-b336-6de82b46bc95/full
- Primicias, el periodismo comprometido. (2023). Se reactivan los créditos y la compra de vivienda en Ecuador. Obtenido de https://www.primicias.ec/noticias/economia/credito-vivienda-compra-precios/
- Quironprevención. (14 de marzo de 2019). *Manipulación de cargas. Riesgos y medidas*preventivas. Obtenido de

  https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/manipulacion-cargas-riesgosmedidas-preventivas
- Rivera Sanchez , J., & González Moreno, J. (marzo de 2006). Caracterización de la mampostería estructural elaborada con bloques de concreto en la ciudad de Santa Marta. Obtenido de https://core.ac.uk/reader/198274810
- Sánchez González , J. C. (2016). Construcción modular ligera energéticamente eficiente.

  Obtenido de

  https://oa.upm.es/40342/1/JUAN\_CARLOS\_SANCHEZ\_GONZALEZ.pdf%20-
- Sizirici, B. (15 de octubre de 2021). A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction

  Industry, from Design to Operation. Obtenido de https://www.mdpi.com/1996
  1944/14/20/6094
- Steelframly. (junio de 2022). *Desempeño térmico*. Obtenido de https://steelframly.com/wiki/desempeno-termico/
- Teran Aguinaga, M. B. (septiembre de 2023). *Aplicación de un panel prefabricado en madera como sistema constructivo en la vivienda de interés social de Ibarra*. Obtenido de https://repositorio.puce.edu.ec/items/068e56ef-e150-4559-8097-73775cdd8970
- Toro Arango, A., Torrado García, D., Arena Navarro, M. T., Chinchilla García, A. F., De la Rosa

- Oñate, M. C., Hoyos Patiño, J. F., & Velásquez Carrascal, B. L. (febrero de 2023). *Guadua (Guadua angustifolia) material of innovation for design.* Obtenido de

  https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/104/72
- Valero Caballero, E., Ruiz Ruiz, L., & Villar Fernández, M. (octubre de 2012). *Guía para la selección de ayudas a la manipulación de cargas*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/96076/AyudasMMC.pdf/c97fd84e-fb02-4e46-8b10-94ff3fe7c566
- Van der Lugt, P. (marzo de 2024). ¿Cuánto CO2 se almacena en el bambu? Obtenido de https://blog.moso-bamboo.com/es/cuánto-co2-se-almacena-en-el-bambu?lang\_selected=true
- Vera Mancini, E. (18 de febrero de 2021). *Porcentajes aproximados, rubro por rubro, en los costos de construcción.* Obtenido de https://noticias.perfil.com/noticias/empresas-y-protagonistas/porcentajes-aproximados-rubro-por-rubro-en-los-costos-deconstruccion.phtml

# **ANEXOS**







# **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, Basurto Castro, María Belén, con C.C: # 0922520820 autor/a del trabajo de titulación: Análisis comparativo entre el sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa con paredes de bloque de cemento para muros de viviendas de estrato socioeconómico Medio (C+), previo a la obtención del título de Master en Ingeniería de la Construcción en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

- 1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
- 2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 13 de noviembre de 2025

Nombre: Basurto Castro, María Belén

C.C: **0922520820** 



DIRECCIÓN URL (tesis en la web):





#### REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN Análisis comparativo entre el sistema constructivo conformado por paneles de fibras naturales de caña guadúa con paredes de bloque **TEMA Y SUBTEMA:** de cemento para muros de viviendas de estrato socioeconómico Medio (C+) AUTOR(ES) Basurto Castro María Belén REVISOR(ES)/TUTOR(ES) Forero Fuentes Boris Andrei INSTITUCIÓN: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil FACULTAD: Sistema de Posgrado **CARRERA:** Maestría en Ingeniería de la Construcción **TITULO OBTENIDO:** Master en Ingeniería de la Construcción **FECHA** DE No.DE PÁGINAS: 13 de noviembre de 2025 146 páginas **PUBLICACIÓN:** ÁREAS TEMÁTICAS: Construcción, Ingeniería y Diseño **PALABRAS** CLAVES/ Caña guadúa, costo, tiempo, desempeño térmico, paredes, bloques **KEYWORDS: RESUMEN/ABSTRACT** (150-250 palabras): El presente documento trata sobre la implementación de paneles prefabricados de caña guadua utilizado en paredes de edificaciones de hasta dos niveles. Está dirigido al estrato socioeconómico medio (C+) como un sistema constructivo modular que permita el fácil armado y montaje del mismo. Se realizó además un análisis comparativo con el sistema constructivo tradicional sobre los precios unitarios y tiempos de ejecución durante la etapa constructiva. De esta manera, los resultados obtenidos reflejaron la solución idónea a ser aplicada en futuras propuestas arquitectónicas. Sumado a lo anterior, se pudo identificar la solución más conveniente desde la variable económica y en tiempos de instalación, sin dejar de lado la calidad de los entregables. Por otra parte, se realizó una investigación general sobre el posible impacto positivo generado al medio ambiente por la utilización de los paneles prefabricados de caña guadua. De esta forma, se logró disminuir el desperdicio en obra, lo cual representa en la actualidad una de las mayores dificultades que presenta el sector constructivo. **ADJUNTO PDF:** $\bowtie$ si NO CONTACTO Teléfono:+593-CON E-mail: maria.basurto01@cu.ucsg.edu.ec 994889268 AUTOR/ES: Nombre: Rommel Yela Acosta CONTACTO CON LA Teléfono: +593-4-995934871 INSTITUCIÓN: E-mail: rommel.yela@cu.ucsg.edu.ec SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA Nº. DE REGISTRO (en base a datos): Nº. DE CLASIFICACIÓN: