

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UNA VIVIENDA ECOLÓGICA QUE
CUMPLA CRITERIOS SISMO RESISTENTES, UTILIZANDO EL
BAMBÚ COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

PRESENTADA POR

Bach. HURTADO HERMOZA, LILIAM OFELIA

Bach. VEGA CASAS, STEFANNY ISABEL

ASESOR: DR. SUELDO MESONES, JAIME PÍO

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por su constante apoyo y orientación, asimismo, a los angelitos que tengo en el cielo, quienes guían todos mis pasos.

Liliam Hurtado Hermoza

Esta tesis está dedicada a mi hijo por ser el motivo de mis días, a mi esposo, mi madre y hermanos por ser los soportes en todo este proceso y a mi padre que desde el cielo me seguirá guiando en todo mi camino.

Stefanny Isabel Vega Casas

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestra alma mater por habernos formado a nivel profesional y humano, a nuestras familias por su constante apoyo, al Circulo Internacional del Bambú por compartirnos sus experiencias difundiendo el uso del bambú, al Dr. Jaime Sueldo Mesones por brindarnos la orientación de forma oportuna y motivar nuestro interés por la investigación, a la Lic. Marianella Zeña por su paciencia y enseñanzas, así como a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta tesis.

Liliam Hurtado y Stefanny Vega

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	1
1.1.1 Problema general.....	22
1.1.2 Problemas específicos	22
1.2 Objetivo general y específico	23
1.2.1 Objetivo General	24
1.2.2 Objetivos Específicos.....	24
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática.....	25
1.3.1 Temporal	25
1.3.2 Espacial	25
1.3.3 Temática.....	25
1.4 Justificación e importancia	26
1.4.1 Justificación Teórica	26
1.4.2 Justificación Académica.....	26
1.4.3 Justificación Ambiental.....	26
1.4.4 Justificación Económica.....	28
1.4.5 Justificación Social.....	28
1.5 Limitaciones de la investigación.....	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	29
2.1 Marco Histórico	29
2.2 Antecedentes del estudio de investigación	35
2.3 Bases Teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	44
2.3.1 Construcciones sostenibles.....	44
2.3.2 Viviendas sostenibles	46
2.3.3 Bambú	60
2.3.4 Guadua angustifolia Kunth	82
2.3.5 Diseño de elementos estructurales con bambú.....	96
2.3.6 Costo – Beneficio	114

2.3.7 Mitigación del cambio climático mediante el uso del bambú.....	126
2.3.8 Mantenimiento de edificaciones realizadas con bambú.....	128
2.4 Definición de términos básicos.....	133
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	134
3.1 Hipótesis	134
3.1.1 Hipótesis principal	134
3.1.2 Hipótesis secundarias	134
3.2 Variables	134
3.2.1 Definición Conceptual de Variables	134
3.2.2 Operacionalización entre variables	135
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	136
4.1 Tipo.....	136
4.2 Enfoque y Diseño.....	136
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	136
4.3.1 Tipos de técnicas e instrumentos.....	136
4.3.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	137
4.3.3 Procedimientos para la recolección de datos	137
4.3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	137
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	138
5.1 Diagnóstico y situación actual	138
5.1.1 Ubicación de la zona del proyecto	138
5.1.2 Tipo de suelo	140
5.1.3 Parámetros sísmicos	142
5.2 Diseño de la vivienda ecológica	144
5.2.1 Diseño arquitectónico.....	144
5.2.2 Diseño estructural.....	148
5.3 Pruebas de Laboratorio	167
5.4 Evaluación del comportamiento de la vivienda ecológica con CSI ETABS	172
5.5 Costo de construcción de la vivienda ecológica y la tradicional	177
5.5.1 Análisis de costos unitarios de la vivienda ecológica	177
5.5.2 Presupuesto de la vivienda ecológica.....	181
5.5.3 Presupuesto de la vivienda tradicional.....	183
5.6 Plazo de construcción de la vivienda ecológica y la tradicional.....	185
5.6.1 Cronograma de construcción de la vivienda ecológica con Ms Project.....	185

5.6.2 Cronograma de construcción de la vivienda tradicional con Ms Project.....	188
5.7 Beneficios ambientales de la construcción de la vivienda ecológica	190
5.7.1 Emisión de dióxido de carbono generado por la vivienda ecológica.....	190
5.7.2 Emisión de dióxido de carbono generado por la vivienda tradicional	192
5.8 Presentación y análisis de resultados	196
5.8.1 Análisis preliminar de la situación actual y zona de investigación.....	196
5.8.2 Análisis de la vivienda ecológica con Csi Etabs	197
5.8.3 Análisis de pruebas de laboratorio	201
5.8.4 Comparativo de costos entre la vivienda ecológica y la tradicional	206
5.8.5 Comparativo de plazos entre la vivienda ecológica y la tradicional.....	208
5.8.6 Comparativo de CO ₂ entre la vivienda ecológica y la tradicional	211
CONCLUSIONES	213
RECOMENDACIONES	216
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	218
ANEXOS.....	231
Anexo 1: Análisis y diseño de zapatas y vigas de conexión.....	231
Anexo 2: Resultados de pruebas de laboratorio.....	237
Anexo 3: Análisis de precios unitarios – Vivienda ecológica con bambú.....	241
Anexo 4: Metrados de vivienda ecológica.....	250
Anexo 5: Análisis de precios unitarios – Vivienda tradicional	254
Anexo 6: Metrados de vivienda tradicional	264
Anexo 7: Estimación de superficie sembrada con bambú en el distrito de la Florida, San Miguel – Cajamarca.....	268
Anexo 8: Matriz de consistencia.....	269

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Cajamarca: Población censada urbana y rural y tasa de crecimiento promedio anual, 2007 y 2017.....	6
Tabla 2: Grupo de Regiones con niveles de pobreza estadísticamente semejantes, 2007-2016.	7
Tabla 3 : Grupo de Regiones con niveles de pobreza estadísticamente semejantes, 2017-2018.	8
Tabla 4 : Grupo de Regiones con niveles de pobreza extrema estadísticamente semejantes, 2017 y 2018.....	8
Tabla 5 : Componentes parciales del indicador NBI, 2007 y 2017	9
Tabla 6 : Viviendas particulares con ocupantes presentes por material predominante en las paredes exteriores de la vivienda, según departamento y área de residencia.....	10
Tabla 7 : Viviendas particulares en Cajamarca, según área urbana y rural; y tipo de vivienda, 2007 y 2017.....	11
Tabla 8 : Algunas características de las viviendas particulares según el área de residencia, 2007-2017.....	11
Tabla 9 : Emisiones de dióxido de carbono equivalente en Gigagramos, 2000, 2005, 2010 y 2012	20
Tabla 10: Consumo energético y emisión de CO ₂ por material	46
Tabla 11: Factores de emisión de dióxido de carbono de los materiales de cantera	47
Tabla 12: Factores de emisión de dióxido de carbono del mortero	48
Tabla 13: Factores de emisión de dióxido de carbono de los bloques de hormigón	48
Tabla 14: Factores de emisión de dióxido de carbono del vidrio	48
Tabla 15: Factores de emisión de dióxido de carbono de los acabados	49
Tabla 16: Factores de emisión de dióxido de carbono de los metales	49
Tabla 17: Factores de emisión de dióxido de carbono del plástico	50
Tabla 18: Factores de emisión de dióxido de carbono de la madera	50
Tabla 19: Factores de emisión de dióxido de carbono del aislante, yeso y otros.	50
Tabla 20: Factores de emisión de dióxido de carbono del cemento.	51
Tabla 21: Factores de emisión de dióxido de carbono de combustibles o energía.....	51
Tabla 22 : Área del bambú por región y sub-región, 2020.....	68
Tabla 23: Rangos genealógicos para la clasificación del guadúa.....	83
Tabla 24 : Usos de la guadua de acuerdo a su edad.....	84

Tabla 25 : Normativa internacional relacionada al uso del bambú en la construcción ..	94
Tabla 26 : Normativa internacional relacionada al uso del bambú en la construcción ..	95
Tabla 27 : Refuerzo mínimo de cimentaciones	104
Tabla 28 : Comparación entre contribución de energía y capacidad.....	122
Tabla 29 : Carbono incorporado e impacto ambiental de los materiales cementantes utilizados en la construcción de viviendas de bahareque	124
Tabla 30 : Carbono incorporado e impacto ambiental del bambú utilizado en la construcción de viviendas de bahareque.....	125
Tabla 31 : Carbono incorporado e impacto ambiental de la madera utilizada en la construcción de viviendas de bahareque.....	126
Tabla 32: Operacionalización entre variables.....	135
Tabla 33 : Datos generales para suelos tipo CL.....	141
Tabla 34 : Parámetros sísmicos del distrito de la Florida, San Miguel, Cajamarca	142
Tabla 35 : Esfuerzos admisibles para el diseño de elementos estructurales.....	154
Tabla 36 : Coeficientes de modificación para esfuerzos admisibles	155
Tabla 37 : Esfuerzos admisibles modificados.....	155
Tabla 38 : Metrado de cargas.....	156
Tabla 39 : Clasificación de columnas según su esbeltez	164
Tabla 40 : Resultados de ensayos de corte, compresión y tensión	168
Tabla 41 : Ensayo de contenido de humedad en muestras ensayadas	169
Tabla 42 : Comparativo de propiedades mecánicas de la especie guadua angustifolia	172
Tabla 43: Partida para columnas (configuración 2C2F).....	178
Tabla 44 : Partidas para vigas (configuraciones varias)	179
Tabla 45 : Partidas para muros	180
Tabla 46: Materiales que generan mayores emisiones de tCO ₂ e en la construcción de la vivienda ecológica	192
Tabla 47: Materiales que generan mayores emisiones de tCO ₂ e en la construcción de la vivienda tradicional.....	195
Tabla 48: Derivas obtenidas del modelamiento.....	199
Tabla 49 : Derivas obtenidas del modelamiento considerando el arriostramiento de paneles	200
Tabla 50 : Valores de resistencia al corte registrados en diversas investigaciones	201
Tabla 51: Valores de resistencia a la compresión de diversas investigaciones	203
Tabla 52: Valores de resistencia a la tensión registrados en diversas investigaciones.	204

Tabla 53 : Comparación del costo entre la vivienda ecológica y la tradicional	206
Tabla 54: Partidas con diferencias significativas en el costo entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.....	206
Tabla 55: Comparación del plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.....	208
Tabla 56: Partidas con diferencias significativas en el plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.....	209
Tabla 57: Comparación de la emisión tCO ₂ e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional	211
Tabla 58: Materiales con diferencias significativas en la emisión de tCO ₂ e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.....	211

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Personas en situación de pobreza y pobreza extrema en América Latina (18 países), 1990-2020.....	1
Figura 2 : América Latina: tasa de crecimiento, 2018-2020.....	2
Figura 3 : Tasas de crecimiento del PIB en América Latina, segundo y tercer trimestre 2020	3
Figura 4 : Porcentaje de población en zonas urbanas y rurales en el Perú, 1950-2050	4
Figura 5 : Evolución del porcentaje de hogares con acceso a la red de agua en el Perú, (2010 – 2017).....	5
Figura 6 : Evolución del porcentaje de hogares con acceso a la red de desagüe en el Perú, (2010 – 2017)	5
Figura 7 : Evolución del porcentaje de hogares con acceso a la red eléctrica en el Perú, (2010 – 2017).....	6
Figura 8 : Impacto de la ocurrencia de los sismos en el Perú.....	12
Figura 9 : Muestra de la baja adherencia en construcciones de adobe posteriores al Terremoto de Pisco 2007.	13
Figura 10 : Muestra de la flexibilidad en construcciones de quincha (a base de madera y caña) posteriores al Terremoto de Pisco 2007	13
Figura 11: Tipo de expansión urbana por ciudad, 2020	14
Figura 12 : Viviendas autoconstruidas en el distrito de la Florida, Cajamarca, 2019	14
Figura 13 : Viviendas de bambú en Ecuador	15
Figura 14 : El bambú como estructura básica de las extensiones urbanas no consolidadas en Paita, Piura -Perú.....	16
Figura 15 : Tendencia en la concentración de CO ₂ en la atmósfera.....	17
Figura 16 : Energía eléctrica global por escenario - 2018, políticas declaradas y escenarios de desarrollo sostenible 2040.....	18
Figura 17 : Comparación de emisiones de CO ₂ entre China y América Latina en 2018	19
Figura 18 : Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero en el Perú, 2011-2018	21
Figura 19: "CHU", carácter originado del ideograma empleado por los primitivos chinos para designar al bambú, formado por dos tallos con ramas y hojas.	29
Figura 20 : Evolución de la vivienda de bambú en la India, a partir de su forma circular primitiva.....	30

Figura 21 : Entrada o "gopuran", derivada de la forma primitiva construida originalmente en bambú.....	30
Figura 22 : Foto Arqueológica de Caral, Lima, Perú, 2018.....	31
Figura 23 : Foto Arqueológica de Chan Chan, Trujillo, Perú, 2017.....	31
Figura 24 : Cúpula primitiva en bambú	32
Figura 25 : Viviendas en zonas periféricas a la ciudad de Manizales, Caldas, Colombia, 1974.	33
Figura 26 : Utilización de la esterilla en viviendas rurales en Colombia, 1974.	33
Figura 27 : Detalle de kiosco inicial	34
Figura 28 : Bahareque tradicional, detalle de la estructura del muro	53
Figura 29 : Bahareque convencional, detalle de la estructura del muro	53
Figura 30 : Panel prefabricado de quincha, detalle de la estructura del muro	54
Figura 31 : Esqueleto de madera y caña bambú abierta y extendida que recibirá una segunda estructura de concreto armado de 5cm de espesor.....	55
Figura 32 : Flujo lineal de materiales y RCD	56
Figura 33 : Flujo no lineal de materiales y residuos. BSC in situ.....	57
Figura 34 : BSC y su interacción con las instalaciones	57
Figura 35 : Aspectos del proceso constructivo con BSC.....	58
Figura 36 : Construcción con tierra, Marrakech	59
Figura 37 : Rizoma paquimorfo en Guadua weberbaueri.....	60
Figura 38 : Rizoma leptomorfo en Phyllostachys aurea	61
Figura 39 : Rizoma anfimorfo en Chusquea scandens	61
Figura 40 : Culmos de Phyllostachys aurea.....	62
Figura 41 : Yema de Bambú	62
Figura 42 : Hoja Caulinar del Bambú	63
Figura 43 :Ramificación infravaginal	63
Figura 44 : Ramificación extravaginal.....	64
Figura 45 : Ramificación intervaginal	64
Figura 46 : Distribución potencial de bambú a nivel mundial.....	65
Figura 47 : Plantaciones de bambú en el planeta, de 1990 al 2020	68
Figura 48 : Número de especies de bambú en 52 países e islas.....	69
Figura 49 : Bambú con hueco, no apto para selección óptima	70
Figura 50 : Marcación del tallo del bambú por edad	71
Figura 51 : Bambú maduro y de buena calidad apto para su cosecha	71

Figura 52 : Bisel en Bambú	72
Figura 53 : Corte correcto de bambú (apto para tumbar la caña)	72
Figura 54 : Halar el bambú	73
Figura 55 : Corte correcto al tocón	73
Figura 56 : Desramado y trozado del bambú	74
Figura 57 : Preservación química (bambú inmerso en solución de bórax y ácido bórico)	74
Figura 58 : Inclinación del bambú para su escurrimiento.....	75
Figura 59 : Secado del bambú al aire libre	75
Figura 60 : Secado del bambú en secadores solares	76
Figura 61 : Transporte de tallos de <i>Phyllostachys aurea</i>	76
Figura 62 : Plantación de bambú en la Florida, Cajamarca	77
Figura 63 : Bar "El Viento y el Agua" construido con bambú, Vietnam.....	78
Figura 64 : Múltiples usos del bambú.....	78
Figura 65 : Regulación de la corriente de agua y control de erosión del suelo con plantaciones de bambú.....	79
Figura 66 : Uso del bambú como elemento de arriostre, combinado en algunos casos con acero y concreto.	80
Figura 67 : Decoloración en tallo de bambú como consecuencia de enfermedad de la planta.....	81
Figura 68 :Incendio de viviendas de bambú en Guayaquil.....	81
Figura 69 : Bambú con deformación	82
Figura 70 : Partes de la <i>guadua angustifolia</i>	83
Figura 71 : Usos y partes de la <i>guadua</i>	85
Figura 72 : <i>Guadua angustifolia</i> (a y b: hojas caulinares, c: entrenudo, d: agua en entrenudo, e: nudo)	88
Figura 73 : <i>Guadua angustifolia</i> (rizoma paquimorfo)	89
Figura 74: Módulo para esfuerzo de flexión.....	93
Figura 75: Vivienda tradicional en bahareque tras el terremoto de Ecuador, 2016. El daño se limita al desconche del mortero, mientras la estructura ha resistido segura e intacta.....	100
Figura 76 : Consideraciones para el diseño de estructuras sismo resistentes de bambú	101

Figura 77 : Cargas aplicadas y reacciones de la edificación sismo resistente de bambú	102
Figura 78 : Sistema de cimentación formado por malla de vigas.....	103
Figura 79 : Anclaje de sobrecimiento a cimentación con barra de refuerzo.....	105
Figura 80 : Tipos de losa de piso y su relación con las vigas de cimentación.....	105
Figura 81 : Muro estructural diseñado para la Costa Central del Perú	107
Figura 82 : Muro con recubrimiento de mortero en ambos lados y en un solo lado	108
Figura 83 : Distribución de columnas en caña guadua arriostradas	109
Figura 84 : Cubierta liviana sobre correas de caña guadua	110
Figura 85 : Detalle de cobertura liviana.....	110
Figura 86 : Uniones en diagonal y perpendicular (A), unión de dos piezas en paralelo (B), unión perpendicular (C).....	111
Figura 87 : Corte pico de flauta (A), corte boca de pescado con ejemplo de varillas y pernos (B), unión perpendicular con corte boca de pescado (C)	113
Figura 88 : Vivienda de bambú, costo de \$ 1135.00 y una vida útil de 5 años, Ecuador	114
Figura 89 : Vivienda de bambú, costo de \$ 5000.00 y una vida útil de 20 años, Ecuador	115
Figura 90 : Vivienda de bambú, costo de \$ 140.00 por m ² , Bután – Asia.....	115
Figura 91 : Proyecto Modulo de vivienda, San Clemente Pisco, costo aproximado S/ 8,000.00 (24.6m ²), Perú.....	116
Figura 92 : Proyecto vivienda de dos pisos, San Clemente Pisco, costo aproximado S/ 50,000.00 (100m ²), Perú.....	117
Figura 93 : Proyecto Iglesia de la Compañía de Jesús, Pisco, costo aproximado S/ 200,000.00 (400m ²), Perú.....	117
Figura 94 : Cortes - Casa de bambú del Parque Ecológico de Surco	119
Figura 95 : Casa de Bambú del Parque Ecológico de Surco.	119
Figura 96 : Esquema de Cortes -habitación experimental	120
Figura 97 : Modelo final – Cabaña de Bambú.....	120
Figura 98 : Casa de Bambú para damnificados en Puebla – México	121
Figura 99 : Impacto ambiental de una vivienda de bahareque comparado con el de una vivienda de mampostería	123
Figura 100 : Impacto ambiental de los elementos de una vivienda de bahareque encementado	123

Figura 101 : Colocación de pintura al óleo a la caña guadua ubicada en exteriores	129
Figura 102 : Colocación de barniz a la caña guadua ubicada en interiores	129
Figura 103 : Daño severo causado por termitas en el bambú, Costa Rica.....	130
Figura 104 : Daño causado por escarabajos en el bambú, Colombia	130
Figura 105 : Daño por hongos causante de fisuras y blanqueamiento del bambú, Colombia.....	131
Figura 106 : Pudrición de paredes de bambú y presencia de moho en la base debido a salpicado de agua de lluvia proveniente del techo, Costa Rica	131
Figura 107 : Rajaduras en bambú por cargas.....	132
Figura 108 : Mapa de la provincia de San Miguel, Cajamarca.....	139
Figura 109 : Imagen satelital de ubicación de zona del proyecto	139
Figura 110: Vista en planta de la vivienda ecológica	145
Figura 111 : Vista en corte de la vivienda ecológica.....	145
Figura 112 : Tabiquería de bambú preservado para interiores	146
Figura 113 : Vista de puerta de ingreso, mamparas de vidrio y cubierta tecnoblock...	147
Figura 114: Detalle de tabiquería interior	147
Figura 115 : Configuración de muros perimétricos	148
Figura 116 : Datos sísmicos de la edificación.	149
Figura 117 : Comprobación de predimensionamiento 1	150
Figura 118 : Comprobación de predimensionamiento 2.....	150
Figura 119 : Dimensiones comprobadas de la viga de cimentación.....	151
Figura 120: Predimensionamiento de zapatas conectadas	151
Figura 121: Predimensionamiento de zapatas conectadas	152
Figura 122 : Esquema de zapatas conectadas	152
Figura 123: Detalle de acero de refuerzo en zapatas conectadas.....	153
Figura 124: Detalle de cimentación de la vivienda ecológica	153
Figura 125 : Parámetros físicos de la viga perimetral	156
Figura 126 : Fuerza cortante y momento en viga perimetral	157
Figura 127 : Parámetros físicos de la viga cumbreira.....	160
Figura 128 : Fuerza cortante y momento en viga cumbreira	160
Figura 129: Parámetros físicos de la columna	162
Figura 130 : Fuerza cortante y momento en columna	163
Figura 131 : Adquisición de bambú preservado de 4 años en la zona norte del Perú ..	168
Figura 132: Corte, maquinado y rotulado de muestras para ensayos	169

Figura 133 : Ensayo de compresión.....	170
Figura 134 : Ensayo de corte	170
Figura 135: Ensayo de Tensión	171
Figura 136 : Creación de Ejes.....	173
Figura 137 : Definición de propiedades del bambú guadua angustifolia	173
Figura 138 : Diseño de vigas y viguetas (A: viga perimetral 1C3F, B: viga cumbrera 2C3F, C: viguetas 1C1F)	174
Figura 139 : Diseño de columnas 2C2F.....	175
Figura 140 : Diseño de vivienda ecológica y asignación de elementos estructurales ..	175
Figura 141 : Creación de combinaciones de carga	176
Figura 142 : Toma de tiempo de armado e instalación de columnas y vigas	177
Figura 143: Impacto de las partidas en el costo de la vivienda ecológica	183
Figura 144: Impacto de las partidas en el costo de la vivienda tradicional	185
Figura 145: Materiales que generan mayores emisiones de tCO ₂ e en la construcción de la vivienda ecológica	192
Figura 146: Materiales que generan mayores emisiones de tCO ₂ e en la construcción de la vivienda tradicional.....	195
Figura 147 : Asignación de cargas.....	197
Figura 148 : Creación de condiciones de sismo estático y dinámico en el eje x	198
Figura 149: Diagrama de esfuerzos cortantes obtenido con la envolvente de combinaciones de cargas	198
Figura 150 : Diagrama de momentos obtenido con la envolvente de combinaciones de cargas	199
Figura 151: Modelamiento considerando el arriostamiento de paneles	200
Figura 152: Comparación de derivas inelásticas	201
Figura 153: Tendencia de valores obtenidos en ensayos de corte	202
Figura 154: Comparación entre valores de resistencia al corte obtenidos en la investigación y los establecidos en la NTP E.100	202
Figura 155: Tendencia de valores obtenidos en ensayos a la compresión.....	203
Figura 156: Comparación entre valores de resistencia a la compresión obtenidos en la investigación y los establecidos en la NTP E.100	204
Figura 157: Tendencia de valores obtenidos en ensayos de tensión.....	205
Figura 158: Comparación entre valores de resistencia a la tensión obtenidos en la investigación y los establecidos en la NTP E.100	205

Figura 159: Análisis comparativo de partidas con diferencias significativas en el costo entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.....	207
Figura 160 : Costo de construcción por m2 (en Soles) de viviendas que utilizaron bambú como material estructural.....	208
Figura 161: Análisis comparativo de partidas con diferencias significativas en el plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la tradicional	210
Figura 162: Plazo de construcción de viviendas que utilizaron bambú como material estructural.....	210
Figura 163: Análisis comparativo de materiales con diferencias significativas en relación a la emisión de tCO ₂ e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional ..	212

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal analizar si una vivienda ecológica cumple criterios sismo resistentes utilizando el bambú como elemento estructural y su relación con el costo, plazo e impacto ambiental generado, considerando como zona de emplazamiento el distrito de La Florida en San Miguel, Cajamarca, con el propósito de dar a conocer una alternativa de vivienda segura, económica y sostenible ambientalmente, debido a que en la actualidad el problema de la carencia de viviendas sismo resistentes obedece básicamente a las deficientes condiciones económicas de la población, así como a la falta de conocimiento y aplicación de nuevas tecnologías viéndose agravada esta problemática por las autoconstrucciones y la ubicación del país en el cinturón del fuego. La investigación consideró la realización de pruebas de laboratorio a muestras de bambú, posteriormente se llevó a cabo el diseño arquitectónico de una vivienda de un piso, para luego realizar el diseño estructural considerando los criterios sísmicos aplicables a la zona de estudio. Seguidamente se procedió al análisis con el software Etabs, comprobándose que cumplió con los criterios sismo resistentes requeridos, a continuación, se calculó el costo, plazo y por último la cuantificación de la emisión de dióxido de carbono generado en la construcción de dicha vivienda. Para efectos comparativos se consideró una vivienda de similares características construida con métodos tradicionales. Se concluyó que el bambú cumple criterios sismo resistentes como elemento estructural en la vivienda ecológica, además de contar con una óptima respuesta en relación al costo, plazo e impacto ambiental generado.

Palabras claves: vivienda ecológica, bambú, sismo resistente, sostenible.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to analyze whether an ecological home meets earthquake resistant criteria using bamboo as a structural element and its relationship with the cost, term and environmental impact generated, considering as the location area the district of La Florida in San Miguel, Cajamarca , with the purpose of publicizing a safe, economical and environmentally sustainable housing alternative, because at present the problem of the lack of earthquake resistant housing is basically due to the poor economic conditions of the population, as well as the lack of knowledge and application of new technologies, this problem being aggravated by self-construction and the country's location in the belt of fire. The investigation considered carrying out laboratory tests on bamboo samples, subsequently the architectural design of a one-story house was carried out, and then the structural design was carried out considering the seismic criteria applicable to the study area. Next, the analysis was carried out with the Etabs software, verifying that it met the required earthquake resistant criteria, then the cost, term and finally the quantification of the carbon dioxide emission generated in the construction of said house was calculated. For comparative purposes, a house with similar characteristics built with traditional methods was considered. It was concluded that bamboo meets earthquake resistant criteria as a structural element in ecological housing, in addition to having an optimal response in relation to cost, term and generated environmental impact.

Keywords: ecological housing, bamboo, earthquake resistant, sustainable.

INTRODUCCIÓN

Los niveles de pobreza a nivel Latinoamérica y especialmente en nuestro país se han visto incrementados en los últimos años, más aún a consecuencia de la pandemia covid-19, la cual ha impactado desfavorablemente en la tasa de desempleo y bajo poder adquisitivo de la población. Se suma a esta problemática las construcciones informales presentes en las zonas rurales de nuestro país, principal causa de devastación ante fenómenos sísmicos. El distrito de la Florida, en la provincia de San Miguel, Departamento de Cajamarca es una muestra representativa de este tipo de zonas, en la que los pobladores consideran que la mejora en sus construcciones debe darse como consecuencia de un cambio de materiales, descartando el avance tecnológico aplicado a sus materias primas. La finalidad de la presente investigación es dar a conocer una alternativa de vivienda segura, económica y sostenible ambientalmente mediante el diseño y análisis de una vivienda que considere el bambú como elemento estructural, para lo cual se ha dividido la investigación en cinco capítulos:

En el Capítulo I se presenta el planteamiento y delimitación del problema, se plantea como objetivo general analizar una vivienda ecológica que cumpla criterios sismo resistentes utilizando el bambú como elemento estructural y su relación con el costo, plazo e impacto ambiental generado por este tipo de construcción en el distrito de La Florida, San Miguel – Cajamarca. Adicionalmente se aborda la delimitación, justificación, importancia y limitaciones de la investigación.

En el Capítulo II se presenta información que sirve de base teórica para la justificación del presente estudio, investigaciones nacionales e internacionales, estudios realizados por diversas organizaciones especializadas en el bambú y sus aplicaciones, así como normativa nacional e internacional que vincula las variables de estudio.

En el Capítulo III se plantea como hipótesis general que el bambú cumple criterios sismo resistentes como elemento estructural en una vivienda ecológica, además de contar con una óptima respuesta en relación al costo, plazo e impacto ambiental generado, adicionalmente se presenta la definición conceptual de las variables y su operacionalización.

En el Capítulo IV se describe la metodología de la investigación, tipo, enfoque y diseño, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo V se realiza el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda ecológica, así como el análisis sísmico resistente respectivo, por otro lado, se presenta el costo, plazo e impacto ambiental generado en comparación con una vivienda tradicional, para posteriormente proceder al análisis de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos

Durante el sexenio 2014-2019 en América Latina el porcentaje de pobreza extrema aumentó del 7.8% al 11.3% de la población, y la pobreza del 27.8% al 30.5%, según lo indicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021), como se observa en la Figura N°1, dicha situación ha repercutido en la población a nivel Latinoamérica, que presenta actualmente serias deficiencias para la adquisición de viviendas, recurriendo a las construcciones artesanales, afectando la exposición y vulnerabilidad de la población a los diversos fenómenos climáticos, deficiencia en el acceso a los servicios básicos y la alteración del bienestar físico y mental de sus ocupantes.

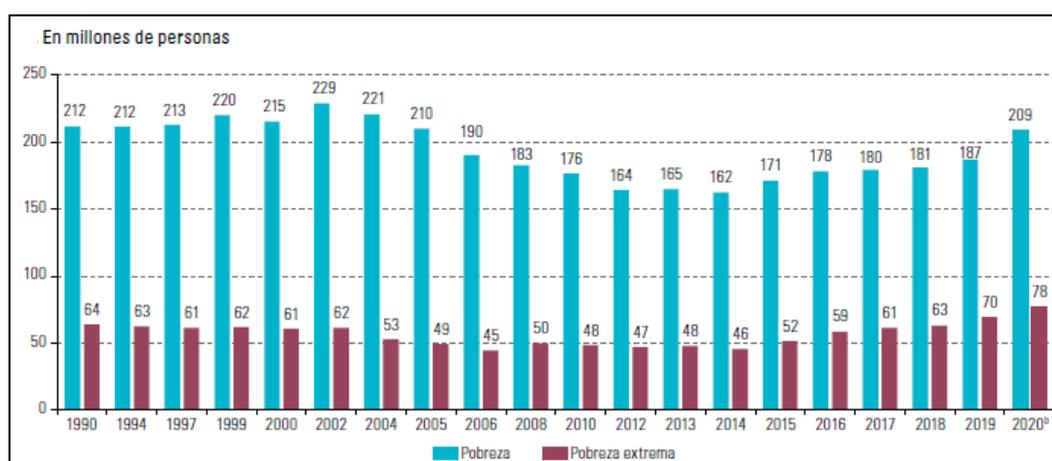


Figura 1 : Personas en situación de pobreza y pobreza extrema en América Latina (18 países), 1990-2020

Fuente: “Panorama Social de América Latina 2020”, por CEPAL, sobre la base del Banco de Datos de Encuestas de Hogares (BADEHOG) (2021, p.15)

Según el Balance Preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2020 realizado por CEPAL (2021), antes de la pandemia Covid-19 la Región ya presentaba un bajo crecimiento económico, en promedio un 0.3% en el sexenio 2014-2019, y durante el 2019 una tasa de crecimiento del 0.1%. Con la llegada de la pandemia Covid-19 y la implantación de políticas de confinamiento y el cierre de actividades productivas, la Región presentó su peor crisis en los

últimos 120 años, con la caída del 7.7% del PBI regional. Dicha contracción de la actividad económica ha repercutido en un aumento significativo de la tasa de desempleo, que se estimó en alrededor del 10.7% para 2020. En términos subregionales, se observó que América del Sur, México y Centro América sufrieron una gran contracción en el segundo y tercer trimestre del año 2020, con respecto a los mismos trimestres del año anterior, como se observa en la Figura N°2.

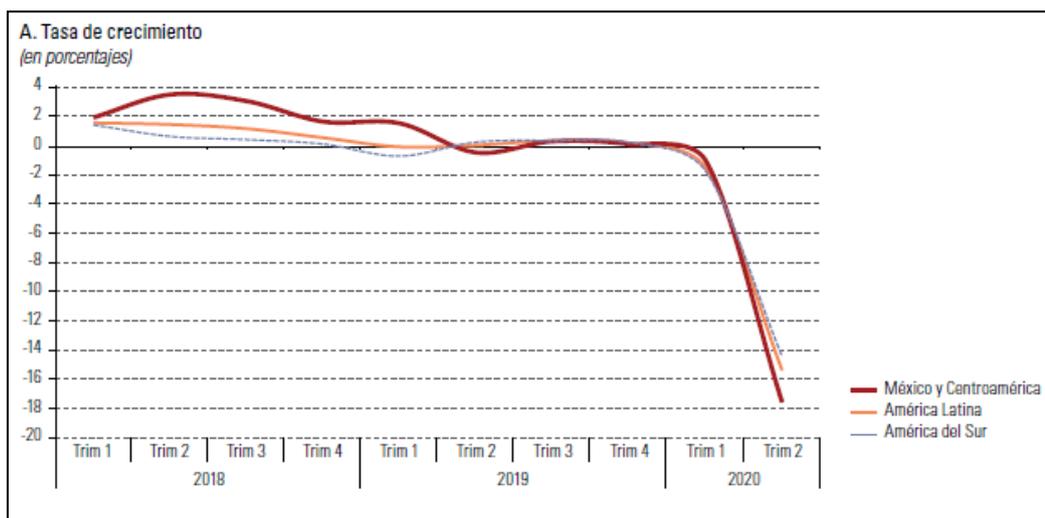


Figura 2 : América Latina: tasa de crecimiento, 2018-2020.

Fuente: “Balance Preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2020”, por CEPAL, sobre la base de cifras oficiales. (2021, p.59)

A causa de la recesión inducida por la pandemia Covid-19, en el año 2020 la economía en el Perú se contrajo de una tasa del 30% al 10% durante el segundo y tercer trimestre del año respectivamente, según lo indicado por CEPAL (2021), como se observa en la Figura N°3, impactando en el índice de desempleo y bajo poder adquisitivo de la población, quienes ven como una alternativa viable de solución la construcción de sus viviendas de forma artesanal, sin considerar la exposición a los diversos fenómenos ni el impacto ambiental generado, asimismo, la falta de educación y acceso a nuevas tecnologías limita la gama de posibilidades para el acceso a una vivienda segura y económica.

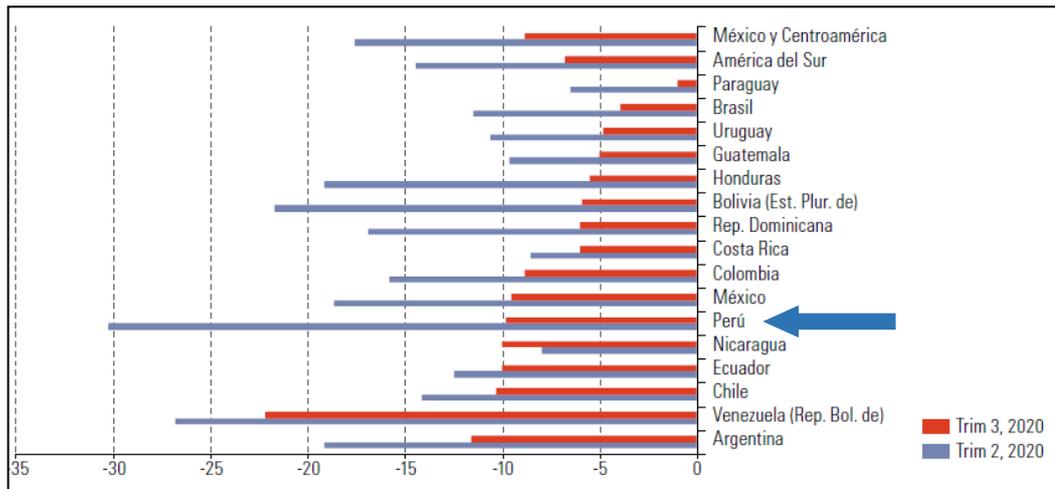


Figura 3 : Tasas de crecimiento del PIB en América Latina, segundo y tercer trimestre 2020

Fuente: “Balance Preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2020”, por CEPAL, sobre la base de cifras oficiales. (2021, p.60)

Adicionalmente, en el Perú existe una gran deficiencia al acceso a los servicios básicos de agua, desagüe, energía eléctrica y sobre todo a una vivienda segura por parte de la población que habita en zonas rurales, estimada por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2018) en un 22%, como se observa en la Figura N°4, esta situación se ve aún más agravada considerando que el Perú se encuentra ubicado en el cinturón de Fuego, por lo que está expuesto a movimientos sísmicos no previstos, según lo indicado por la Presidencia del Consejo de Ministros del Perú (PCM, 2019), razón por la cual las construcciones en general deberían ser supervisadas por Especialistas del Sector, que garanticen que las mismas cumplan los criterios mínimos de seguridad.

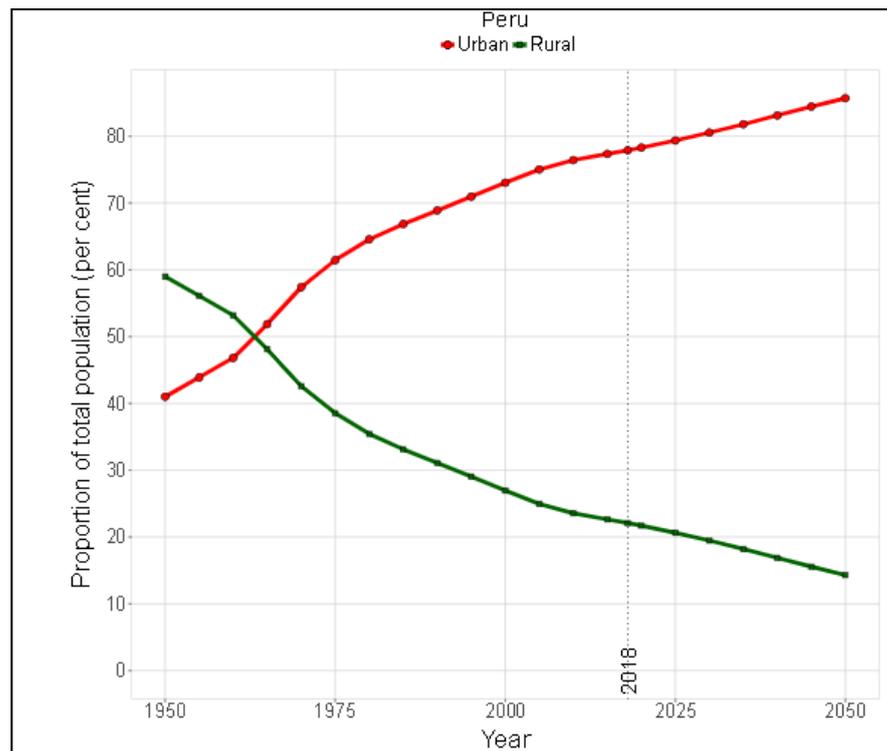


Figura 4 : Porcentaje de población en zonas urbanas y rurales en el Perú, 1950-2050

Fuente: Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (2018)

El Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS, 2019), en base a los datos de la Encuesta Nacional de Hogares realizada el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), ha evaluado el porcentaje de hogares con acceso a los servicios básicos durante el periodo 2010-2017 en el Perú. De esta evaluación se verifica que, en todos los casos, son las zonas rurales las más afectadas, así por ejemplo al año 2017, solo el 69.8% de las viviendas en zonas rurales contaba con acceso al servicio de agua, como se observa en la Figura N°5, el 44.7% a la red de desagüe, como se observa en la Figura N°6 y el 81.4% a la red de energía eléctrica, como se observa en la Figura N°7.

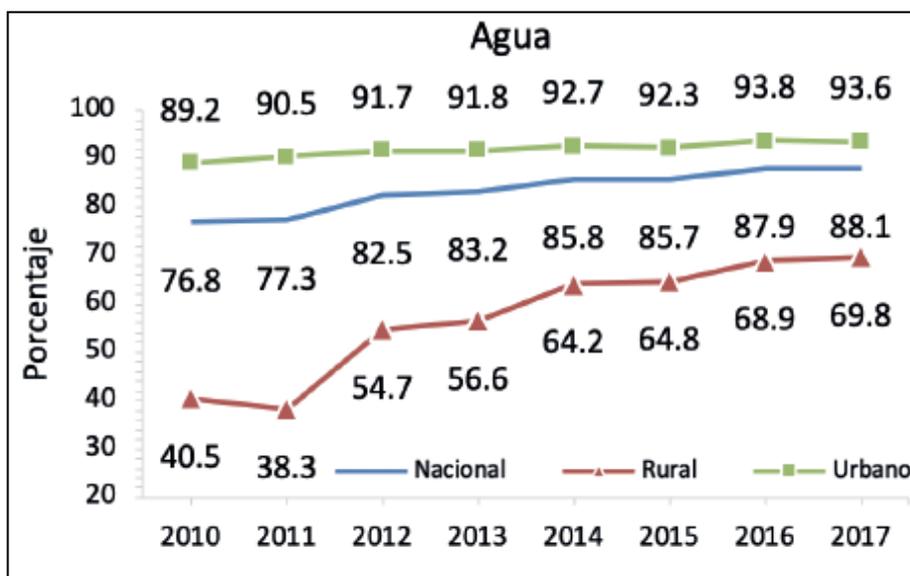


Figura 5 : Evolución del porcentaje de hogares con acceso a la red de agua en el Perú, (2010 – 2017)

Fuente: “¿Dónde invertir para incluir?”, por el MIDIS – DGSE, sobre la Base de la Encuesta Nacional de Hogares 2010-2017, INEI. (2019, p.3)

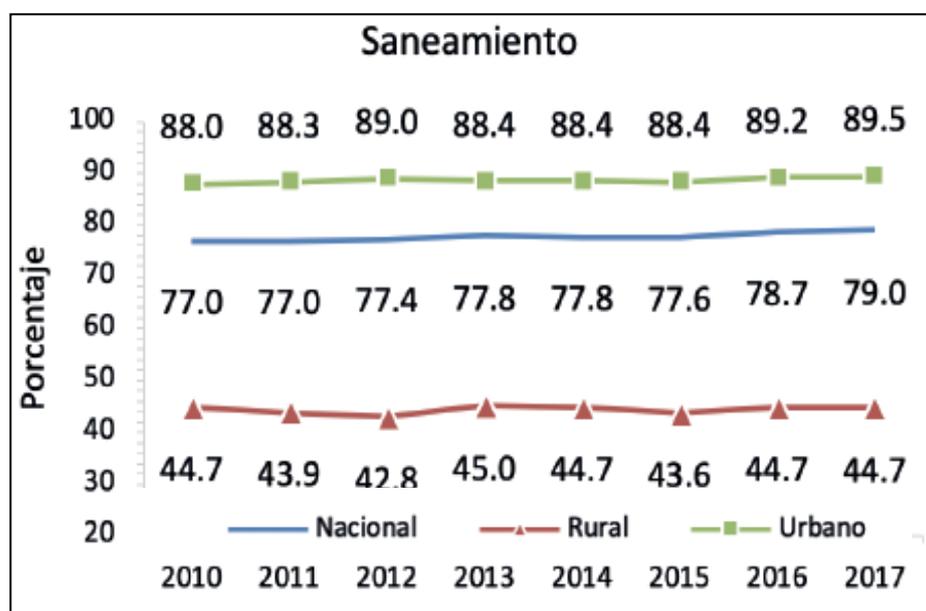


Figura 6 : Evolución del porcentaje de hogares con acceso a la red de desagüe en el Perú, (2010 – 2017)

Fuente: “¿Dónde invertir para incluir?”, por el MIDIS – DGSE, sobre la Base de la Encuesta Nacional de Hogares 2010-2017, INEI. (2019, p.3)

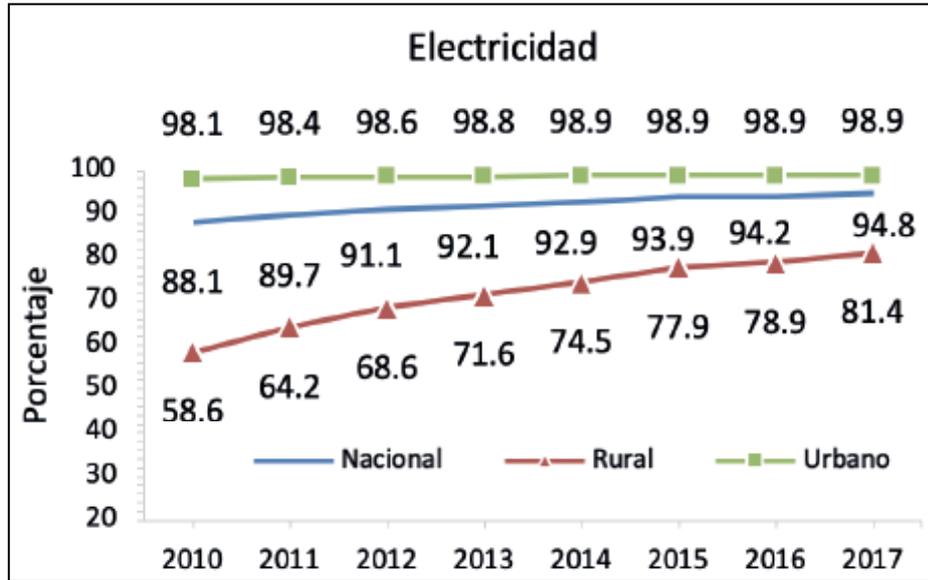


Figura 7 : Evolución del porcentaje de hogares con acceso a la red eléctrica en el Perú, (2010 – 2017)

Fuente: “¿Dónde invertir para incluir?”, por el MIDIS – DGSE, sobre la Base de la Encuesta Nacional de Hogares 2010-2017, INEI. (2019, p.3)

Cajamarca es el quinto departamento más poblado del país con 1’341,012 habitantes, con un 64.6% de población rural según el XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas realizado en el año 2017, como se observa en la Tabla N°1, asimismo, de las viviendas censadas con ocupantes presentes, sólo el 53% contaba con servicio de agua mediante la red pública, 32.5% contaba con acceso a la red pública de desagüe y el 80.7% con servicio de alumbrado eléctrico conectado a la Red Pública.

Tabla 1 : Cajamarca: Población censada urbana y rural y tasa de crecimiento promedio anual, 2007 y 2017

Año	Total	Población		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual (%)	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
2007	1 387 809	390 899	996 910				
2017	1 341 012	475 068	865 944	84 169	- 130 966	2,0	-1,4

Fuente: “Cajamarca – Resultados definitivos”, por el INEI, sobre la Base del Censo Nacional de Población y Vivienda 2007 y 2017. (2018, p.24)

Según el Informe Económico y Social de la Región Cajamarca presentado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCR, 2019), Cajamarca a pesar de ser una de las principales regiones dedicada a la agricultura, la tercera región productora de café y predominante en el sector minero, presenta problemas para la reducción de la pobreza, como se observa en la Tabla N°2 y Tabla N°3. Actualmente, a pesar que las grandes brechas se han reducido de acuerdo a la última información del INEI, sigue siendo una de las regiones más pobres del país. Cajamarca conformó el grupo 1 de mayor pobreza extrema, tanto en 2017, como en 2018. En este último año la incidencia de pobreza extrema en la Región se encontró entre el rango de 8.5% y 13.9%, como se observa en la Tabla N°4, no obstante haberse reducido, son aún tasas elevadas dentro del contexto nacional.

Tabla 2: Grupo de Regiones con niveles de pobreza estadísticamente semejantes, 2007-2016.

Año	Grupo	Regiones	Intervalos de confianza al 95 por ciento	
			Inferior	Superior
2007	Grupo 1	Huancavelica	80,9	89,1
	Grupo 2	Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco	65,2	71,1
	Grupo 3	Amazonas, Cusco, Loreto, Pasco, Piura, Puno, San Martín	54,1	59,0
	Grupo 4	Ancash, Junín, La Libertad, Lambayeque, Ucayali	40,7	46,6
	Grupo 5	Arequipa, Ica, Lima1/, Moquegua, Tacna, Tumbes	23,5	27,2
	Grupo 6	Madre de Dios	10,1	17,6
2016	Grupo 1	Cajamarca, Huancavelica	43,8	50,9
	Grupo 2	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Loreto, Pasco, Piura, Puno	32,4	36,1
	Grupo 3	Ancash, Cusco, La Libertad, San Martín,	20,6	24,7
	Grupo 4	Junín, Lambayeque, Tacna	14,0	18,1
	Grupo 5	Arequipa, Madre de Dios, Moquegua, Provincia Callao, Provincia Lima, Región Lima, Tumbes, Ucayali	9,6	12,0
	Grupo 6	Ica	1,8	4,3

Fuente: “Informe Económico y Social, Región Cajamarca”, por el BCR, Tabla elaborada por el INEI. (2019, p.39)

Tabla 3 : Grupo de Regiones con niveles de pobreza estadísticamente semejantes, 2017-2018.

Año	Grupo	Regiones	Intervalos de confianza al 95 por ciento	
			Inferior	Superior
2017	Grupo 1	Cajamarca	43,1	52,0
	Grupo 2	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Loreto, Pasco, Puno	33,3	36,8
	Grupo 3	Ancash, Cusco, Junín, La Libertad, Piura, San Martín	23,0	26,2
	Grupo 4	Arequipa, Lambayeque, Moquegua, Provincia Callao, Provincia Lima, Región Lima, Tacna, Tumbes, Ucayali	12,1	14,6
	Grupo 5	Ica, Madre de Dios	2,1	4,8
2018	Grupo 1	Cajamarca	37,4	46,3
	Grupo 2	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Loreto, Pasco, Puno	32,9	36,2
	Grupo 3	Ancash, Cusco, Junín, La Libertad, Piura, San Martín	21,6	24,6
	Grupo 4	Arequipa, Lambayeque, Moquegua, Provincia Callao, Provincia Lima, Región Lima, Tacna, Tumbes, Ucayali	11,3	13,8
	Grupo 5	Ica, Madre de Dios	1,8	4,4

Fuente: “Informe Económico y Social, Región Cajamarca”, por el BCR, Tabla elaborada por el INEI. (2019, p.39)

Tabla 4 : Grupo de Regiones con niveles de pobreza extrema estadísticamente semejantes, 2017 y 2018

Grupo	Regiones	Intervalo de confianza al 95 por ciento	
		Inferior	Superior
2017			
Grupo 1	Cajamarca	13,5	20,5
Grupo 2	Amazonas, Huancavelica, Loreto, Puno	7,4	10,2
Grupo 3	Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Junín, Pasco, Piura	4,7	6,5
Grupo 4	Ancash, Cusco, La Libertad, San Martín, Ucayali	2,9	4,4
Grupo 5	Arequipa, Ica, Lambayeque, Madre de Dios, Moquegua, Provincia Callao, Provincia Lima, Región Lima, Tacna, Tumbes	0,4	1,0
2018			
Grupo 1	Cajamarca	8,5	13,9
Grupo 2	Amazonas, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Loreto, Pasco, Puno	6,0	7,7
Grupo 3	Ancash, Apurímac, Cusco, Junín, La Libertad, Piura, San Martín	2,6	3,6
Grupo 4	Arequipa, Provincia Callao, Ica, Lambayeque, Provincia Lima, Madre de Dios, Moquegua, Región Lima, Tacna, Tumbes, Ucayali	0,3	0,7

Fuente: “Informe Económico y Social, Región Cajamarca”, por el BCR, Tabla elaborada por el INEI. (2019, p.40)

Asimismo, según el BCR (2019), el indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI) muestra aún a parte de la población de Cajamarca con viviendas con características físicas inadecuadas, con hacinamiento y sin conexión a la red de desagüe, hogares con niños que no asisten a la escuela y con alta dependencia económica, siendo la necesidad básica insatisfecha más relevante la de población con viviendas de características físicas inadecuadas, cuyo indicador se redujo desde el 2007 al 2017 solo un 1.7% según el INEI, como se observa en la Tabla N°5.

Tabla 5 : Componentes parciales del indicador NBI, 2007 y 2017

	2007	2017	Brecha 1/		Variación	
			2007	2017	Puntos porcentuales	% anual
Población en viviendas con características físicas inadecuadas						
Perú	11,9	8,9			-3,0	-2,9
Cajamarca	8,5	6,8	-3,4	-2,1	-1,7	-2,2
Población en vivienda con hacinamiento						
Perú	20,0	11,9			-8,1	-5,1
Cajamarca	34,2	18,8	14,2	6,9	-15,4	-5,8
Población en vivienda sin desagüe de ningún tipo						
Perú	17,2	5,8			-11,4	-10,3
Cajamarca	19,2	4,6	2,0	-1,2	-14,6	-13,3

Fuente: “Informe Económico y Social, Región Cajamarca”, por el Banco Central de Reserva del Perú – BCR, Tabla elaborada por el INEI. (2019, p.45)

Según el Informe Nacional Perú - Perfil Sociodemográfico 2017, realizado por el INEI (2018) del total de las viviendas particulares censadas en Cajamarca con ocupantes presentes en el año 2017, el 68.21% estaba representado por viviendas en áreas rurales, de las cuales sólo el 5.45% contaba con ladrillo o bloques de cemento como material predominante en sus paredes, 60.28% empleó adobe y el 34.27% restante empleó diversos materiales, como se observa en la Tabla N°6, que si bien es cierto son materiales más económicos no ofrecen ningún tipo de seguridad para sus habitantes, tales como la estera, la tapia, la quincha o la piedra con barro.

Tabla 6 : Viviendas particulares con ocupantes presentes por material predominante en las paredes exteriores de la vivienda, según departamento y área de residencia

Departamento y área de residencia	Total	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								Otro material 1/
		Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe	Tapia	Quincha	Piedra con barro	Madera	Triplay / calamina / estera	
Total	7 698 900	4 298 274	43 170	1 791 829	356 665	164 538	77 593	727 778	239 012	41
Área urbana	5 884 013	4 152 643	39 073	805 987	81 216	108 803	11 261	473 431	211 584	15
Área rural	1 814 887	145 631	4 097	985 842	275 449	55 735	66 332	254 347	27 428	26
Amazonas	102 407	17 011	133	41 115	12 117	6 272	938	23 370	1 451	-
Área urbana	40 748	13 755	76	20 499	2 438	984	174	2 486	336	-
Área rural	61 659	3 256	57	20 616	9 679	5 288	764	20 884	1 115	-
Áncash	295 899	115 565	422	110 522	31 272	2 631	885	4 025	30 576	1
Área urbana	179 843	109 431	346	32 127	4 512	1 428	185	3 563	28 251	-
Área rural	116 056	6 134	76	78 395	26 760	1 203	700	462	2 325	1
Apurímac	120 548	25 092	132	90 796	956	141	1 935	799	696	1
Área urbana	49 541	22 159	85	26 075	212	36	74	371	529	-
Área rural	71 007	2 933	47	64 721	744	105	1 861	428	167	1
Arequipa	381 388	294 599	17 613	30 574	261	7 279	6 249	10 537	14 274	2
Área urbana	342 927	283 933	16 779	17 483	50	5 410	830	7 436	11 004	2
Área rural	38 461	10 666	834	13 091	211	1 869	5 419	3 101	3 270	-
Ayacucho	173 344	45 289	640	98 430	9 217	419	6 478	11 343	1 523	5
Área urbana	89 756	42 359	462	39 428	1 998	62	908	3 727	812	-
Área rural	83 588	2 930	178	59 002	7 219	357	5 570	7 616	711	5
Cajamarca	376 223	83 293	339	195 103	69 207	9 023	9 708	8 315	1 235	-
Área urbana	119 608	69 305	168	40 409	6 985	770	443	913	615	-
Área rural	256 615	13 988	171	154 694	62 222	8 253	9 265	7 402	620	-

Fuente: “Informe Nacional Perú - Perfil Sociodemográfico 2017”, por el INEI, sobre la Base del Censo Nacional de Población y Vivienda 2017. (2018, p.545)

En el área rural de Cajamarca, según lo indicado por el INEI (2018), se observa que aún siguen existiendo chozas, cabañas, viviendas improvisadas y otras localizadas en zonas no destinadas para la habitación humana, como se observa en la Tabla N°7, siendo estos tipos de viviendas inseguras para sus habitantes, asimismo, según el BCR (2019) son las viviendas ubicadas en las zonas rurales las que presentan mayores deficiencias, tal es así que en Cajamarca sólo el 2.7 % de estas cuentan con techo de concreto armado, predominando en la región el techo a base de planchas de calamina, fibras de cemento o similares con un 56.8%, de igual manera sólo el 8% y 13.3% cuentan paredes y pisos de cemento respectivamente, como se observa en la Tabla N°8.

Tabla 7 : Viviendas particulares en Cajamarca, según área urbana y rural; y tipo de vivienda, 2007 y 2017

Área urbana y rural / Tipo de vivienda	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Urbana	100 788	100,0	144 319	100,0	43 531	43,2	4 353	3,7
Casa independiente	89 148	88,4	132 838	92,0	43 690	49,0	4 369	4,1
Departamento en edificio	3 091	3,1	5 444	3,8	2 353	76,1	235	5,8
Vivienda en quinta	5 125	5,1	3 024	2,1	- 2 101	-41,0	- 210	-5,1
Vivienda en casa de vecindad	2 945	2,9	2 596	1,8	- 349	-11,9	- 35	-1,3
Vivienda improvisada	254	0,3	253	0,2	- 1	-0,4	0	0,0
Local no destinado para habitación humana	143	0,1	164	0,1	21	14,7	2	1,4
Otro tipo ^{1/}	82	0,1	0	0,0	-82	-100,0	-8	-100,0
Rural	311 587	100,0	359 107	100,0	47 520	15,3	4 752	1,4
Casa independiente	296 802	95,4	354 533	98,8	57 731	19,5	5 773	1,8
Departamento en edificio	33	0,0	13	0,0	- 20	-60,6	- 2	-8,9
Vivienda en quinta	89	0,0	62	0,0	- 27	-30,3	- 3	-3,6
Vivienda en casa de vecindad	76	0,0	107	0,0	31	40,8	3	3,5
Chozas o cabañas	14 396	4,6	4 182	1,2	- 10 214	-71,0	- 1 021	-11,6
Vivienda improvisada	69	0,0	104	0,0	35	50,7	4	4,2
Local no destinado para habitación humana	109	0,0	106	0,0	- 3	-2,8	0	-0,3
Otro tipo ^{1/}	13	0,0	0	0,0	-13	-100	-1	-100,0

Fuente: “Cajamarca – Resultados definitivos”, por el INEI, sobre la Base del Censo Nacional de Población y Vivienda 2007 y 2017. (2018, p.50)

Tabla 8 : Algunas características de las viviendas particulares según el área de residencia, 2007-2017

(En porcentaje)			
	2007	2017	Variación 1/
Paredes exteriores de ladrillo o bloque de cemento			
Perú	46,7	55,8	9,1
Cajamarca	14,4	22,1	7,7
Área urbana	40,7	70,6	29,9
Área rural	1,7	8,0	6,3
Piso de cemento			
Perú	38,2	42,2	4,0
Cajamarca	21,5	27,3	5,8
Área urbana	53,7	57,4	3,8
Área rural	5,9	13,3	7,4
Techo de concreto armado			
Perú	-	42,8	-
Cajamarca	-	16,3	-
Área urbana	-	45,5	-
Área rural	-	2,7	-

Fuente: “Informe Económico y Social, Región Cajamarca”, por el BCR, Tabla elaborada por el INEI. (2019, p.106)

Por otro lado, el Programa presupuestal de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres - PREVAED elaborado por la PCM (2019), refiere que el Perú por su ubicación geográfica está expuesto a diversos peligros generados por fenómenos naturales, así pues señala su exposición a movimientos sísmicos al formar parte del denominado cinturón de fuego del pacífico, así como a la presencia del fenómeno del niño por su proximidad a la región tropical de Sudamérica, señalando que se suma a esta realidad física y fenomenológica la ocupación del territorio de una forma desordenada e insegura así como la inexistencia de inversiones seguras y sostenibles. Precisa además que, si bien es cierto, los fenómenos de geodinámica interna, donde están incluidos los movimientos sísmicos, cuentan con un bajo índice de ocurrencias a nivel nacional, debido a las características de sus parámetros, una sola ocurrencia podría superar ampliamente el impacto total generado por todos los peligros juntos, tal es así que el terremoto de Pisco 2007 ocasionó la pérdida de 597 vidas humanas, el 90.1% del total anual de pérdidas a causa de la materialización de un peligro y un 360% más que el promedio multianual de fallecidos, como se observa en la Figura N°8.

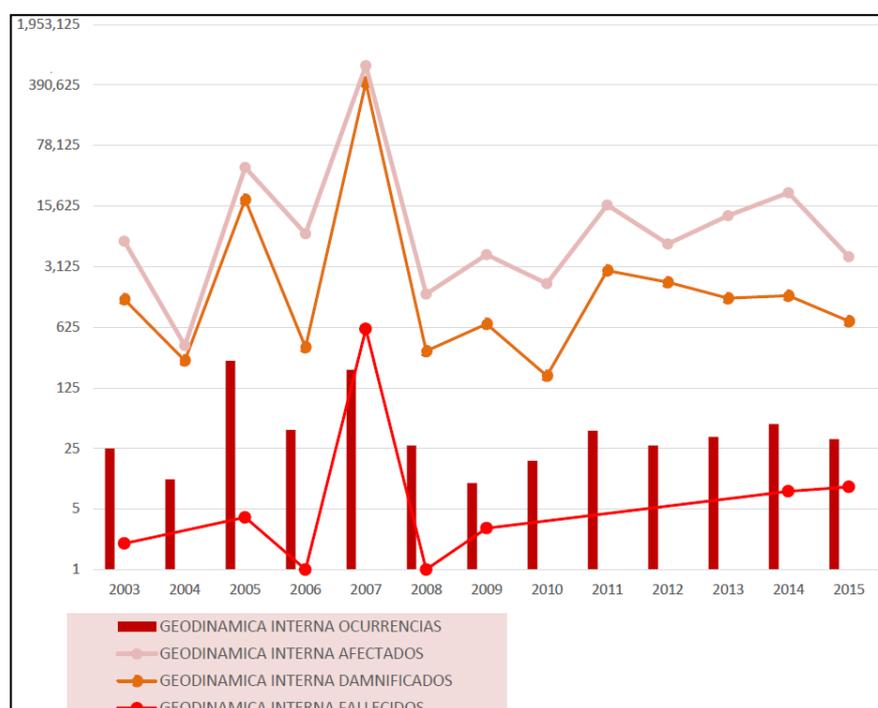


Figura 8 : Impacto de la ocurrencia de los sismos en el Perú

Fuente: “PREVAED”, por la PCM, figura de INDECI – Compendio Estadístico 2016. (2019, p.18)



Figura 9 : Muestra de la baja adherencia en construcciones de adobe posteriores al Terremoto de Pisco 2007.

Fuente: “Estudio de la zona afectada por el terremoto de Pisco” por Misión CERESIS / UNESCO, Astroza, M. (2007, p.4)



Figura 10 : Muestra de la flexibilidad en construcciones de quincha (a base de madera y caña) posteriores al Terremoto de Pisco 2007

Fuente: “Estudio de la zona afectada por el terremoto de Pisco” por Misión CERESIS / UNESCO, Astroza, M. (2007, p.8)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021) en el Perú existen viviendas que presentan mayor vulnerabilidad frente a los movimientos sísmicos, las cuales se caracterizan principalmente por haber sido construidas sin supervisión técnica o profesional, estas son las también conocidas como viviendas autoconstruidas. Se ha estimado que cerca al 70% de las viviendas en el Perú son autoconstruidas y en provincias como Cajamarca más del 85%.

Asimismo, la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO, 2020) hace mención que uno de los indicadores por el cual las familias optan por la autoconstrucción es debido a sus bajos ingresos, lo cual incentiva el crecimiento de la cadena de la informalidad, comprendida por la ocupación ilegal de terrenos, los cuales no cuentan con un adecuado estudio para el uso y construcción de viviendas, y la posterior lotización informal, así mismo precisa que Cajamarca cuenta con más del 40% de ocupación ilegal de viviendas y aproximadamente el 50% de lotización informal, como se observa en la Figura N°11 y Figura N°12, es por ello que asegura que la informalidad es la principal causa de devastación frente a la ocurrencia de fenómenos naturales severos, como los movimientos sísmicos.

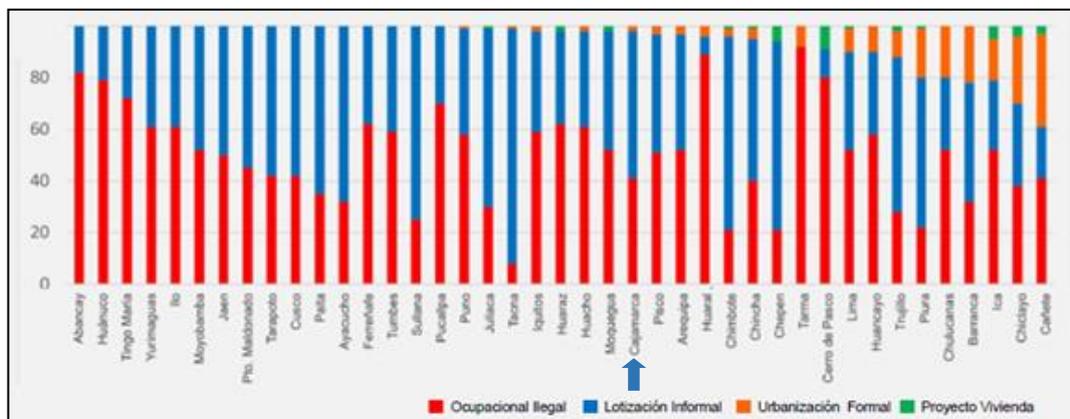


Figura 11: Tipo de expansión urbana por ciudad, 2020

Fuente: “Informe Económico de la Construcción- Edición 32”, por CAPECO, sobre la Base del Grupo de Análisis para Encuestadores – GRADE. (2020, p.73)



Figura 12 : Viviendas autoconstruidas en el distrito de la Florida, Cajamarca, 2019

Fuente: “Mejoramiento de Pistas y Veredas en la Florida”, por Red Social Facebook de la Municipalidad Distrital la Florida, San Miguel, Cajamarca. (2019)

La Organización Internacional de Bambú y Ratán (INBAR, 2014) ha estimado que más de 1000 millones de personas a nivel mundial viven en casas de bambú o utilizan este material como elemento principal de la estructura, techumbre o revestimiento exterior, siendo utilizada la caña guadua, tanto en áreas urbanas como rurales. En Ecuador, de acuerdo al censo de Población y vivienda del año 2010 se registró que casi el 9% de viviendas del país, equivalente a 331,578 viviendas, utilizó la caña como material predominante en sus paredes, por su parte en Perú, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del año 2007, se registró que el 2.9% de viviendas del país, equivalente a 185,604 viviendas, utilizó la quincha, siendo una alternativa económica pero no necesariamente segura desde el punto de vista sismo resistente.



Figura 13 : Viviendas de bambú en Ecuador

Fuente: “Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú”, por INBAR. (2017, p.37)

Asimismo, Barnett (2020) precisó que en las edificaciones actuales se utiliza el bambú de forma relativamente primitiva y que en base a un estudio realizado en el año 2013 en la región Norte del Perú, se concluyó que el papel del bambú en la construcción ha pasado de ser considerado un material predominante en las

viviendas de quincha de las clases sociales alta y media, a un material utilizado por las clases sociales bajas, destinado a la autoconstrucción, como se observa en la Figura N°14, donde se emplea bambú de baja calidad y carente de tratamiento alguno, con el propósito de economizar aún más su costo, sujeto a múltiples fallas en las estructuras precarias de invasiones, enquinchados rústicos, vigas de techos livianos, entre otros, adquiriendo una imagen de baja calidad, asociada a la pobreza, lo que le impide ser considerado como una alternativa constructiva masiva y creíble.



Figura 14 : El bambú como estructura básica de las extensiones urbanas no consolidadas en Paita, Piura -Perú

Fuente: “Estudio de vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el Norte del Perú”, por INBAR. (2014, p.52)

INBAR (2014) precisó además que, tanto en Perú como en Ecuador, se han estimado pérdidas generadas por derrumbes e inundaciones, que tan solo en Ecuador entre los años 1997 y 2006, representaron el 0.01% del PBI, afectando a más de 400,000 personas, citando la necesidad de poner en práctica la construcción de viviendas sostenibles. Por otra parte, refiere que, en Ecuador, en base a los datos del censo de población y vivienda del 2010, se determinó que la población costera tiene mayores posibilidades de verse afectada por inundaciones y movimientos sísmicos y que un importante número de comunidades vulnerables vive en casas de bambú construidas de forma artesanal.

Adicionalmente a la problemática anteriormente descrita se suman las grandes concentraciones de dióxido de carbono en el ambiente. Según el informe emitido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP – PNUMA, 2020) en el mundo se registra una concentración récord de dióxido de carbono (CO₂), principal causante del efecto invernadero. Datos de la Asociación Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) han mostrado un aumento brusco en los niveles globales de CO₂, en abril del 2020, la concentración promedio de CO₂ en la atmósfera fue de 416.21 partes por millón (ppm), la más alta desde 1958, como se observa en la Figura N°15.

El gráfico a continuación muestra la tendencia en ascenso de las emisiones de CO₂ en la atmósfera, debido a las emisiones generadas por las actividades humanas. En la década de 1960, el aumento anual en la concentración promedio de CO₂ en la atmósfera era de 0.9ppm, y durante el periodo 2010-2019 este promedio aumentó a 2.4ppm.

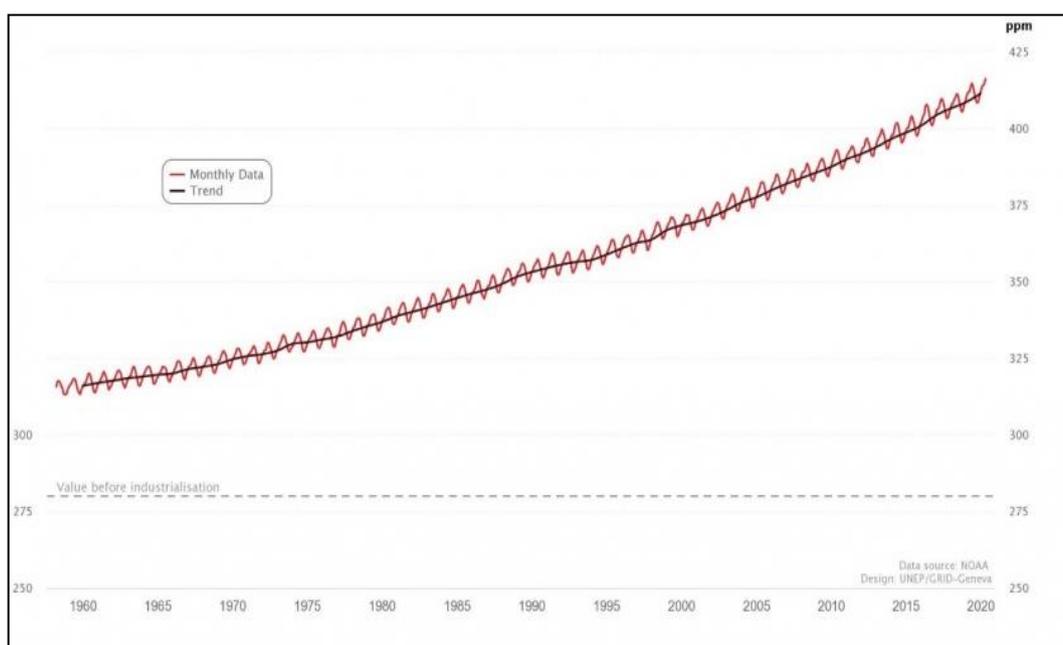


Figura 15 : Tendencia en la concentración de CO₂ en la atmósfera

Fuente: “El mundo registra concentración record de dióxido de carbono a pesar de la Covid-19”, por la UNEP- PNUMA, datos de NOAA, figura de la Sala de Situación del Medio Ambiente Mundial del PNUMA. (2020)

Pascal Peduzzi, director de PNUMA/GRID-Ginebra y del programa de la Sala de Situación del Medio Ambiente Mundial, indicó en el precitado informe que es necesaria la aplicación de medidas urgentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y que para mantener el calentamiento global promedio a 1.5°C, se debe alcanzar cero emisiones netas a más tardar para el año 2055.

La Agencia Internacional de Energía (IEA, 2019) indicó que al año 2018 el 64.00% de la energía eléctrica global provenía de los combustibles fósiles: 38% carbón, 23% gas y 3% petróleo, como se observa en la Figura N°16.

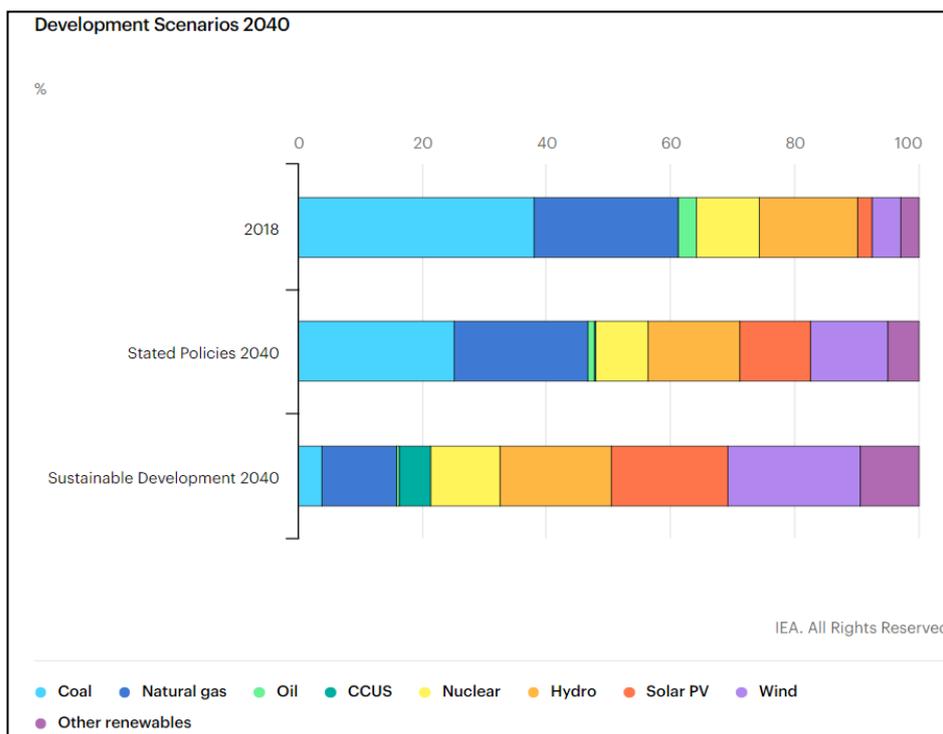


Figura 16 : Energía eléctrica global por escenario - 2018, políticas declaradas y escenarios de desarrollo sostenible 2040

Fuente: “Perspectivas energéticas mundiales 2019”, por la Agencia Internacional de la Energía - IEA. (2019)

El diario BBC New Mundo (2019) precisó que México y Brasil son los dos únicos países latinoamericanos dentro del mayor grupo de emisores de CO₂, según datos del Global Carbon Atlas. Adicionalmente indicó que, durante el año 2018, Latinoamérica emitió el 17% del total de CO₂ emitido por China, el mayor

emisor del planeta desde 2007, correspondiéndole un 5% de este porcentaje tanto a México como a Brasil, como se observa en la Figura N°17.

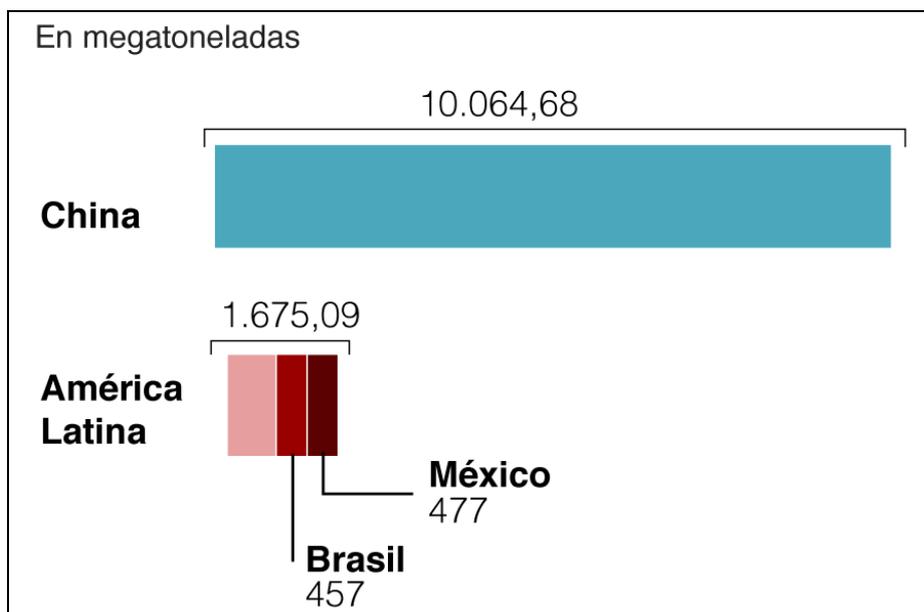


Figura 17 : Comparación de emisiones de CO₂ entre China y América Latina en 2018

Fuente: “Cambio climático: los gráficos animados que muestran los 15 países que más CO₂ emitieron en los últimos 20 años”, por la BBC News Mundo, figura del Global Carton Atlas. (2019)

El Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, 2018) publicó la Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero para el Perú, siendo al 2018 igual a 218.70 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, como se observa en la Figura N°18.

Según lo declarado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020) las principales fuentes de emisión de carbono en el Perú son: el carbón, la quema de gas y el diésel para generar la electricidad; la combustión por el transporte fluvial, marítimo, aéreo y ferroviario; las aguas residuales domésticas y la descomposición de los residuos sólidos; la producción de acero, plomo y hierro; así como la transformación de minerales no metálicos en cal, cemento, vidrio, asfalto, entre otros.

Por otro lado, el INEI (2019) publicó las emisiones de dióxido de carbono equivalente por fuente generadora correspondiente a los años 2000, 2005, 2010 y 2012, donde puede apreciarse la contribución de la quema de combustibles en la industria de la construcción, así como la generada en procesos industriales, tales como la producción del cemento, como se observa en la Tabla N°9.

Tabla 9 : Emisiones de dióxido de carbono equivalente en Gigagramos, 2000, 2005, 2010 y 2012

Fuentes	2000	2005	2010	2012
Total	166 857,64	184 910,60	170 365,81	171 309,57
1 Energía	28 377,22	30 103,98	42 643,99	44 637,81
1 A Quema de combustibles	24 095,65	26 304,43	38 604,95	41 278,08
1A1 Industria de energía	2 573,28	3 437,05	11 273,36	11 880,83
1A1a Producción de electricidad ^{1/}	2 030,24	2 827,59	7 994,18	8 664,67
1A1b Refinería de petróleo	1,17	137,15	2 133,36	1 914,94
1A1c Producción de combustibles y otras industrias de	541,87	472,31	1 145,82	1 301,22
1A2 Industria de manufactura y construcción	6 827,80	7 638,57	7 547,36	7 808,88
1A2a Otras industrias de manufactura y construcción	2 548,39	1 959,46	5 856,63	1 611,50
1A2b Minería	4 279,41	5 679,11	1 690,73	6 197,38
1A3 Transporte	9 847,28	11 886,95	16 424,36	17 846,93
1A3a Aviación civil	429,88	311,82	683,04	731,26
1A3ai Aviación nacional	429,88	311,82	683,04	731,26
1A3b Terrestre	9 205,39	9 857,92	13 941,45	15 263,46
1A3b Ferroviario	27,16	28,53	38,32	29,13
1A3d Navegación nacional e internacional	172,54	1 678,78	1 752,63	1 814,56
1A3e Otro tipo de transporte	12,31	9,90	8,92	8,52
1B Emisiones fugitivas de combustibles ^{2/}	4 281,57	3 799,55	4 039,04	3 359,73
1B1 Combustibles sólidos	5,27	18,66	38,37	72,01
1B2 Petróleo y gas natural	4 276,30	3 780,89	4 000,67	3 287,72
2 Procesos industriales	2 574,88	3 509,18	5 011,56	6 063,54
2A Productos minerales	1 921,92	2 642,27	3 790,53	4 518,20
2A1 Producción de cemento	1 711,13	2 365,48	3 266,70	3 812,90
2A2 Producción de cal	107,79	101,31	243,87	325,38
2A3 Uso de piedra caliza y dolomita	103,00	159,87	249,55	352,98
2A4 Producción y uso de carbonato de sodio	-	15,61	30,41	26,94

Fuente: “Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2019”, por el INEI, Tabla elaborada por el MINAM, sobre la base de datos a partir del Inventario Nacional de GEI del año 2012, que incluye la actualización de los años anteriores. (2019, p.417 y 418)

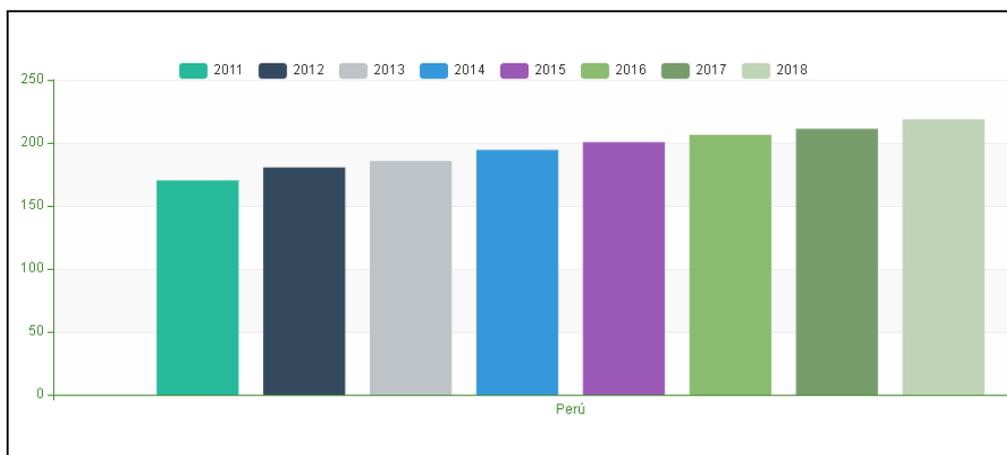


Figura 18 : Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero en el Perú, 2011-2018

Fuente: “Indicadores Nacionales”, por el SINIA, sobre la base de datos del MINAM. (2018)

Según el INEI (2018), el Distrito de la Florida es uno de los trece distritos de la provincia de San Miguel en el departamento de Cajamarca y cuenta con una población aproximada de 2,165 habitantes y por el tipo de sus construcciones, predominantemente rurales, es una muestra significativa de las construcciones artesanales existentes en nuestro país en el ámbito rural. De las encuestas realizadas en dicho distrito como parte del Estudio de Vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el Norte del Perú se obtuvo que “El poblador es consciente que es necesario mejorar y adaptar sus viviendas pero lo concibe mediante un cambio de materiales, no necesariamente un cambio en la tecnología o las formas de uso”(Barnet y Jabrane, 2014, p.115), considerando descartar el uso del bambú (*guadua angustifolia*) en sus construcciones por falta de asesoría profesional y desconocimiento de sus propiedades físicas y mecánicas, así como su aporte a la conservación del medio ambiente y la mitigación del dióxido de carbono.

1.1.1. Problema general

Según lo expresado anteriormente se formuló la siguiente pregunta:
¿Cuáles son los criterios sismo resistentes a considerar en una vivienda ecológica utilizando el bambú como elemento estructural y su relación con el plazo, costo e impacto ambiental generado?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas del bambú que permiten hacer óptimo el diseño de una vivienda ecológica?
- b) ¿Cuál es el diseño estructural y arquitectónico sismo resistente óptimo de una vivienda ecológica utilizando bambú en su composición?
- c) ¿Cómo es el modelamiento de una vivienda ecológica en CSI Etabs v19 1 0 que le permite la obtención de resultados sismo resistentes óptimos?
- d) ¿En qué medida favorece una vivienda ecológica en el costo de construcción en comparación con una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción?
- e) ¿En qué medida favorece una vivienda ecológica en el plazo de construcción en comparación con una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción?
- f) ¿Cuáles son los beneficios ambientales que se originan con la construcción de una vivienda ecológica en comparación con los de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción?

1.2. Objetivo general y específico

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) se necesita establecer que se desea lograr con la investigación y esto debe ser expresado de forma clara, específica, medible y realista, teniéndose en cuenta durante todo el desarrollo de la investigación.

Con unas investigaciones se busca, ante todo, contribuir a resolver un problema en especial; en tal caso, debe mencionarse cuál es ese problema y de qué manera se piensa que el estudio ayudará a resolverlo. Otras investigaciones tienen como objetivo principal probar una teoría o aportar evidencias empíricas a favor de ella. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.37)

Así pues, en la presente investigación se buscó analizar una vivienda ecológica que cumpla criterios sismo resistentes, con el propósito de brindar información que permita contribuir al acceso a viviendas económicas, seguras sísmicamente y que adicionalmente aporten beneficios al medio ambiente.

Según Zapatero (2010) debe considerarse adicionalmente la viabilidad temporal, tecnológica, académica, y económica de lo que se desea alcanzar.

Un objetivo expresa los resultados que se propone una investigación, ya sea documental, de campo o experimental, tanto pura como aplicada. Los resultados pueden ser: la divulgación o difusión del conocimiento, un avance en el conocimiento, el desarrollo de nuevos productos o procesos tecnológicos, tangibles e intangibles, o la modificación o mejora de un estado de cosas. Es importante resaltar, también, que un objetivo debe plantearse cuando es posible lograrlo, de otra manera se condena toda la investigación al fracaso. (Zapatero, 2010, p.150)

Así pues, los resultados de la presente investigación contribuyen con una alternativa de solución ante la falta de viviendas seguras y económicas en el distrito de la Florida, San Miguel, Cajamarca, habiéndose verificado el contexto sanitario nacional y la posibilidad de la realización y costo de pruebas de laboratorio que aportaron un mayor soporte a la investigación.

Según Bernal (2010) los objetivos deben ser claros y precisos, estos definen el rumbo de la investigación y tienen la probabilidad que en el transcurso de esta puedan ser modificados, además precisa que para su redacción es recomendable utilizar verbos en infinitivo, es por ello que en la presente investigación en el objetivo general se utilizó el verbo “analizar” como verbo principal que definió el rumbo de la investigación.

Según Borja (2016) los objetivos deben ser medibles y alcanzables para que puedan ser cumplidos, asimismo precisa que el objetivo general debe evidenciar el planteamiento del problema, así como el título de la investigación, refiere además que los objetivos específicos deben ser orientados al cumplimiento del objetivo general, siendo muchas veces los pasos a realizar para lograr este. Es así que en el objetivo general se consideró el problema de la carencia de viviendas sismo resistentes planteando una alternativa ecológica que considere el uso del bambú como elemento estructural. Se precisa que dicha carencia obedece básicamente a las condiciones económicas de la población, así como a la falta de conocimiento de nuevas tecnologías, siendo agravada esta problemática por las construcciones informales o autoconstrucciones, así como por la ubicación del país en el denominado cinturón del fuego.

1.2.1. Objetivo General

Por lo anteriormente detallado, se planteó como objetivo general:

Analizar una vivienda ecológica que cumpla criterios sismo resistentes utilizando el bambú como elemento estructural y su relación con el costo, plazo e impacto ambiental generado por este tipo de construcción en el distrito de La Florida, San Miguel – Cajamarca, con el propósito de dar a conocer una alternativa de vivienda segura, económica y sostenible ambientalmente.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar las características físicas y mecánicas del bambú que hagan óptimo el diseño de una vivienda ecológica.

- b) Diseñar estructural y arquitectónicamente una vivienda ecológica utilizando bambú en su composición. para la obtención de resultados sísmo resistentes óptimos
- c) Modelar una vivienda ecológica con el software CSI Etabs v19.1.0 para la obtención de resultados sísmo resistentes óptimos
- d) Determinar el costo de construcción de una vivienda ecológica comparándolo con el de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción.
- e) Determinar el plazo de construcción de una vivienda ecológica comparándolo con el de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción
- f) Determinar los beneficios ambientales generados por la construcción de una vivienda ecológica comparándolos con los de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción.

1.3. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

1.3.1. Temporal

La investigación se llevó a cabo durante los meses de mayo a octubre del año 2021, asimismo, la información obtenida producto de las pruebas de laboratorio fue recopilada los meses de agosto y setiembre del mismo año.

1.3.2. Espacial

La investigación se desarrolló en el distrito de la Florida, provincia de San Miguel, en el Departamento de Cajamarca, utilizándose información de la zona de estudio en el diseño de la vivienda ecológica.

1.3.3. Temática

Las bases temáticas consideradas en la presente investigación fueron principalmente artículos elaborados por la Organización Internacional del Bambú y Ratán – INBAR, así como los presentados por el Círculo

Internacional del Bambú – CIB, organizaciones especializadas en la investigación del bambú y sus aplicaciones.

Se precisa además que debido a los acontecimientos actuales generados a causa de la pandemia covid-19, se dificultó la visita a la zona de estudio para fines informativos y de investigación. por ende, la presente tesis se desarrolló con información obtenida de fuentes primarias y secundarias.

1.4. Justificación e importancia

El presente estudio es importante porque brinda conocimientos sobre nuevas tecnologías de construcción empleando materiales no convencionales, promoviendo el uso del bambú y aportando de esta manera a la conservación del medio ambiente mediante el uso de recursos renovables y sostenibles.

1.4.1. Justificación Teórica

El presente estudio se justifica teóricamente ya que brinda información sobre nuevas tecnologías de construcción, empleando materiales no convencionales, como el bambú (*guadua angustifolia*) sirviendo de retroalimentación para futuras investigaciones.

1.4.2. Justificación Académica

El presente estudio se justifica académicamente ya que sirve de base para nuevos proyectos de similares características realizados a nivel local, nacional o regional.

1.4.3. Justificación Ambiental

El presente estudio se justifica en la medida que da a conocer los beneficios que brinda el bambú referente a la conservación del medio ambiente, debido a que con una mayor cantidad de plantaciones de bambú (*guadua angustifolia*), un recurso renovable y sostenible de rápido crecimiento, se contribuye a la captación del carbono atmosférico y por ende a la mitigación del cambio climático ambiental, jugando un rol trascendental en la mitigación de los gases de efecto invernadero, especialmente del dióxido de carbono.

INBAR (2018) precisó adicionalmente que el uso del bambú contribuye con el cumplimiento de 6 de los 17 objetivos planteados en la agenda 2030 por la Organización de las Naciones Unidas – ONU, los cuales son:

- Fin de la pobreza: Al ser el bambú un material multifuncional, este aporta al incremento de empleo en toda su cadena de valor.
- Energía asequible y no contaminante: Debido a que el bambú crece rápidamente y no requiere replantación, este puede también ser utilizado como una fuente continua de combustible, se sabe también que la biomasa puede ser utilizada directamente como leña, carbón o transformada en gas para la generación de energía eléctrica y térmica.
- Ciudades y comunidades sostenibles: El uso del bambú en construcciones viene dándose desde hace miles de años debido a que los tallos de bambú son flexibles, asequibles y modernos, por ende, se promueve mediante investigaciones el uso de este elemento como material constructivo, así como la recomendación de nuevas políticas y normativas del uso del bambú en la construcción.
- Producción y consumo responsables: El bambú en comparación con otros elementos utilizados en la construcción, se caracteriza por su rápido crecimiento, conllevando de esta manera al bajo impacto de dióxido de carbono a lo largo de su ciclo de vida, siendo este un factor importante en la disminución de presión sobre los recursos forestales.
- Acción por el clima: El bambú es una planta que proporciona diferentes formas de combatir el cambio climático, ya que almacena una gran cantidad de carbono.
- Vida de ecosistemas terrestres: Plantas, tales como el bambú, tienen un sistema radicular que ayuda a regular el flujo del agua y sujetar el suelo, ayudando a la reforestación de las tierras degradadas por todo el mundo, por otro lado, esta planta también es utilizada como principal alimento y refugio de algunos animales.

1.4.4. Justificación Económica

El presente estudio se justifica en la medida que brinda información referente a que la construcción de viviendas a base de bambú (*guadua angustifolia*), genera una mayor demanda de dicha materia prima, producida localmente, impactando en el desarrollo y crecimiento económico de la zona.

1.4.5. Justificación Social

El presente estudio se justifica socialmente, ya que brinda a parte de los pobladores del distrito de la Florida, la información necesaria para desarrollar sus construcciones de una manera segura y económica, impactando en el desarrollo y crecimiento social de la zona.

1.5. Limitaciones de la investigación

Entre las limitaciones encontradas se detalla el contexto sanitario nacional generado a consecuencia de la pandemia Covid-19 que imposibilitó ciertas actividades de carácter presencial.

Por otro lado, si bien es cierto existe cierta información sobre el uso del bambú en la construcción, este tema no ha sido investigado con frecuencia en el Perú, donde se cuenta con una Norma Técnica para el uso de este material en la construcción desde hace menos de 10 años, la cual no ha sido mejorada con aportes de los especialistas en la materia.

Adicionalmente, en base a la bibliografía consultada se observó que las características físicas y mecánicas del bambú son afectadas por la ubicación, edad de corte, humedad, clima, suelo, entre otros factores, proporcionando diferentes valores que no facilitan su homogenización.

.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Histórico

Valenovsky (Como se citó en Hidalgo, 1974) indicó que esta planta se originó en la era cretácica, poco antes del inicio de la terciaria, cuando el hombre apareció. Según Hidalgo (1974) la historia del bambú se remonta a los orígenes de la civilización en Asia, así por ejemplo en China ha estado ligada desde tiempos prehistóricos al hombre, donde no cabe duda que el bambú fue el primer elemento empleado para la construcción de sus primeros refugios, ya que por las características de este material podía ser trabajado con sus herramientas primitivas

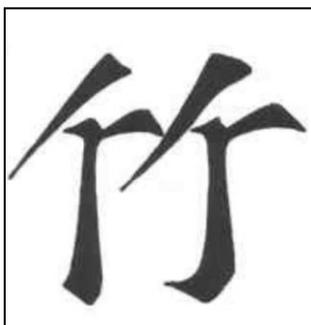


Figura 19: "CHU", carácter originado del ideograma empleado por los primitivos chinos para designar al bambú, formado por dos tallos con ramas y hojas.

Fuente: "Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería", por Hidalgo, O. (1974, p.5)

Por otra parte, refiere que la India ha sido el país que mayor variedad de usos le ha dado a este material en la construcción, habiendo aprovechado de una mejor forma su elasticidad. En la India, la cultura Veda es el referente de los esfuerzos iniciales del hombre en la construcción de sus primeras edificaciones, esta cultura apareció hacia el final del segundo milenio antes de cristo, nómades, dedicados al pastoreo y la agricultura, se establecieron en el campo y en el bosque, donde construyeron viviendas rudimentarias con muros circulares de bambú y techos en forma de cúpula cubiertos con hojas, que evolucionaron con el tiempo como se observa en la Figura N°20. Brown (Como se citó en Hidalgo, 1974) indica que fueron estas construcciones el principio de la arquitectura

hindú y no las construcciones en las ciudades, como es creído. Ante la necesidad de protección de animales salvajes y saqueadores, en estas construcciones rudimentarias se fueron adicionando elementos de bambú como barandas para el cerramiento de las aldeas y campos, como se observa en la Figura N°21.

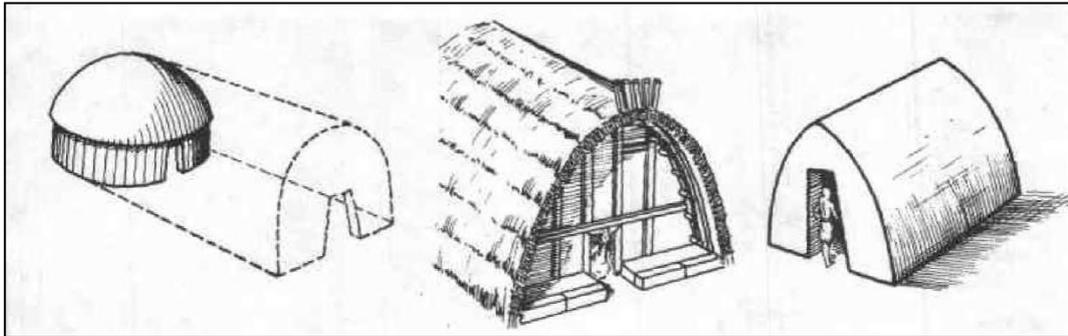


Figura 20 : Evolución de la vivienda de bambú en la India, a partir de su forma circular primitiva

Fuente: “Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería”, por Hidalgo, O. (1974, p.208)

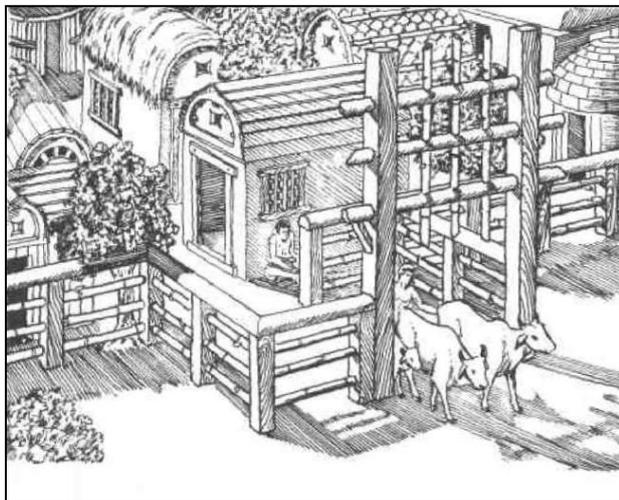


Figura 21 : Entrada o "gopuran", derivada de la forma primitiva construida originalmente en bambú

Fuente: “Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería”, por Hidalgo, O. (1974, p.207)

En el Perú el uso del bambú data desde épocas pre históricas, es por ello que en la inauguración del primer Parque Temático sobre Cambio Climático en Sudamérica, Álvaro Cabrera (2015), representante de la Red internacional de Bambú expresó que existe una profunda relación entre la caña de bambú y la identidad peruana, asimismo también manifestó que existen ciudadelas con más de 5000 años de antigüedad, como la del Señor de Caral y otras culturas prehispánicas, las cuales utilizaban este elemento como parte de sus estructuras para adaptarse a las condiciones climáticas.



Figura 22 : Foto Arqueológica de Caral, Lima, Perú, 2018.

Fuente: “Así eran los altares del fuego de la ciudad sagrada de Caral (Perú)”, por History National Geographic (2018)

Asimismo, el Diario el Comercio (2017) precisó que otra de las ciudadelas donde fue utilizado el bambú fue la ciudadela de Chan Chan, mencionándose como parte de los materiales empleados en su construcción.



Figura 23 : Foto Arqueológica de Chan Chan, Trujillo, Perú, 2017.

Fuente: “Chan Chan una ciudadela hecha de adobe y piedra”, por El Comercio. (2017)

En el Siglo XVI, fueron los bengalíes quienes introdujeron nuevas formas de techos curvos de bambú, influenciando el estilo hindú. Hidalgo (1974) asimismo precisa que, si bien es cierto, la cúpula parece ser una característica de la arquitectura Sarracena, no existe una sola cúpula en las construcciones en la India que no tenga su origen nativo o derivado de los prototipos budistas hechos en bambú, como se observa en la figura N°24.

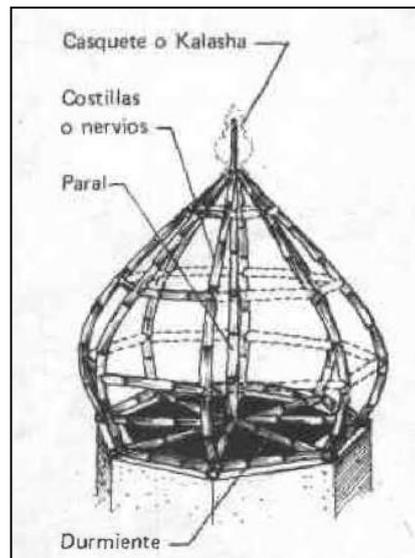


Figura 24 : Cúpula primitiva en bambú

Fuente: “Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería”, por Hidalgo, O. (1974, p.210)

INBAR (2014) refirió que la especie *guadua angustifolia* fue identificada por primera vez en el año 1806, por Alexander Von Humboldt y Amadeo Bonpland, denominándola *Bambusa guadua*, posteriormente en el año 1822 el botánico Karl Kunth rebautizó la especie con el nombre de *guadua angustifolia*, cuyo significado es hoja angosta, sin embargo, su uso es tan antiguo que se indica que en Ecuador se encontraron construcciones de bambú con un estimado de 9500 años de antigüedad.

Hidalgo (1974), precisó que de los países en Latinoamérica que cuentan con plantaciones de bambú es Colombia la que mayor aplicación y diversidad tiene sobre este material, siendo utilizado en la construcción de viviendas tanto urbanas como rurales, observándose que su mejor acabado y aplicación depende del nivel social y económico de sus propietarios. Así pues, en la periferia de la

ciudad de Manizales, Caldas en Colombia, se podían ver viviendas construidas con este material por personas de escasos recursos económicos cuya única preocupación era la apariencia física de la fachada, restando importancia a la seguridad, estética o utilización de los materiales en la parte posterior de la vivienda, como se observa en la Figura N°25.



Figura 25 : Viviendas en zonas periféricas a la ciudad de Manizales, Caldas, Colombia, 1974.

Fuente: “Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería”, por Hidalgo, O. (1974, p.179)

Otra de las aplicaciones del bambú en la construcción, en países del sureste asiático y países de Latinoamérica como Colombia y Ecuador, es la esterilla, utilizada con frecuencia en viviendas rurales, donde su aplicación se realiza de forma rudimentaria, construyéndose pisos, cielos rasos y paredes, tanto interiores como exteriores, como se observa en la Figura N°26.



Figura 26 : Utilización de la esterilla en viviendas rurales en Colombia, 1974.

Fuente: “Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería”, por Hidalgo, O. (1974, p.133)

Una de las construcciones típicas en bambú son los denominados kioscos, presentes en algunos poblados rurales de los departamentos del Valle del Cauca y Caldas, en Colombia, conformados por construcciones de planta circular con techos de paja de forma cónica, como se observa en la Figura N°27, utilizados como lugar de diversión o centro comunal por los habitantes del lugar. Este tipo de construcciones a pesar de su origen primitivo, aprovecha las cualidades físicas del bambú.

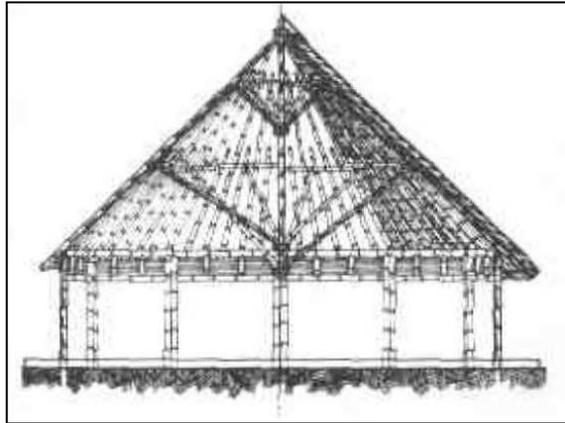


Figura 27 : Detalle de kiosco inicial

Fuente: “Bambú, cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería”, por Hidalgo, O. (1974, p.195)

En la arquitectura japonesa, el bambú ha tomado un papel decorativo y con propósitos claramente definidos, tal es así que es empleado a la vista en canales y bajantes de agua proveniente de lluvias, como soporte externo e interno de los techos de paja a lo largo del caballete, como rejas de ventanas, pisos y en algunas ocasiones para cubrir una parte de la fachada.

Asimismo, el bambú ha sido empleado desde hace varias décadas como refuerzo en el concreto, tal como lo indicó Hidalgo (1974), quien refirió que fueron los chinos los primeros en realizar investigaciones en este campo y en utilizar el bambú como refuerzo en elementos de concreto armado. Según Porterfield (Como se citó en Hidalgo, 1974) el primer uso de este material como refuerzo se dio en 1918, en la construcción del cuarto frío de la International Export Co., en Nanking, donde se utilizaron varillas cuadradas de bambú de ¼” como refuerzo de muros de concreto de 2” de espesor, asimismo se precisa que el gobierno

chino utilizó el bambú en estructuras de concreto armado en la cimentación de algunos puentes del ferrocarril. De igual manera, las fuerzas armadas de Japón y Estados Unidos, utilizaron el bambú como refuerzo en estructuras de concreto durante la segunda guerra mundial, en construcciones militares diversas.

2.2. Antecedentes del estudio de investigación

El presente estudio toma como base de investigación diferentes antecedentes realizados a nivel nacional e internacional, entre los que se citan:

- Investigaciones Internacionales

Romero (2016) en la ciudad de Tecamachalco, México, en su investigación titulada “Procesos de Construcción con bambú”, planteó como objetivo principal presentar una guía de los procesos de una construcción ecológica sustentable que sea de trascendencia económica y que contribuya al cuidado del planeta. La investigación incluyó entre otros temas el estudio del marco normativo en la ciudad de México y el detalle del procedimiento para la construcción de este tipo de viviendas, el cual detalló las actividades al inicio de la Obra (como la revisión de documentación y visita previa al área de trabajo), así como las actividades propias de la construcción (como la limpieza y nivelación del terreno, trazo, nivelación del piso terminado, excavación para cimientos, plantilla, losa de cimentación, anclado de castillos, excavación de drenaje y colocación de tubería, muros bajos de tabique, dala de cerramiento, solera, instalaciones eléctricas y sanitarias, firmes, columnas, trabes de bambú, cubierta de bambú, muros interiores y exteriores, uniones y el recubrimiento final de muros con bahareque encementado). Asimismo, incluyó el caso práctico de diseño de una casa habitación de un solo nivel de 78.80 m² en el municipio de Huixquilucan, Estado de México, utilizando bambú con la técnica del bahareque encementado. El diseño incluyó sólo los planos de las diferentes especialidades y el costeo de la vivienda. Entre lo más relevante, el estudio concluyó con la precisión de la falta de un reglamento y una norma técnica complementaria para el uso del bambú en la construcción, a pesar de ser un material utilizado desde tiempos remotos en todo el Estado Mexicano, además de la falta de información para realizar construcciones en bambú, la cual presentó un ahorro del 5.69% al ser comparada con una vivienda de materiales tradicionales. Esta investigación es relevante en

la elaboración del presente estudio ya que se ha detallado el proceso constructivo de una vivienda sostenible a base de bambú con la técnica del bahareque encementado.

Bonilla y Merino (2017) en su investigación “Estudio de las propiedades físicas de la caña guadua y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe” de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, tuvo como objetivo principal realizar el estudio analítico y experimental de la caña guadua aplicada como refuerzo en construcciones con adobe. El estudio se desarrolló construyendo dos muros de adobe, uno sin refuerzo y otro con refuerzo a base de caña guadua, se realizó el ensayo de carga lateral cíclica en ambas muestras, del cual se obtuvo la ductilidad de desplazamiento, curva de capacidad, distribución de esfuerzos, módulo de elasticidad, ductilidad de desplazamiento, energía disipada, distribución de esfuerzos, amortiguamiento equivalente y rigidez secante. En función a ambos resultados se realizó comparaciones, así mismo también se analizó los muros mediante el modelo matemático de la Teoría de elementos finitos para el rango lineal. Los resultados obtenidos evidenciaron que el muro reforzado con caña guadua tiene un óptimo comportamiento estructural incrementando en sí su capacidad de carga lateral. Esta investigación es relevante en la discusión de los resultados del presente estudio ya que muestra el comportamiento del bambú como refuerzo estructural.

Cuji (2016) en su investigación “Análisis de la caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto” de la Universidad Técnica de Ambato, tuvo como objetivo principal realizar el diseño de una viga con elementos alternativos como material estructural (bambú y caña guadúa), para medir la resistencia a la flexión del concreto. La investigación incluyó el armado de 66 vigas reforzadas con acero, bambú y caña guadúa, forzando estas últimas a tener el mismo diámetro del refuerzo de acero con el propósito de poder comparar los resultados. Se contó con variantes tales como la aplicación de plastificante y el armado con y sin gancho, siendo las vigas ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto. Esta investigación concluyó resaltando la mayor trabajabilidad en el proceso

constructivo de la caña guadúa o el bambú como refuerzo del concreto, así como la necesidad imperativa de su tratamiento con un plastificante, ya que al carecer de este genera descomposición del material y menor resistencia a la flexión. Adicionalmente se indicó que la caña guadúa y el bambú presentaron una inferior resistencia a la flexión con 31.94kN y 28.276kN respectivamente, comparada con la del acero con un valor de 55.85kN y que las muestras que contaban con gancho tuvieron una mejor adherencia con el concreto incrementando la resistencia a la flexión. Esta investigación es relevante ya que demuestra la importancia del tratamiento de la caña guadua previo a su uso en la construcción.

Fúquene (2019) en la ciudad de Bogotá – Colombia, en su investigación titulada “Diseño de una morfología estructural en bambú *Guadua angustifolia* Kunth para la construcción de equipamientos públicos con luces no mayores a 24 metros en Colombia”, de la Universidad Nacional de Colombia, tuvo como objetivo principal plantear el diseño de una morfología estructural en bambú *guadua angustifolia kunth*, para la construcción de un equipamiento público con una luz menor a 24 metros en la ciudad de Colombia, con el propósito de brindar una alternativa eficiente al actual déficit de infraestructura pública en Colombia. La investigación consideró trabajos de campo y pruebas de laboratorio para determinar el contenido de humedad, densidad y flexión a trece culmos de bambú *guadua angustifolia kunth*. Para el cálculo de deflexiones se trabajó con elementos rollizos de 12m de longitud provenientes de la parte superior de los culmos de bambú, una carga en cada extremo de 100Kg y un incremento de 25Kg a 30Kg en cada tercio de luz por minuto, hasta llevar a la caña a la falla, posteriormente a esto se tomó muestras del punto más cercano a la falla para determinar la densidad y el contenido de humedad, así como elementos de 2 a 3m de longitud para el ensayo a flexión, de acuerdo a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana 5525. Adicionalmente se determinó el módulo de elasticidad, representado por la pendiente de la parte lineal del diagrama de carga frente a la deformación. Se planteó el diseño de una morfología estructural en bambú para una edificación que pueda ser empleada como equipamiento cultural, deportivo y/o educativo, utilizando como recurso principal la celosía

curva y el arco funicular, dando como resultado una red conformada por arcos resistentes a tracción. El esquema inicial consistió en 4 módulos, cada uno conformado por dos arcos parabólicos articulados en los apoyos y la clave, con una cimentación puntual de concreto en cada extremo del arco, el esquema final fue una combinación entre el arco rebajado y el arco parabólico con una cimentación conformada por pedestales de concreto donde nacen cuatro culmos o elementos estructurales. Finalmente se realizó la evaluación del comportamiento estructural con el modelo de elementos finitos con el software Etabs 2015, del cual se obtuvo el análisis de cargas, fuerzas axiales, deformaciones, flexión y esfuerzo cortante. Entre lo más relevante, el estudio concluyó que el bambú es un recurso renovable con infinitas posibilidades en la construcción, incluidos los arcos, también precisó que la curvatura que se genera al aplicar cargas es asimétrica, incrementándose conforme se reduce el diámetro de la sección, lo que reafirma la flexibilidad en la sobre basa del culmo, así como que los puntos de falla de la caña fueron con frecuencia el apoyo y el punto de carga con menor sección, siendo la falla más común el aplastamiento producido por esfuerzo cortante. Adicionalmente se obtuvo que el peso promedio soportado por la caña antes de fallar fue 126.05 Kg y las deflexiones promedio oscilaron en el rango de 70.50 cm y 85.17 cm en los puntos de carga aplicada de mayor y menor diámetro respectivamente, asimismo el contenido de humedad en todos los casos fue superior al 80%, por otro lado se obtuvo una densidad promedio de 654.42 Kg/m³ y un módulo de elasticidad igual a 10621.44 Mpa utilizándose para el diseño de la estructura el valor correspondiente al quinto percentil igual a 4744.89 Mpa como medida de seguridad frente a posibles deformaciones. También se obtuvo un esfuerzo último a flexión promedio igual a 72.24Mpa utilizándose para el diseño de la estructura un esfuerzo admisible igual a 15Mpa con el propósito de incrementar el grado de confianza o factor de seguridad, determinándose que a pesar que las propiedades mecánicas de la parte superior del culmo son buenas, el diámetro mínimo de la sección no debe ser menor a los 8cm. Del análisis realizado con el software Etabs 2015 se verificó que ningún elemento de la estructura superó los 14 Mpa y 18 Mpa de esfuerzo admisible de compresión paralela a la fibra y esfuerzo a tracción respectivamente, deflexiones máximas iguales a -2.209×10^{-8}

m y -0.001825 m, esfuerzos a flexión inferiores a 10.85 Mpa y un valor de esfuerzo admisible de corte paralelo a la fibra inferior a 1.2 Mpa en todos los elementos. Se infirió que la posición más ventajosa del elemento en el sistema estructural es ubicando los culmos que conforman el arco de mayor y menor diámetro en la base y clave respectivamente, con el propósito de soportar mejor los empujes horizontales. Por otro lado, el modelo permitió el aprovechamiento de la sobre basa del elemento, ya que debido a su flexibilidad pudo ser aprovechada para emplear la curvatura como recurso principal, con la combinación con elementos que trabajan a tracción se arriostró y rigidizó la estructura y con las cerchas curvas se redujo el tamaño de los elementos, incrementando la eficiencia estructural y facilidad constructiva. Se recomendó que los esfuerzos admisibles del material deben modificarse para contenidos de humedad mayores a 12% . Esta investigación es relevante en la elaboración del presente estudio ya que, valida los parámetros físicos, mecánicos, así como la flexibilidad de la parte superior de los culmos y su óptima aplicación en arcos y curvas en la construcción.

Cassandro (2017) en su investigación “Muro panel compuesto en guadua para vivienda” de la Universidad Católica de Colombia – Bogotá, tuvo como objetivo principal diseñar un modelo físico de muro liviano con triple capa, tipo panel térmico estructural-SIP, elaborado con tableros OSB, usando como materia prima el residuo de guadua, para ser utilizado como envolvente externa de una vivienda. Se desarrolló de la siguiente manera: en principio se seleccionó cuatro paneles SIP dentro de los más comerciales en el mercado mundial, luego de cada uno se obtuvo información técnica y especificaciones como base de datos para la simulación. En la segunda etapa se fabricó los modelos con los materiales excedentes y reciclados seleccionados óptimamente. Se realizó ensayos de laboratorio de acústica, resistencia, y simulaciones, al final se elaboraron conclusiones comparadas entre los paneles seleccionados y el panel realizado con guadua. La investigación concluyó que, de acuerdo a los resultados de aislamiento térmico, resistencia a la compresión y acústica, la guadua es apta para la fabricación de paneles SIP con tableros OSB de viruta de bambú- guagua de la especie nativa *Angustifolia* Kunth. Esta investigación es relevante en la

discusión de los resultados del presente estudio ya que muestra el comportamiento óptimo del bambú ante criterios acústicos, térmicos y de compresión mediante paneles SIP.

- Investigaciones Nacionales

Juárez (2019) en la ciudad de Lima – Perú, en su investigación titulada “Uso y rentabilidad del Bambú como material estructural de construcción”, planteó como objetivo principal la investigación del bambú en la construcción de pórticos y estructuras de viviendas, así como las especies más accesibles en nuestro país que cumplan los criterios de resistencia para este tipo de construcciones, además de analizar qué tan rentable es el uso del bambú en la construcción de una vivienda de uno o dos pisos. La investigación detalló las características, propiedades, ventajas y desventajas del bambú como material sostenible, así como los diferentes métodos constructivos al emplear el bambú en viviendas de un piso, sin embargo, no incluyó pruebas de laboratorio propias; finalmente analizó el valor económico de una vivienda de un piso diseñada con una estructura a base de bambú en el distrito de Surco, Lima, y comparó los resultados con los de una de similares dimensiones proyectada con material convencional, a base de muros de albañilería, columnas, vigas y losas de concreto armado. Entre lo más relevante, el estudio determinó un ahorro del 34.7% en la construcción de la vivienda de un piso que utilizó el bambú como material estructural y precisó que el ahorro puede ser aún mayor si se considerasen los gastos generales involucrados, debido a que la construcción de una vivienda de bambú es un 33% más rápida que una de material convencional; por otro lado debido a su bajo peso, indicó podría ser recomendada frente a movimientos sísmicos, al tener una menor masa que las construcciones tradicionales; asimismo se precisó que debido a su fácil manipulación no requiere de personal con alta calificación para su uso en la construcción, siendo sostenible al generar un mínimo impacto ambiental. Esta investigación es relevante en la discusión de los resultados del presente estudio ya que son materia de comparación los costos unitarios presentados por el autor y los obtenidos como parte del diseño propuesto.

Vargas (2016) en su estudio “Vigas de concreto reforzada con Bambú (Guadua Angustifolia) para construcciones rurales”, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, planteó como objetivo principal estudiar el comportamiento de las vigas de concreto reforzadas con bambú sometidas a esfuerzo de flexión. El bambú utilizado en la investigación fue comprado en los almacenes de Lurín procedente de Ecuador, el cual se utilizó para el muestreo donde se determinó las características físicas y mecánicas del bambú, posteriormente a ello se fabricó 48 especímenes de tablillas de bambú embebidas en concreto con diferentes características, luego se realizó ensayos de adherencia, donde se determinó la fuerza de extracción y se realizó un análisis estadístico con el propósito de encontrar el espécimen con mayor adherencia. Además, se fabricó 6 vigas, 2 con refuerzo de acero, 3 con refuerzo de bambú y 1 sin refuerzo de bambú, se ensayó a flexión simplemente apoyadas y cargadas a los tercios de luz libre entre apoyos, donde se determinó la resistencia a tracción por flexión y el momento de resistencia de cada viga, finalmente se realizó un análisis sobre el comportamiento en flexión para diferentes cuantías de refuerzo de bambú y una comparación con vigas reforzadas con acero. Entre lo más relevante se concluyó que en los ensayos mecánicos y su cálculo, el esfuerzo admisible por compresión y corte superan los parámetros establecidos tanto por la Norma Peruana y la colombiana, lo cual garantiza un buen comportamiento estructural del bambú, asimismo en los ensayos en vigas con concreto la falla se produjo por aplastamiento. Finalmente, el método de impermeabilización de arena fina y asfalto líquido RC-250 en vigas con refuerzo de bambú, resultó ser la mejor alternativa por presentar la más alta adherencia y por su bajo costo. Esta investigación es relevante en la elaboración del presente estudio ya que muestra los parámetros físicos y mecánicos de la guadua angustifolia obtenidos de ensayos de laboratorio, comparándolos con los valores de la Norma Peruana y Colombiana.

Carpio y Vásquez (2016) en su investigación titulada “Características Físicas y Mecánicas del Bambú”, de la Universidad Nacional Antenor Orrego de Trujillo planteó como objetivo principal determinar mediante ensayos las características del bambú del distrito de Marona ubicado en el departamento de San Martín y

verificar si cumplen con las normas técnicas nacionales e internacionales. La investigación se desarrolló extrayendo el bambú de la zona, sano y libre de defecto alguno, con un rango de edad entre 4 y 5 años, estas muestras siguieron los lineamientos establecidos de la Norma Técnica Peruana – NTP E-100, la Norma Técnica Colombiana NTC- 5525 y el manual de métodos y ensayos propuestos por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización – INEN, los ensayos realizados para obtener sus propiedades físicas fueron retraimiento y contenido de humedad, asimismo para las propiedades mecánicas fueron tracción, compresión, corte, flexión, densidad y mecánica. Finalmente se comprobó con los valores resultantes de los ensayos, que el bambú proveniente del distrito de Marona cumple con las resistencias mínimas determinadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la norma E.100. Esta investigación es relevante en la elaboración del presente estudio, ya que muestra los lineamientos seguidos en pruebas de laboratorio, los cuales son aplicados en la presente investigación.

Chávez y Cueva (2020) en su investigación “Propuesta de vivienda modular sostenible mediante la utilización de paneles de quincha prefabricada para atención de las demandas de refugio en Sondorillo, Huancabamba, Piura”, de la Universidad Peruana de Ciencias aplicadas, planteó como objetivo principal proponer una vivienda modular sostenible a través del empleo de paneles prefabricados de quincha para satisfacer la necesidad de refugio en Huancabamba, Piura. La investigación describió el método constructivo de los paneles de quincha prefabricada y sus beneficios, así como su comparación con otras técnicas constructivas, analizó la disponibilidad de los materiales de construcción necesarios para la elaboración de los paneles de quincha prefabricada, tales como el carrizo, el bambú, entre otros en la zona, asimismo, dimensionó una vivienda de 41.00 m² con 5 ambientes y realizó los planos de las distintas especialidades. La vivienda se diseñó con las Normas E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, E.100 Bambú y E.010 Madera y constó de muros a base de paneles de quincha de 1.20 m x 2.40 m, 1.00 m x 2.40 m, 1.00 m x 1.00 m y 1.00 m x 0.5 m, columnas y vigas de madera y un techo de bambú con una pendiente del 20%. También detalló los metrados de las diferentes

partidas a ejecutar, con sus respectivos costos unitarios, presupuesto y cronograma de construcción de la vivienda modular, finalmente, realizó una simulación virtual en 4D de los procesos constructivos mediante los softwares Naviswork, Revit y MS Project para mayor entendimiento de los trabajos a realizar. Entre lo más relevante concluyó que la Región Piura es una de las mayores productoras de caña, que el costo de la vivienda modular de 41.00 m² ascendió a S/ 21,825.91 Soles con un tiempo de construcción de 7 días, considerando que los paneles prefabricados de quincha fueron construidos en paralelo en un taller durante los primeros 3 días. Adicionalmente, recomendó dentro del proceso constructivo, la estandarización de la colocación de columnas en el cimiento corrido, y precisó que antes de vaciar el concreto las columnas deben estar unidas a las vigas, garantizando la separación entre las columnas. La investigación asimismo indicó que esta propuesta de vivienda modular sostenible es más factible y viable comparada con otras propuestas del Estado y que la simulación 4D con el software Naviswork permitió la mayor comprensión de las partidas y el tiempo proyectado por cada una. Esta investigación es relevante en la elaboración del presente estudio ya que es materia de comparación tanto para los análisis de costos unitarios, secuencia y programación de las partidas a ejecutar, siendo tomada como base la estructura considerada por el investigador.

Camacho y De la Cruz (2019) en su investigación titulada “Diagnostico Situacional de la Producción del Bambú (*Guadua Angustifolia* K.) en el Distrito de la Florida, de la Provincia San Miguel, Región Cajamarca”, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, planteó como objetivo principal realizar el diagnóstico situacional de la producción de bambú en el distrito La Florida, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca. La investigación consideró un muestreo de campo en el cual colocó puntos de referencia en las zonas de cultivo de bambú, realizó el análisis de laboratorio de suelos e identificó el tipo de suelo del área de estudio y sus componentes, asimismo identificó las especies y/o variedades de bambú en la zona, así como pruebas al bambú en estado de pudrición para determinar los tipos de microorganismos causantes, finalmente desarrolló un estudio social de los productores de bambú.

La investigación concluyó principalmente que la zona estudiada cuenta con dos biotipos de bambúes, biotipo N°1 conocido como la caña amarilla, caracterizada por tener menor diámetro y espesor en su pared y biotipo N°2 conocido como caña verde, más resistente y con un mayor diámetro que la caña amarilla. Asimismo, se determinó que los tallos del biotipo N°1 son ideales para procesos industriales como la elaboración de paneles y pisos, mientras los del biotipo N°2 se utilizan mayormente en el sector construcción, como vigas de techo, paredes, entresijos con planchas de concreto y en la construcción de viveros. Esta investigación es relevante en la elaboración del presente estudio, ya que presenta el biotipo de bambú adecuado para efectos constructivos existente en el Distrito de la Florida.

2.3. Bases Teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.3.1. Construcciones sostenibles

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura –UNESCO (2019) define al desarrollo sostenible como el desarrollo del medio ambiente racional, que responde a las actuales necesidades y no compromete las posibilidades de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Por ende, se entiende que el ser humano tiene grandes retos a los que se debe enfrentar tales como el cambio climático, el hambre, la escasez de agua, la disminución de la emisión de dióxido de carbono entre otros, por lo cual en el presente y en el futuro se debe promover el desarrollo sostenible.

Villar (como se citó en Moreira, Toala y Loor, 2019) indicó que el desarrollo sostenible sólo será posible integrando todos los componentes del Estado: economía, comunidad, territorio, política, cultura y memoria, desde una óptica de participación ciudadana, en la que todos tengan presencia y se beneficien todos los sectores y niveles de la sociedad.

Así mismo Blackman y Carter (2009) plantean realizar proyectos ambientalmente sostenibles, porque consideran que deben tomarse en cuenta los temas ambientales actuales y futuros que puedan afectar a un proyecto, evitando hacer daño al medio ambiente, sino por el contrario

beneficiándolo, practicando el manejo sostenible de los recursos, asegurando que los recursos ambientales se usen de una forma que no comprometan su disponibilidad futura y que sean reemplazados durante el mismo período de tiempo.

Por otro lado, el World Resource Institute (Como se citó en Miranda, Neira, Torres y Valdivia, 2018) indicó que la construcción global consume más del 40% de la energía de manera directa y el 50% de los materiales producidos, generando más del 50% de los residuos, precisando que en el Perú se debe entender y promover la construcción sostenible como una estrategia preventiva aliada del bienestar integral y el desarrollo sostenible nacional.

Adicionalmente, Du Plessis (Como se citó en Miranda, Neira, Torres y Valdivia, 2018) indicó que la construcción sostenible es un proceso holístico que busca restaurar y mantener la armonía entre el sistema natural y el construido, creando asentamientos humanos que afirmen la dignidad humana y fortalezcan la economía con equidad. Sánchez y Espuna (2017) precisan que la construcción sostenible hace un uso correcto, gestión y reutilización de los recursos naturales y de la energía utilizada durante el proceso de construcción y disposición final de la edificación. En consecuencia a los objetivos planteados como parte del desarrollo sostenible, el Perú llevó a cabo la “Semana del Bambú Central 2019”, siendo este el Primer congreso internacional en el Perú que coloca al bambú como principal protagonista, el cual fue organizado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR, junto a la Mesa Técnica del Bambú de Junín, la Municipalidad Provincial de Chanchamayo y el Bosque Modelo de Pichanaki, dicho congreso tuvo como objetivo principal impulsar el uso del bambú como herramienta de desarrollo sostenible en la construcción en el Perú.

2.3.2. Viviendas sostenibles

Según la definición de la Real Academia Española – RAE (2014) el termino sostenible es utilizado como adjetivo para referir cuando algo puede mantenerse durante un largo tiempo sin causar daño grave al medio ambiente o sin agotar los recursos; por otro lado, el termino vivienda es utilizado para definir un lugar cerrado y cubierto, construido con el propósito de ser habitado por personas.

La Unidad de Planeación Minero Energética del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UPME-PNUD, 2013) presentó un listado de materiales de uso frecuente en la construcción de viviendas con las correspondientes cantidades de energía consumida por cada material desde su producción hasta el transporte a obra, así como el impacto en los gases de efecto invernadero que generan, como se observa en la Tabla N°10.

Tabla 10: Consumo energético y emisión de CO₂ por material

MATERIAL	CONSUMO ENERGETICO TOTAL [MJ/ton]	EMISION DE CO ₂ TOTAL [ton CO ₂ /ton]
PVC	72.276,0	7,6592
GUADUA	1.334,0	0,1065
AGREGADOS GRUESOS	177,2	0,0098
AGREGADOS FINOS	494,6	0,0213
BASE	324,2	0,0129
SUB-BASE	302,3	0,0106
ARENA DE RÍO	121,7	0,0097
LADRILLO – TEJA ARCILLA	2.750,0	0,2428
BALDOSAS – AZULEJOS	1.172,0	0,8297
ACERO, SEMI-INTEGRAL	11.083,0	2,7045
COBRE	98.391,0	8,6216
CAL	7.670,0	0,7984
CEMENTO VÍA HUMEDA	11.062,0	1,1848
CEMENTO VÍA SECA	7.506,0	1,0955
YESO ESTUCO QUÍMICO	1.080,0	0,2028
YESO ESTUCO	1.190,0	0,2054
PINTURAS	5.247,0	0,4079
MADERAS	500,0	-
TEJA FIBROCEMENTO	8.863,0	0,0518
VIDRIO PLANO	28.952,0	1,8591
ADICIÓN K – ECOLÓGICA	2.617,0	0,1246
ECO CEMENTO	3.651,0	0,2105
BLOQUES ECOLÓGICOS	1.292,0	0,0849
LADRILLOS ECOLÓGICOS	1.059,0	0,0557
AGREGADOS ECOLÓGICOS (GRUESOS Y FINOS)	13	0,0010

Fuente: “Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas”, por UPME - PNUD. (2013, p.156)

Pedreño (2014) realizó una investigación en la que recopiló un listado de elementos utilizados en el sector construcción con los factores de emisión de dióxido de carbono generados. Esta base de datos consideró el proceso de fabricación del elemento hasta la salida de fábrica, también llamado “cradle to gate”. La base de datos está dividida por categorías como se muestra en las siguientes tablas.

En la Tabla N°11 se detalla la densidad aproximada de algunos materiales de cantera, tales como la arena y la piedra, así como de otros derivados de estos, tales como el ladrillo y la cerámica, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 11: Factores de emisión de dióxido de carbono de los materiales de cantera

Categoría	Material	Densidad aproximada del material (toneladas/m3)	tCO ₂ e/t material	Limites del sistema
Material de cantera	Árido	2,0	0,0052	cradle to gate
	Árido reciclado	2,0	0,005	cradle to gate
	Asfalto, 4% (Betún)	1,7	0,066	cradle to gate
	Asfalto, 5% (Betún)	1,7	0,071	cradle to gate
	Asfalto, 6% (Betún)	1,7	0,076	cradle to gate
	Asfalto, 7% (Betún)	1,7	0,081	cradle to gate
	Asfalto, 8% (Betún)	1,7	0,086	cradle to gate
	Betún	2,4	0,49	cradle to gate
	Mármol	2,7	0,13	cradle to gate
	Azulejo Mármol	2,7	0,21	cradle to gate
	Ladrillo	1,9	0,24	cradle to gate
	Arcilla general	1,9	0,24	cradle to gate
	Azulejo Arcilla	1,9	0,48	cradle to gate
	Cerámica general	2,4	0,7	cradle to gate
	Azulejos y revestimiento de cerámica	1,9	0,78	cradle to gate
	Arena	2,24	0,0051	cradle to gate
	Cal	1,2	0,78	cradle to gate
	Tierra general	1,7	0,024	cradle to gate
	Piedra general	2,0	0,079	cradle to gate
	Granito	2,9	0,7	cradle to gate
	Caliza	2,2	0,09	cradle to gate
	Arenisca	2,2	0,06	cradle to gate
	Esquisto	2,7	0,002	cradle to gate
Pizarra	2,7	0,035	cradle to gate	

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.30)

En la Tabla N°12 se detalla la densidad del mortero, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de este material.

Tabla 12: Factores de emisión de dióxido de carbono del mortero

Mortero	Mortero (1:3 cemento:arena mezcla)	1,9	0,221	cradle to gate
	Mortero (1:4 cemento:arena mezcla)	1,9	0,182	cradle to gate
	Mortero (1:5 cemento:arena mezcla)	1,9	0,156	cradle to gate
	Mortero (1:6 cemento:arena mezcla)	1,9	0,136	cradle to gate
	Mortero (1:½:4½ Cemento:Cal:Arena mezcla)	1,9	0,213	cradle to gate
	Mortero (1:1:6 Cemento:Cal:Arena mezcla)	1,9	0,174	cradle to gate
	Mortero (1:2:9 Cemento:Cal:Arena mezcla)	1,9	0,155	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.30)

En la Tabla N°13 se detalla la densidad del hormigón o concreto en función a la resistencia a la compresión de dicho material, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de este material.

Tabla 13: Factores de emisión de dióxido de carbono de los bloques de hormigón

Bloques de hormigón	Bloque - 8MPa Fuerza compresiva	1,1	0,063	cradle to gate
	Bloque - 10 Mpa Fuerza compresiva	1,2	0,078	cradle to gate
	Bloque - 12 Mpa Fuerza compresiva	1,3	0,088	cradle to gate
	Bloque - 13 Mpa Fuerza compresiva	1,4	0,107	cradle to gate
	Bloque de hormigón celular	0,8	0,32595	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.30)

En la Tabla N°14 se detalla la densidad del vidrio, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de este material.

Tabla 14: Factores de emisión de dióxido de carbono del vidrio

Vidrio	Vidrio	2,5	0,91	cradle to gate
	Lana de vidrio (glasswool)	0,032	1,6324	cradle to gate
	Vidrio reforzado	2,5	1,35	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.30)

En la Tabla N°15 se detalla la densidad de acabados, tales como la pintura de diferentes tipos, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 15: Factores de emisión de dióxido de carbono de los acabados

Acabados	Pintura (general)	1,2	2,91	cradle to gate
	Pintura soluble al agua	1,3	2,54	cradle to gate
	Pintura soluble en acetona	1,2	3,76	cradle to gate
	Resina epoxy	1,2	6,042	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.30)

En la Tabla N°16 se detalla la densidad de metales, tales como el acero, el cobre y el aluminio, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 16: Factores de emisión de dióxido de carbono de los metales

Metales	Cobre en tubería o lámina (EU)	8,9	2,71	cradle to gate
	Cobre reutilizado	8,9	0,27	cradle to gate
	Hierro	7,9	2,03	cradle to gate
	Plomo	11,3	1,67	cradle to gate
	Acero: General - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,46	cradle to gate
	Acero: Barra - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,4	cradle to gate
	Acero: Lámina - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,38	cradle to gate
	Acero: Lámina, Galvanizado - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,54	cradle to gate
	Acero: Tubería- UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,45	cradle to gate
	Acero: Cable - Virgen	7,8	3,02	cradle to gate
	Acero: Inoxidable	8,0	6,519	cradle to gate
	Acero reutilizado	7,8	0,146	cradle to gate
	Aluminio: General	2,7	9,16	cradle to gate
	Aluminio: productos fundidos	2,7	9,22	cradle to gate
	Aluminio: Extrusión	2,7	9,08	cradle to gate
	Aluminio: Lámina	2,7	9,18	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.31)

En la Tabla N°17 se detalla la densidad de plásticos, tales como el poliestireno expandido y el PVC, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 17: Factores de emisión de dióxido de carbono del plástico

Plásticos	Plástico (general)	1,38	3,31	cradle to gate
	Poliétileno (general)	0,92	2,54	cradle to gate
	Resina de polietileno de alta densidad	0,96	1,93	cradle to gate
	Poliétileno de alta densidad tubería	1,05	2,52	cradle to gate
	Poliestireno expandido	1,05	3,29	cradle to gate
	Poliestireno (general)	1,05	3,43	cradle to gate
	Poliestireno de alto impacto	1,05	3,42	cradle to gate
	PVC (general)	1,38	3,1	cradle to gate
	PVC tubería	1,41	3,23	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.31)

En la Tabla N°18 se detalla la densidad de maderas tales como la madera en general, laminada, aglomerada, reciclada, entre otras, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 18: Factores de emisión de dióxido de carbono de la madera

Madera	Madera en general	0,5	0,31	cradle to gate
	Madera laminada encolada	0,5	0,42	cradle to gate
	Aglomerado	26	0,58	cradle to gate
	Fibra vulcanizada de densidad media (MDF)	14	0,39	cradle to gate
	Tablero de tiras orientadas	0,6	0,45	cradle to gate
	Tablero de partículas	6	0,54	cradle to gate
	Contrachapado	11	0,45	cradle to gate
	Madera reciclada	0,7	0,03	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.31)

En la Tabla N°19 se detalla la densidad de aislantes tales como la fibra de vidrio, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 19: Factores de emisión de dióxido de carbono del aislante, yeso y otros.

Aislante, yeso y otros	Membrana impermeabilizante	0,0009	4,45	cradle to gate
	Goma	1,5	2,85	cradle to gate
	Gravilla	2,0	0,00742	cradle to gate
	Fibra de vidrio	1,7	8,10	cradle to gate
	Aislante (general)	0,04	1,9716	cradle to gate
	Aislante lana de vidrio (glasswool)	0,03	1,431	cradle to gate
	Aislante poliestireno	0,04	3,43	cradle to gate
	Aislante poliuretano	0,03	4,84	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.32)

En la Tabla N°20 se detalla la densidad de diversos tipos de cemento y en la Tabla N°21 la densidad de combustibles como el gas, el diésel y sustancias líquidas como el agua, asimismo se precisa el factor de emisión de dióxido de carbono generado para el proceso de fabricación de estos materiales.

Tabla 20: Factores de emisión de dióxido de carbono del cemento.

Cementos	Cemento portland medio 94% Clinker	1,5	0,95	cradle to gate
	Escoria de altos hornos granulada	1,5	0,083	cradle to gate
	Cenizas volantes	1,5	0,008	cradle to gate
	Cemento tipo desconocido	1,5	0,88	cradle to gate
	Cemento Portland Calizo, CEM II/A-LL (20% Caliza)	1,5	0,75	cradle to gate
	Cemento Portland Calizo, CEM II/A-LL (13% Caliza)	1,5	0,815	cradle to gate
	Cemento Portland Calizo, CEM II/A-LL (6% Caliza)	1,5	0,88	cradle to gate
	Cemento portland cenizas volantes, CEM II/A-V (20% cenizas volantes)	1,5	0,75	cradle to gate
	Cemento portland cenizas volantes, CEM II/A-V (13% cenizas volantes)	1,5	0,81	cradle to gate
	Cemento portland cenizas volantes, CEM II/A-V (6% cenizas volantes)	1,5	0,87	cradle to gate
	Cemento portland cenizas volantes, CEM II/B-V (35% cenizas volantes)	1,5	0,61	cradle to gate
	Cemento portland cenizas volantes, CEM II/B-V (28% cenizas volantes)	1,5	0,67	cradle to gate
	Cemento portland cenizas volantes, CEM II/B-V (21% cenizas volantes)	1,5	0,73	cradle to gate
	Cemento portland escoria, CEM II/B-S (35% escoria altos hornos)	1,5	0,62	cradle to gate
	Cemento portland escoria, CEM II/B-S (28% escoria altos hornos)	1,5	0,68	cradle to gate
	Cemento portland escoria, CEM II/B-S (21% escoria altos hornos)	1,5	0,74	cradle to gate
	Cemento Altos hornos, CEM III/A (65% escoria altos hornos)	1,5	0,36	cradle to gate
	Cemento Altos hornos, CEM III/A (50.5% escoria altos hornos)	1,5	0,48	cradle to gate
	Cemento Altos hornos, CEM III/A (36% escoria altos hornos)	1,5	0,61	cradle to gate
	Cemento Altos hornos, CEM III/B (80% escoria altos hornos)	1,5	0,23	cradle to gate
	Cemento Altos hornos, CEM III/B (73% escoria altos hornos)	1,5	0,285	cradle to gate
	Cemento Altos hornos, CEM III/B (66% escoria altos hornos)	1,5	0,34	cradle to gate

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.32)

Tabla 21: Factores de emisión de dióxido de carbono de combustibles o energía

Energía	Diésel	0,8368	kg/litre	0,0031761	tCO2e/litro
	Biodiésel	0,8897	kg/litre	0,0013674	tCO2e/litro
	Electricidad red	NA		0,000332	tCO2e/kWh
	Gas	0,0007459	kg/litre	0,002217	tCO2e/m3
	Gasoil	0,837	kg/litre	0,0035865	tCO2e/litro
	Agua	1	kg/litre	0,00000034	tCO2e/litro

Fuente: “Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”, por Pedreño (2014, p.33)

La UPME-PNUD (2013) precisó adicionalmente que gran parte de los países en vías de desarrollo no cuentan con un conocimiento claro de sus materias primas y de sus potenciales aplicaciones, las cuales por ser autóctonas de cada país o región son abundantes y de bajo costo, planteando que estas podrían sustituir, en algunos casos, parte de los materiales convencionales utilizados a la fecha como insumos en la construcción. Adicionalmente, refirió que deben fabricarse materiales de bajo consumo energético mediante procesos productivos innovadores, utilizándose aquellas materias primas o productos que antes eran residuos y posteriormente subproductos, tales como la cáscara de arroz, el bagazo de la caña de azúcar, los residuos de la industria de la porcelana y el ladrillo, las cenizas volcánicas, los escombros de la construcción, etc. En la actualidad, existen sistemas constructivos no convencionales dotados de mayor sostenibilidad frente a sistemas convencionales, algunos de los cuales serán detallados a continuación.

a. Bahareque

El Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la construcción (SENCICO, 2014) cita al bahareque, como el sistema constructivo de muros delgados y resistentes a partir de paralelos de bambú colocados a iguales distancias sobre una solera de bambú o madera, y recubiertos externa e internamente por tableros de esterilla. Según Carazas y Rivero (2002) esta alternativa constructiva tiene diferentes denominaciones según la región, en el Perú es conocida como quincha, en Cuba como cuje, en el Salvador como bahareque, en Brasil como pao pique o simplemente tabiquería en otros países. Precisa que existen varios tipos en función de la estructura conformante, así el bahareque tradicional consiste en una estructura de bambú (guadua) o madera rolliza rellena de paja con tierra, embutiéndose al interior de la osamenta cañas delgadas o tiras de bambú, como se observa en la Figura N°28; el bahareque convencional es una versión más moderna y cuenta con una trama de bambú o varas de cañas fijadas con clavos y alambres a una estructura de madera, como se observa en la Figura N°29; finalmente los paneles

prefabricados o quincha son bastidores de madera aserrada, entretejidos con bambú o varas de caña, trenzados de manera que permitan su auto fijación, estos paneles serán revocados con mortero de paja y tierra en una primera capa y luego una capa fina de término, como se observa en la Figura N°30.

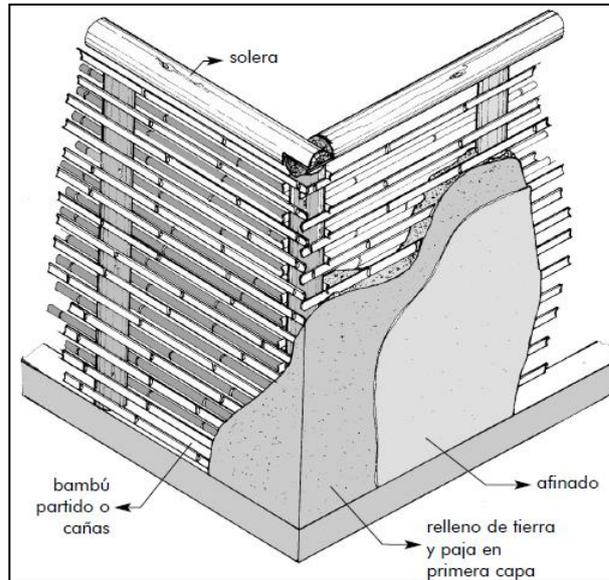


Figura 28 : Bahareque tradicional, detalle de la estructura del muro

Fuente: “Bahareque: Guía de construcción parasísmica”, por Carazas, W. y Rivero, A. (2002, p.14)

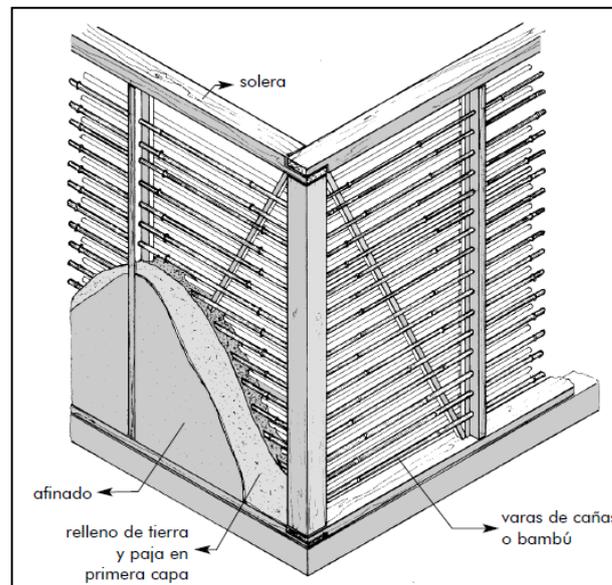


Figura 29 : Bahareque convencional, detalle de la estructura del muro

Fuente: “Bahareque: Guía de construcción parasísmica”, por Carazas, W. y Rivero, A. (2002, p.15)

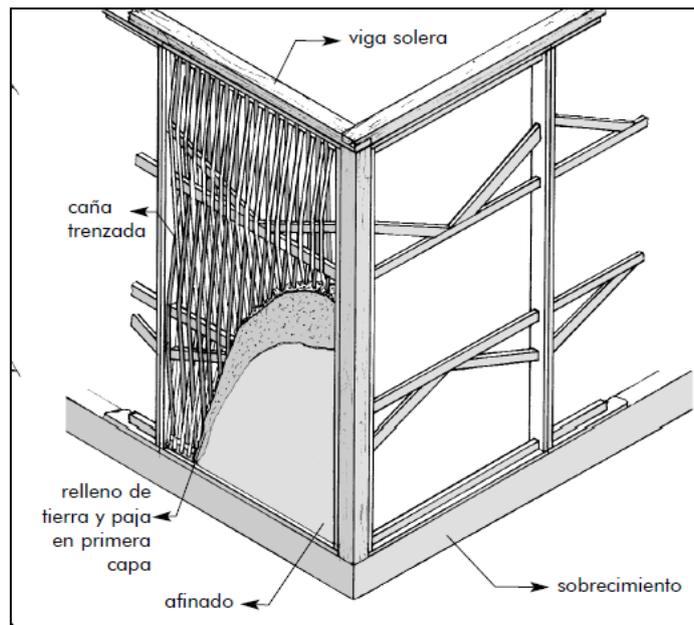


Figura 30 : Panel prefabricado de quincha, detalle de la estructura del muro

Fuente: “Bahareque: Guía de construcción parasísmica”, por Carazas, W. y Rivero, A. (2002, p.16)

b. Cañacreto

El Círculo de Investigación del Bambú - CIB (2020) detalla el sistema constructivo no convencional cañacreto, el cual fue investigado y desarrollado como una alternativa ante la ocurrencia de un sismo grado 9 en la escala de Richter, que pudiese afectar las edificaciones de ladrillo sin columnas, de adobe o estructuras de concreto con deficiencias en el diseño o construcción. Este sistema integró un esqueleto conformado por postes, vigas y viguetas de madera y una estructura de microconcreto de 5cm de espesor, con un refuerzo de mallas de acero de ¼” entre dos planchas de cañas de bambú, como se observa en la Figura N°31. Entre las fortalezas del sistema de construcción no convencional cañacreto se tienen los menores volúmenes de cimentación, menores espesores de muros y como consecuencia mayor espacio interno, menor peso de la edificación y por ende menor fuerza originada por los movimientos sísmicos, reducción de costos frente a una edificación convencional con un ahorro de entre 25% a 40%, así como la facilidad en la construcción al no requerir equipos pesados.



Figura 31 : Esqueleto de madera y caña bambú abierta y extendida que recibirá una segunda estructura de concreto armado de 5cm de espesor

Fuente: “Sistema constructivo no convencional SCNC – Cañacreto” – Bambú para la Ciencia, Innovación y Tecnología – BAMBUCYT, Fotografías de Arboccó, H. (2020, p.16)

c. Bloques de suelo cemento (BSC)

Bedoya (como se citó en Moreira, Toala y Loor, 2019) presentó materiales que se pueden reutilizar como material de construcción en viviendas de interés social. El proceso consideró la mezcla de residuos de construcción y demolición, que una vez triturados con tierra y mezclados con cemento, forman así bloques prefabricados tales como ladrillos, adoquines, adobe, entre otros, los que, al no necesitar de una cocción a elevadas temperaturas, minimizan el efecto del dióxido de carbono en el medio ambiente, además de ser replicables por su fácil tecnología, como se observa en la Figura N°33. Bedoya (2018) refiere que para la producción de bloques de suelo cemento (BSC) es necesaria una mezcla de suelo y cemento en proporción 9:1 y una prensa que comprima el material humedecido hasta obtener un mampuesto, que luego de catorce

días cuenta con las condiciones para ser instalado en Obra. En la investigación experimental realizada en el Proyecto El Carmen de Viboral, como se observa en la Figura N°34 y la Figura N°35, la materia prima para la elaboración de los bloques fue el suelo residual del corte del terreno y el proveniente de excavaciones, previa verificación de la distribución de los limos, arenas y arcillas de este, posteriormente se utilizó una prensa Cinva-Ram de operación manual para la producción del BSC aligerado tipo lego, a fin de reducir el consumo del material y el peso de la edificación. Adicionalmente, se utilizó el software Umberto NXT LCA y se obtuvo que las emisiones de CO₂ equivalente son 238 veces menores en el caso del BSC al compararse con el ladrillo cerámico.

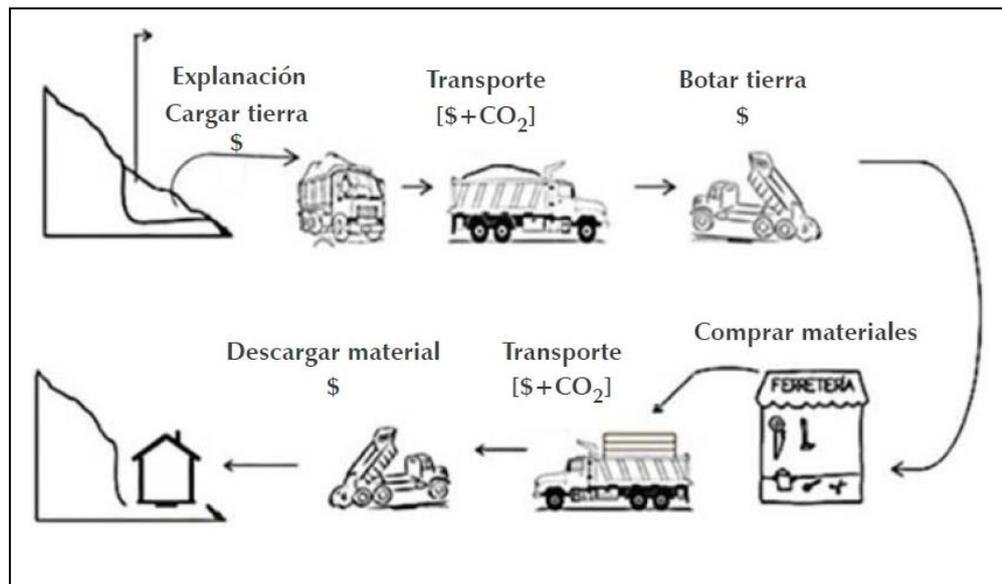


Figura 32 : Flujo lineal de materiales y RCD

Fuente: “Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material” - Revista de Arquitectura, figura de Bedoya, C. (2018, p.64)

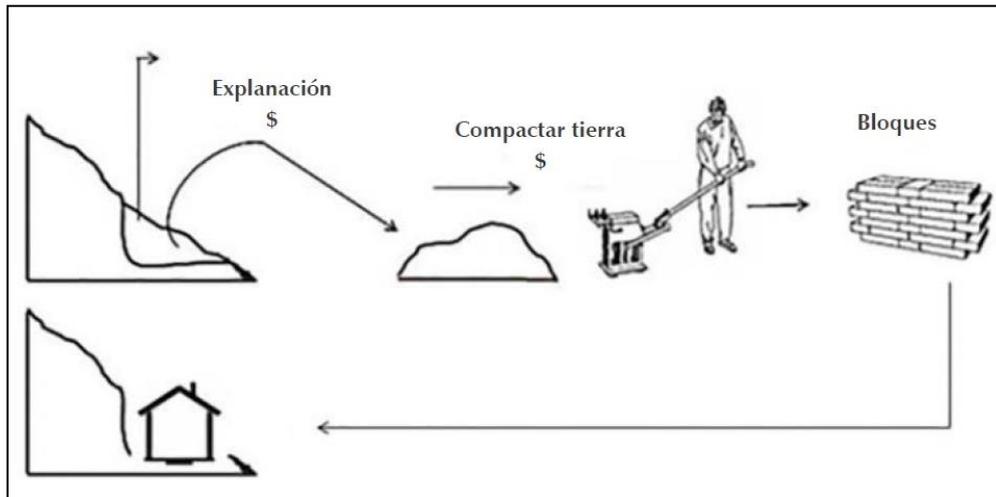


Figura 33 : Flujo no lineal de materiales y residuos. BSC in situ

Fuente: “Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material” - Revista de Arquitectura, figura de Bedoya, C. (2018, p.64)



Figura 34 : BSC y su interacción con las instalaciones

Fuente: “Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material” - Revista de Arquitectura, Fotografía de Moreno, J. (2018, p.66)



Figura 35 : Aspectos del proceso constructivo con BSC

Fuente: “Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material” - Revista de Arquitectura, Fotografía de Moreno, J. (2018, p.66)

En los BSC producidos manualmente en el Proyecto El Carmen de Viboral se observó que ninguna de las muestras estuvo por debajo de 0.8 veces el valor de la resistencia exigida, igual a 3.2Mpa, asimismo, debido a su textura pueden ser parte del acabado tanto de exteriores como de interiores, evitándose los costos de revoque y pintura, que representan aproximadamente el 8% del costo total de cualquier proyecto inmobiliario. Por otra parte, la mampostería representa entre el 30% y 35% del costo total de una vivienda, siendo este porcentaje impactado al fabricarse los bloques de BSC en sitio.

d. Viviendas de tierra

Zuleta (como se citó en Moreira, Toala y Loor, 2019) detalló características que reafirman que la construcción con tierra es sostenible en viviendas de interés social, por su bajo costo energético, cero gasto en transporte, además de sus excelentes propiedades acústicas y térmicas, precisó además que no es un material combustible, no se descompone, no sufre el ataque de insectos, siendo un material asequible económicamente

para ser utilizado como adobe, tapia pisada o bahareque. Zuleta (2011) precisó que la tierra es un material reciclable en un cien por ciento si es que no ha sido mezclada con otros materiales y si se hace una selección adecuada del terreno no está asociada con problemas de deforestación, sus excelentes propiedades térmicas están vinculadas a su alta capacidad para almacenar calor y cederlo posteriormente, lo que permite mantener una temperatura confortable en el interior de las edificaciones. El valor cultural de la tierra como material de construcción es de gran relevancia, ya que su uso va ligado con las tradiciones de los habitantes del lugar, al ser su uso ancestral, como se observa en la Figura N°36, afirmándose que al menos el 30% de la población mundial habita en casas de tierra, lo cual la convierte en una materia prima importante para viviendas, especialmente en países del tercer mundo. Al año 2011, el 60% de las viviendas en el Perú estaban construidas con tapia pisada en algunos casos y en otras con adobe.



Figura 36 : Construcción con tierra, Marrakech

Fuente: “La arquitectura en tierra: una alternativa para la construcción sostenible” - Revista Hábitat Sustentable, Fotografía de Alvares, D. (2011, p.36)

2.3.3. Bambú

“El bambú es una gramínea con tallo herbáceo o leñoso de rápido crecimiento y que posee una floración infrecuente” (Manual Técnico de Identificación del Bambú ,2020, p.8).

a. Partes del Bambú

Coto (1991) define al bambú como un sistema de ejes vegetativos conformado por ramas, tallos y rizomas, las cuales forman nudos y entrenudos, variando acuerdo a la especie.

- Rizoma

Según el CIB (2020) es el órgano encargado de la reproducción vegetal a través de sus ramificaciones, asimismo es el responsable de almacenar los nutrientes.

Existen tres tipos de rizomas:

1. Paquimorfo: Coto (1991) los define por sus ramificaciones gruesas y cortas, con internudos de diferentes diámetros más anchos que largos, como se observa en la figura N°37, estos rizomas crecen en climas tropicales y se ubican a una altura de 200 a 1000 metros sobre el nivel del mar.



Figura 37 : Rizoma paquimorfo en *Guadua weberbaueri*

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.8)

2. Leptomorfo: Coto (1991) los define por sus ramificaciones cilíndricas o semi cilíndricas, por lo general cuentan con un menor diámetro que sus tallos que forman con internudos más largos que anchos, simétricos, como se observa en la figura N°38, así mismo crecen en climas fríos o templados y se ubican a una altura de 800 a 2000 metros sobre el nivel del mar.



Figura 38 : Rizoma leptomorfo en *Phyllostachys aurea*

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.9)

3. Anfimorfo: Coto (1991) los define como una combinación de las características de rizomas leptomorfos y paquimorfos, como se observa en la figura N°39.



Figura 39 : Rizoma anfimorfo en *Chusquea scandens*

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.9)

- Culmo

CIB (2020) lo define como el tallo del bambú, caracterizado en su mayoría por su forma hueca y en algunos casos sólida, es cilíndrica, posee nudos y entrenudos, como se observa en la figura N°40.



Figura 40 : Culmos de *Phyllostachys aurea*

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.69)

- Yema

“Estructura vegetativa de forma irregular que se localiza por encima del nudo y de donde salen las ramas” (Manual Técnico de Identificación del Bambú ,2020, p.10).



Figura 41 : Yema de Bambú

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.19)

- Hoja caulinar

CIB (2020) la define como la parte vegetativa del bambú caracterizada por tener forma triangular o irregular, está compuesta por una lámina, una lígula y una vaina. Se origina en los nudos del culmo y cumple con la función de protección de la zona meristemática de los entrenudos del culmo y ramas, como se observa en la figura N°42.



Figura 42 : Hoja Caulinar del Bambú

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.20)

- Ramas

Según el CIB (2020) surgen de las yemas o tejido meristemático, existen tres tipos de ramas: infravaginal como se observa en la figura N°43, extravaginal como se observa en la figura N°44 e intervaginal como se observa en la figura N°45.



Figura 43 :Ramificación infravaginal

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.10)



Figura 44 : Ramificación extravaginal

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.11)



Figura 45 : Ramificación intervaginal

Fuente: “Manual Técnico de identificación del bambú”, por CIB. (2020, p.11)

b. Tipos de bambúes

Según Londoño (como se citó en INBAR, 2014), la subfamilia bambusoideae cuenta con 1400 especies divididas en 101-118 géneros, como se observa en la Figura N°46, clasificándose en dos grandes grupos o tribus: los bambuseae o bambúes leñosos y los olyreae o bambúes herbáceos. Por otro lado, el Centro Nacional de Investigación del Bambú de China - CBRC (como se citó en SENCICO, 2014) estima que existen cerca de 1200 especies de bambú y 70 géneros alrededor del mundo, siendo al menos 500 especies originarias de China, distribuidas en 39 géneros. Londoño (como se citó en SENCICO, 2014) ha reportado sólo en América 515 especies de bambú y 42 géneros.

Tovar (como se citó en SENCICO, 2014) indica que en el Perú la población de bambúes se encuentra a lo largo de todo el territorio, registrándose 64 especies y 15 géneros, ubicados casi en su totalidad en la llanura amazónica y algunos de estos en el bosque perennifolio nublado. Londoño (como se citó en SENCICO, 2014) refiere sin embargo que existen otros estudios que sólo han reportado 37 especies y 8 géneros en el Perú.

Según Canavan, Richardson, Visser, Le Roux, Vorontsova y Wilson (2017) en su artículo distribución global de bambúes, precisan que se cuenta con una lista de 1662 especies distribuidas en 121 géneros, precisando que existe una gran discrepancia entre la clasificación de bambúes y la lista de especies, debido a que dicha identificación se basa en gran medida al material vegetativo de la especie y en su mayoría estas características no tienen un diagnóstico fiable, precisándose como base de la discrepancia del inventario de bambúes entre los diferentes autores.

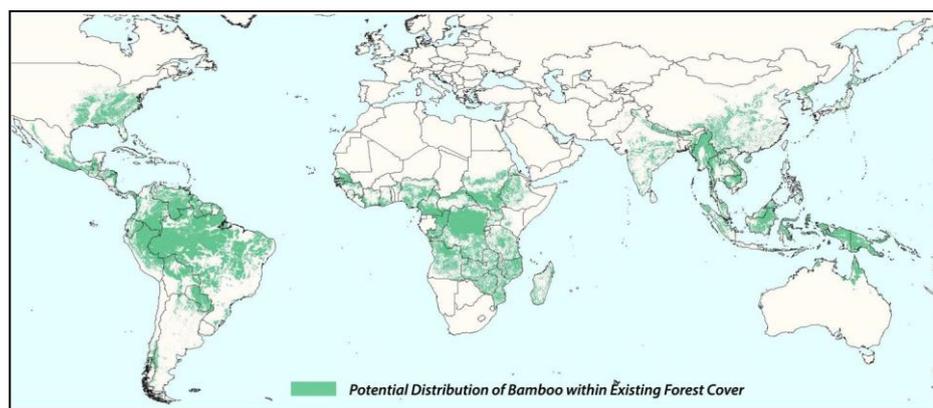


Figura 46 : Distribución potencial de bambú a nivel mundial

Fuente: “El bambú: un recurso estratégico para que los países reduzcan los efectos del cambio climático”, por INBAR, figura de Bamboo and Rattan in the world (2014, p.3)

- Bambúes Herbáceos (tribu Olyreae)

Castaño y Londoño (como se citó en INBAR, 2014) refieren que este grupo o tribu está concentrado en América, y crece en un rango de altitud desde el nivel del mar hasta los 1000 metros. Asimismo, Londoño (como se citó en INBAR, 2014) indicó que estos bambúes tienen un porte que va de pequeño a mediano, culmos herbáceos, forman macollas, con sistemas simples de ramificación, no cuentan con hojas caulinares y no desarrollan rizomas fuertes y grandes. Su hábitat preferido es el estrato herbáceo de la selva tropical y su método de polinización es a través de insectos.

- Bambúes Leñosos (tribu bambuseae)

INBAR (2014) precisa que este grupo o tribu cuenta con una distribución mucho más amplia que los bambúes herbáceos, tanto altitudinal como geográficamente. Según estudios moleculares se han establecido tres grupos mayores:

1. Bambúes leñosos paleotropicales, de la Región Sub- Tropical y Tropical de Madagascar, Sri Lanka, África, India, Sur de Japón, Sur de China y Oceanía.
2. Bambúes leñosos de la zona temperada Norte, con algunas especies en elevaciones altas de Madagascar, África, Sri Lanka, Sur de India y Sureste Asiático.
3. Bambúes leñosos neotropicales, distribuidos desde México hasta Chile y Argentina e Islas del Caribe.

Estos bambúes tienen un porte que va de mediano a grande, culmos lignificados, pueden formar o no macollas, con sistemas complejos de ramificación, cuentan con hojas caulinares y desarrollan rizomas fuertes y grandes. Su hábitat es diverso, aunque prefieren los espacios abiertos y su método de polinización es a través del viento. La diversidad de su hábitat está asociada a la radiación.

Adicionalmente, INBAR (2014) precisa por otro lado que existen 1100 especies y 65 géneros de bambúes leñosos conocidos en el mundo y en América Latina 429 especies y 20 géneros, siendo Brasil el país con mayor diversidad con un total de 141 especies de bambúes leñosos, seguido por Colombia con 72 especies, Venezuela con 60, Ecuador con 44 y México y Costa Rica con 39. Los bambúes leñosos solamente en la Cordillera de los Andes albergan el 33% de las especies, observándose una mayor concentración de especies entre los 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar; por otro lado, debajo de los 1000 metros de altitud, disminuye la diversidad, con un predominio de los géneros *Arthrostyidium*, *Rhipidocladum* y *Guadua* y por encima de los 3000 metros de altitud se encuentran únicamente especies de los géneros *Chusquea*, *Aulonemia* y *Neurolepis*.

SENCICO (2014) precisa que en América son las especies del género guadua y chusquea las más empleadas en la construcción, mientras que en Asia son las del género bambusa y dendrocalamus, asimismo, refiere que entre los bambúes leñosos encontrados en América, son importantes por su contribución económica los géneros: Arundinaria, Guadua y chusquea.

c. El bambú y su impacto en la economía

Existen investigaciones alrededor del mundo sobre las diversas aplicaciones del bambú, es así que Londoño (2005) en sus estudios de bambúes americanos define al bambú como una gramínea extraordinaria debido a sus magníficas condiciones de sostenibilidad, gran versatilidad y rápido crecimiento, características que la han convertido en la planta protagonista del siglo XXI. Asimismo INBAR (2014) menciona que a nivel mundial, el bambú es utilizado diariamente por millones de personas, así por ejemplo en China, es utilizado como principal fuente de ingreso económico, debido a la elaboración de diversos productos derivados del mismo, estas teorías son fundamentadas por Cooper (2005) quien refiere que en China el bambú ocupa el 50% de la producción silvicultural nacional, asimismo refiere que en la India la mayor producción de papel es realizada con la pulpa del bambú, mientras que en Colombia el bambú es empleado en la industria de la construcción y la arquitectura. INBAR (2015) designa al bambú con la categoría “paraguas” o amplia y general, debido a que la conforman alrededor de 1600 especies que se desarrollan en las áreas húmedas de las selvas alrededor de todo el mundo, siendo una de sus características más resaltantes su gran altura y rápido crecimiento, con valores de 75 a 400 mm por día. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura- FAO (2020) en el informe de evaluación de recursos forestales realizado a 132 países, se determinó la distribución geográfica del bambú a nivel mundial, como se observa en la Tabla N°22.

Tabla 22 : Área del bambú por región y sub-región, 2020

Región/subregión	Área de bambú (1 000 ha)
África oriental y austral	3 984
África septentrional	30
África occidental y central	634
Total África	4 648
Asia oriental	7 005
Asia meridional y sudoriental	17 872
Asia occidental y central	0
Total Asla	24 877
Total Europa	0
Caribe	125
América central	0
América del Norte	0
Total América del Norte y central	125
Total Oceanía	0
Total América del Sur	5 389
MUNDO	35 040

Fuente: “Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020”, por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2020, p.42)

Por otra parte, hizo referencia al aumento de la superficie total de bambú en el planeta, en casi un 50%, entre los años 1990 y 2020, debido a los incrementos de plantaciones en países como China e India, como se observa en la figura N°47.

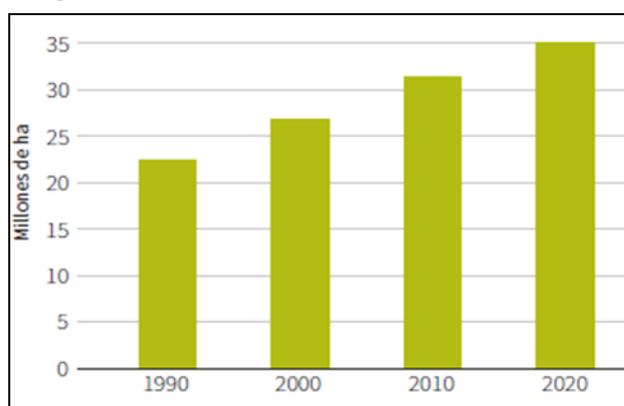


Figura 47 : Plantaciones de bambú en el planeta, de 1990 al 2020

Fuente: “Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020”, por FAO (2020, p.43).

América Latina se caracteriza por ser la región más rica en número y diversidad de especies de bambú leñosos, como se observa en la Figura N°48. Según INBAR (2015), países como Brasil, Ecuador y Colombia consideran al bambú como parte de su economía local debido a su uso en la construcción de viviendas ecológicas, asimismo países como Colombia, Ecuador y Perú ya cuentan con una normativa que regulariza el uso del mismo.

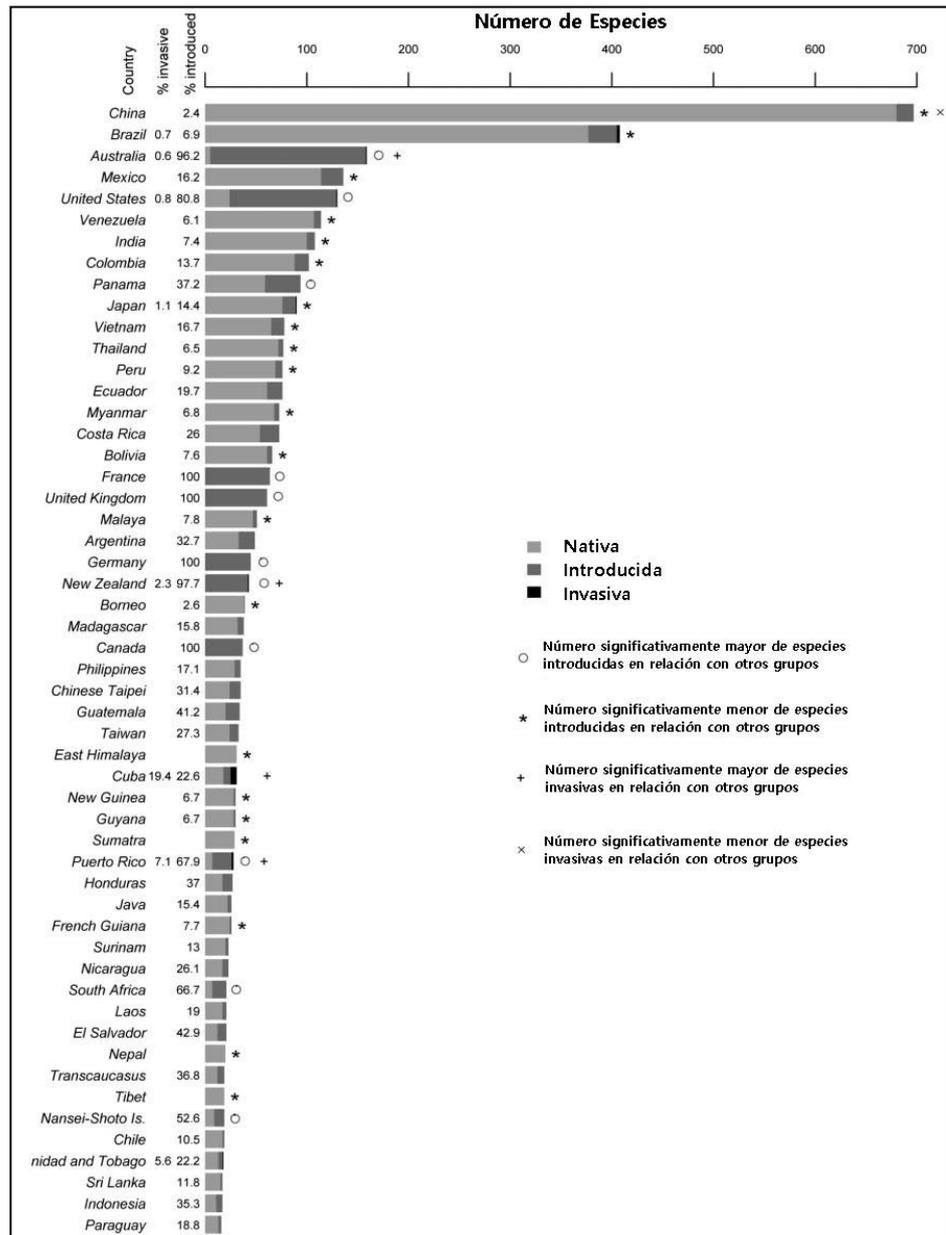


Figura 48 : Número de especies de bambú en 52 países e islas

Fuente: “The global distribution of bamboos”, por AoB Plants, figura de Canavan, S., Richardson, D., Visser, V., Le Roux, J., Vorontsova, M., y Wilson, J. (2017, p.8)

d. Proceso de selección, corte, preservación y secado del bambú

- Proceso de Selección

INBAR (2015) precisa que la selección se basa principalmente en la calidad del bambú. Esta selección se debe fundamentar en la madurez de la caña y la resistencia de sus fibras, asimismo deben ser seleccionadas cañas que no estén fisuradas o tengan enfermedades, como se observa en la Figura N°49, por ello se debe analizar la madurez del bambú, alcanzada a los 4 años de edad.



Figura 49 : Bambú con hueco, no apto para selección óptima

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.14)

Uno de los métodos más seguros para conocer la edad de la caña es marcarla desde su nacimiento, como se observa en la Figura N°50, sin embargo, existen otros métodos que dependen de sus características físicas exteriores, los cuales pueden ayudar a una óptima selección, tales como el color verde opaco del bambú, como se observa en la Figura N°51.



Figura 50 : Marcación del tallo del bambú por edad

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.13)



Figura 51 : Bambú maduro y de buena calidad apto para su cosecha

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.12)

- Proceso de Corte

INBAR (2015) plantea que el corte es un proceso en el cual se debe tener el cuidado adecuado, ya que asegura el abastecimiento de cañas de calidad para su debida cosecha y por ende para su utilización en la construcción. El proceso de corte contempla cinco etapas:

1. Etapa 1

Consiste en realizar el bisel con el machete o motosierra, teniendo en cuenta que debe ser realizado por encima del nudo, como se observa en la Figura N°52.



Figura 52 : Bisel en Bambú

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.15)

2. Etapa 2

Consiste en realizar un segundo corte opuesto al primero para proseguir con tumbar la caña, como se observa en la Figura N°53.



Figura 53 : Corte correcto de bambú (apto para tumbar la caña)

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.15)

3. Etapa 3

Consiste en halar y tirar el tallo en la dirección del corte donde existan menos obstáculos, como se observa en la Figura N°54.



Figura 54 : Halar el bambú

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.15)

4. Etapa 4

Después del proceso de corte se procede a arreglar el tocón realizando un corte que deje la superficie plana, para así evitar la acumulación de agua y por ende la pudrición, como se observa en la Figura N°55.



Figura 55 : Corte correcto al tocón

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.16)

5. Etapa 5

Finalmente, la quinta etapa se basa en el desramado y trozado, como se observa en la figura N°56.



Figura 56 : Desramado y trozado del bambú

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.16)

- Proceso de Preservación

INBAR (2015) plantea la necesidad de preservar el bambú para incrementar su vida útil y evitar que sea afectado por insectos o microorganismos. Existen métodos tradicionales y químicos. En la actualidad el método más utilizado es el químico debido a su eficacia, economía y seguridad, el cual consiste en el reposo del bambú en una solución química de ácido bórico y bórax como se observa en la figura N°57.



Figura 57 : Preservación química (bambú inmerso en solución de bórax y ácido bórico)

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.23)

Para que este proceso esté concluido se debe escurrir el material excedente, por lo cual el bambú debe ser colocado de manera inclinada como se observa en la figura N°58, girándose dos veces al día.



Figura 58 : Inclinación del bambú para su escurrimiento

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.24)

- Proceso de Secado

Finalmente, INBAR (2015) refiere que el proceso de secado es con el que se concluye la etapa de preparación de la caña. Los métodos más comunes consisten en secar el bambú al aire libre, como se observa en la Figura N°59, o en secadores solares, como se observa en la Figura N°60, siendo este último método el más recomendado porque la caña puede alcanzar niveles menores de humedad.



Figura 59 : Secado del bambú al aire libre

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.25)



Figura 60 : Secado del bambú en secadores solares

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.26)

e. Ventajas del uso del bambú

SENCICO (2014) refiere que el bambú es un material resistente, pero a la vez liviano, el cual dota de flexibilidad, ligereza y resistencia a las estructuras que conforma. Al ser un material liviano es fácil de transportar y almacenar, como se observa en la Figura N°61, brindando posibilidades para construcciones de estructuras de forma rápida, sean temporales o permanentes.



Figura 61 : Transporte de tallos de *Phyllostachys aurea*

Fuente: “El bambú, su aplicación como material sostenible en la construcción y productos alternativos en Selva Central”, por BAMBUCYT, Fotografía de Forestbambú Perú. (2020, p.31)

Adicionalmente precisa que particularmente la especie *guadua angustifolia*, como se observa en la Figura N°62, cuenta con excelentes cualidades físico mecánicas, lo cual la hace idónea para construcciones sismo resistentes, al contar con una gran capacidad de soporte al esfuerzo a la tracción, flexión y compresión. Su capa externa presenta una muy alta resistencia a la tracción, siendo comparable a la del acero.



Figura 62 : Plantación de bambú en la Florida, Cajamarca

Fuente: “La cadena de valor del bambú: una mirada a la construcción”, por BAMBUCYT, Fotografía de Móstiga, M. (2020, p.19)

Asimismo, indica que la altura de su tallo, puede ser de hasta 25 metros y en su mayoría con forma curvada, lo que la dota de gran versatilidad y aplicación en la arquitectura, como se observa en la Figura N°63, una estructura de 270m² que utiliza energía eólica para generar ventilación en su interior. Su diseño consta de un sistema de arco para su cúpula de 10m de alto y 15m de ancho y su construcción fue realizada durante un periodo de 3 meses por trabajadores locales en 2008.



Figura 63 : Bar "El Viento y el Agua" construido con bambú, Vietnam
 Fuente: Web Site VTN Architects, Fotografías de Hiroyuki Oki y Phan Quang. (2020)

INBAR (2014) precisa que es una especie multiusos, a la cual se le atribuyen más de mil usos, productos tales como pisos, paneles, aglomerados, laminados, además de productos domésticos e industriales, como se observa en la Figura N°64.



Figura 64 : Múltiples usos del bambú

Fuente: “Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú”, figuras a y b por INBAR. (2017, p.92 y p.103) y “Beneficios integrales de bosque de bambú”, figuras c y d por International Centre for Bamboo and Rattan – ICBR. (2017, p.51 y p.57)

También afirma que el bambú es un recurso estratégico para reducir los efectos del cambio climático. Las estrategias orientadas a la mitigación de la contaminación ambiental gozan de éxito, ya que el bambú captura gran cantidad de dióxido de carbono, el principal gas que produce el efecto invernadero. Asimismo, ayuda a evitar el uso de combustibles fósiles ofreciendo una fuente de energía de biomasa como alternativa renovable, sustituyendo a la leña y al carbón para la combustión y la generación de energía. El bambú además ayuda a las comunidades rurales a reducir su vulnerabilidad ante el cambio climático, el rápido crecimiento de la planta permite que la cosecha de esta sea frecuente, limitando la exposición a catástrofes. Adicionalmente indica que el bambú es parte integral de muchos ecosistemas agrícolas y naturales, siendo útil para la restauración de tierras degradadas, al crecer muy bien en suelos con pendientes pronunciadas o problemáticos que resultan inadecuados para otros cultivos, precisa que es un eficaz cortaviento y sus raíces y rizomas fuertes previenen la erosión y regulan las corrientes de agua., como se observa en la Figura N°65. Finalmente menciona su amplia variedad de aplicaciones para la subsistencia de millones de personas en economías tradicionales.



Figura 65 : Regulación de la corriente de agua y control de erosión del suelo con plantaciones de bambú

Fuente: “Beneficios integrales de bosque de bambú”, por ICBR. (2017, p.75)

Hidalgo (como se citó en SENCICO, 2014) resalta sus extraordinarias características físicas, que permiten su uso en todo tipo de estructuras, así como su superficie natural de tipo lisa y limpia que no requiere ser pintada, finalmente refiere que puede ser combinable con todo tipo de materiales de construcción, como se observa en la Figura N°66, actuando incluso como elemento de refuerzo.

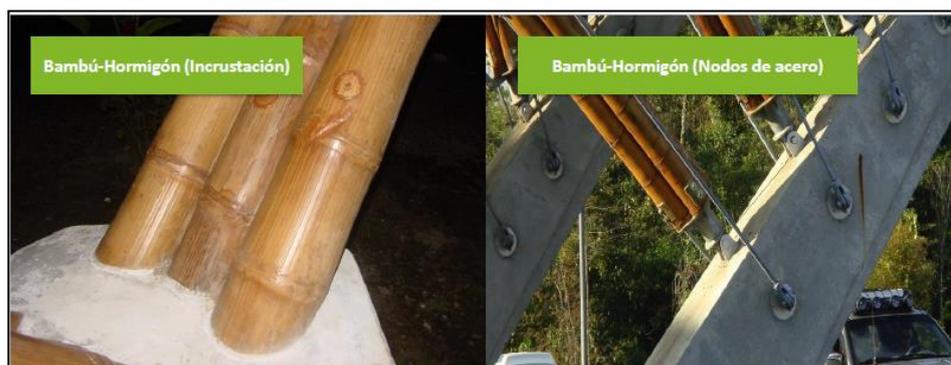


Figura 66 : Uso del bambú como elemento de arriostre, combinado en algunos casos con acero y concreto.

Fuente: “Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú”, por INBAR. (2017, p.15)

f. Desventajas del uso del bambú

Debido a que el bambú es un elemento natural, cuenta con las siguientes desventajas:

- Por su preservación

CONAFOR (2002) indica que el bambú al ser un material natural al igual que la madera requiere el uso de preservantes para ser protegido contra los hongos e insectos en general.

Es por ello que INBAR (2015) refiere que una de las características principales por la cual se determina que un bambú cuenta con alguna enfermedad es la decoloración en su tallo, como se observa en la Figura N°67.



Figura 67 : Decoloración en tallo de bambú como consecuencia de enfermedad de la planta

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.14)

- Por su inflamabilidad

CONAFOR (2002) considera que el fuego es uno de los principales responsables de la destrucción del bambú, el cual cuenta con una resistencia semejante a la madera, con la diferencia de que ésta se ve reducida ya que al ser utilizada transversalmente es similar a un tubo con paredes delgadas, como se observa en la Figura N°68.



Figura 68 :Incendio de viviendas de bambú en Guayaquil

Fuente: “Un incendio destruye más de 100 casa en Guayaquil”, por El Mundo. (2009)

- Por su forma

CONAFOR (2002) considera que, debido a su naturaleza vegetal, sus tallos no son rectos ni de secciones regulares, como se observa en la Figura N°69, lo que presenta dificultades para que las uniones estructurales sean resueltas de manera segura.



Figura 69 : Bambú con deformación

Fuente: “Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción”- INBAR. (2015, p.14)

2.3.4. *Guadua angustifolia* Kunth

Según INBAR (2014), la subtribu *guaduinae* incluye cinco géneros, dentro de estos la *guadua*, como se observa en la Tabla N°23, esta subtribu reúne a los bambúes de mayor altura de América, con culmos que pueden llegar a medir hasta 30 m de altura y 25 cm de diámetro, con rizomas paquimorfos de cuello largo o corto, estomas en ambas superficies de la lámina foliar, gran cantidad de estomas en la superficie abaxial y papillas refractivas.

Tabla 23: Rangos genealógicos para la clasificación del guadúa

Rango	Taxonomía
Reino	Vegetal
División	Espermatofita
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Lilopsidas/Monocotiledónea
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales/Glumiflorales
Familia	Gramineae o Panceae
Subfamilia	Bambusoidae
Supertribu	Bambusodae
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guaduinae
Género	Guadua
Especie	Angustifolia

Fuente: “Estudio de vulnerabilidad del bambú (*guadua angustifolia*) al cambio climático en la Costa del Ecuador y Norte Perú”, por INBAR, tabla de www.guadua.biz . (2014, p.50)

a. Morfología general

Según Takeuchi, Luna, Estrada, Linero, Lizarazo y Rojas (2016) las principales partes de la *guadua angustifolia* son el rizoma, el culmo o tallo, las ramas y las hojas, como se observa en la figura N°70.

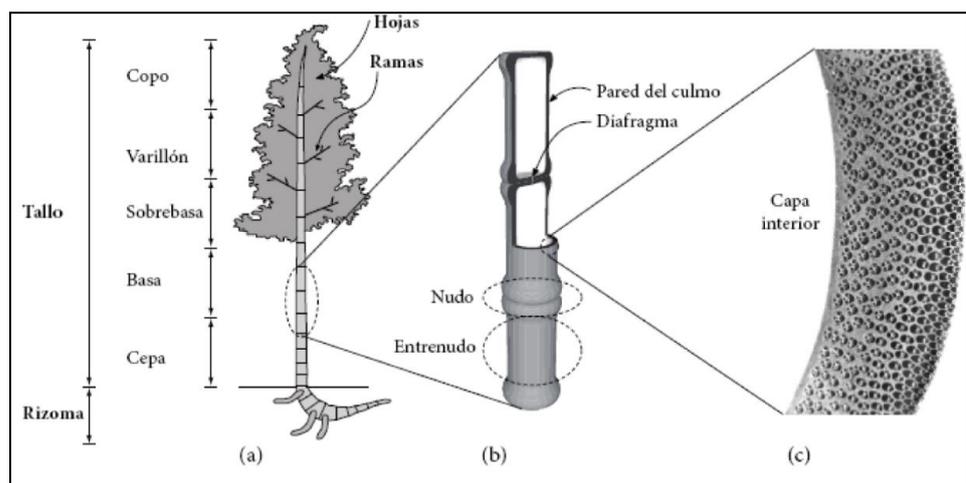


Figura 70 : Partes de la *guadua angustifolia*

Fuente: “Comportamiento mecánico de elementos estructurales fabricados con *guadua laminada pegada prensada*”, por Takeuchi, C., Luna, P., Estrada, M., Linero, D., Lizarazo, J. y Rojas, J. (2016, p.29)

El rizoma es el sistema de soporte biológico y estructural de la planta, cuenta con una parte superficial y una parte subterránea, en la que se encuentran las raíces, las cuales al ramificarse y propagarse generan brotes de nuevas plantas de guadua angustifolia. El tallo o culmo es la prolongación del rizoma, caracterizado por tener forma cilíndrica y hueca con segmentos formados por entrenudos, que están separados transversalmente por nudos o tabiques. La distancia entre nudos puede variar entre 10 y 40 cm, de acuerdo a la variedad y posición en la altura del culmo. El espesor y diámetro de la pared del culmo disminuye con la altura, mientras que la concentración de fibras, densidad y la distancia entre nudos aumentan con esta. Las ramas salen de los nudos cuando ha terminado el crecimiento del tallo, mientras que las hojas caulinares protegen la parte aérea de los rizomas, tallo y nudos durante su proceso de formación, desprendiéndose una vez concluido dicho proceso. Las hojas foliares tienen forma alargada y sus longitudes varían entre los 15cm y 20cm y sus anchos entre los 2cm y 5cm. Cada parte integrante de la guadua angustifolia es empleada para diversos propósitos, como se observa en la Figura N°71, adicionalmente INBAR (2014) hace referencia a los diferentes usos de esta especie de acuerdo a su edad, como se observa en la Tabla N°24.

Tabla 24 : Usos de la guadua de acuerdo a su edad

Edad de Aplicación	Usos
De 20 a 30 días	Alimento humano, pueden deformarse artificialmente para formar bambúes cuadrados
De 6 meses a un año	Se emplean en la elaboración de canastos, esteras y otros tipos de tejidos.
Entre 2 y 3 años	Se utilizan en la elaboración de tableros de esterilla, latas y cables hechos con cintas de bambú.
De 3 años y más	Se emplean en la construcción de todo tipo de estructuras y fabricación de pulpa y papel.
Entre 4 y 8 años	Se emplean en la elaboración de productos sometidos a desgaste como baldosas para pisos y parkets.

Fuente: “Estudio de Vulnerabilidad del Bambú (Guadua Angustifolia) al Cambio Climático en la Costa del Ecuador y Norte del Perú”, por INBAR (2014, p.72)

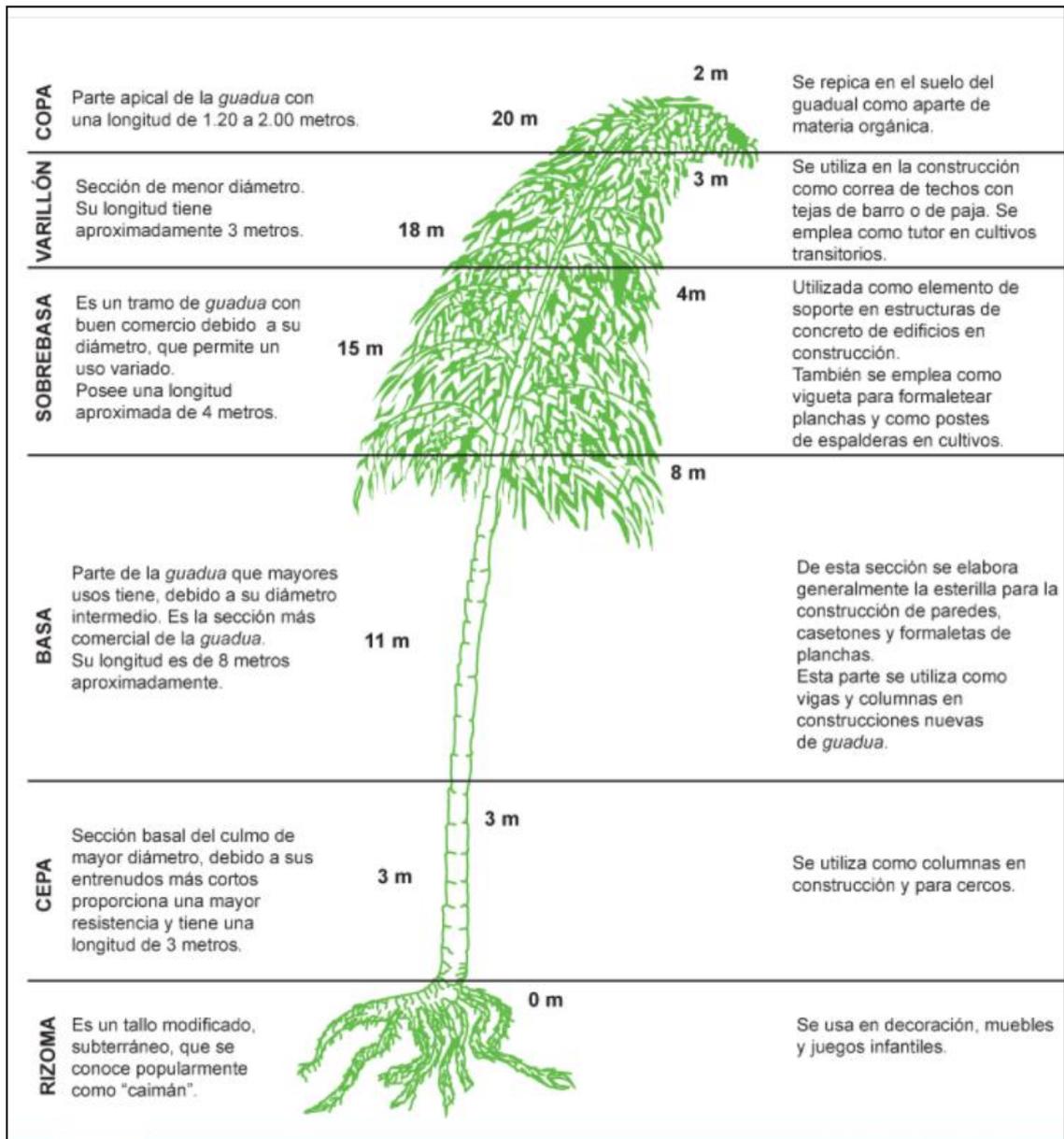


Figura 71 : Usos y partes de la guadua

Fuente: “Bambucreto: una alternativa para la edificación sustentable”, por Sánchez y Espuna, figura de Proyecto UTP-GTZ (2017, p.10)

b. Características

INBAR (2014) precisa que el género *guadua* sobresale entre los bambúes leñosos de América por su importancia económica, social y cultural, remontándose su uso a épocas precolombinas. Este género reúne 30 especies aproximadamente y altitudinalmente se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2000 metros, gozando de mayor abundancia y diversidad bajo los 1500 metros sobre el nivel del mar. Las especies de este género se distinguen de los demás bambúes por tener su hoja caulinar en forma triangular con bordes continuos de la vaina y la lámina, presencia de estomas por el envés y por el has, banda de pelos cortos y blancos arriba y abajo de la línea nodal, presencia de 6 estambres y 3 estigmas plumosos. Según lo expresado por Londoño (Como se citó en INBAR, 2014) su rizoma es paquimorfo con cuello largo, llegando a medir hasta 8m de longitud. La mayoría de las especies del género *guadua* tienen culmos huecos, erectos, gruesos y arqueados apicalmente, con alturas entre los 7 y 20 m y diámetros entre los 5 y 19 cm.

Pertenece a la familia Gramineae o Poaceae, subfamilia Bambusoideae, tribu Bambuseae, la *guadua angustifolia* es definida como una “Especie de bambú leñoso, nativo de la región tropical de los países andinos, con propiedades físico mecánicas adecuadas para construcciones sismo resistentes” (Norma Técnica E.100 Bambú, 2012, p.5).

SENCICO (2014) refiere que la *guadua angustifolia* es una de las 29 especies del género *guadua*, originaria de Centro América (entre Panamá y México) y Sur América (exceptuando Bolivia y Chile). De nombres comunes: *gudua*, *guadúa*, *caña guadua*, *gnaudua*, *caña de Guayaquil*, *marona*, *caña mansa*, *caña brava*, entre otros; indica que esta es una de las especies más importantes en el mundo, por su gran durabilidad, flexibilidad y resistencia, siendo un material óptimo para la construcción de estructuras, con gran potencial para la fabricación de materiales compuestos y una alternativa viable para construcciones sismo resistentes. Su madurez se presenta entre los 4 y 5 años, pero alcanza su altura máxima durante los primeros seis meses de crecimiento, registrada entre 15 a 30 metros. Esta especie se considera nativa de Ecuador,

Venezuela y Colombia, sin embargo, ha sido introducida a algunos países del Caribe y Centro América, e incluso en Norte América, Asia y Europa. Por otra parte, INBAR (2014) precisa que esta especie ha sido seleccionada como una de las 20 mejores del mundo, debido a sus excelentes propiedades físico-mecánicas, gran tamaño y diámetro, 30 metros y 25 cm respectivamente, así como por su utilización en la industria de la construcción, ya que su capacidad de absorber energía y admitir mayores flexiones la convierten en un material apropiado para construcciones sismo resistentes. Se encuentra en la región tropical y subtropical, con presencia en mayores áreas en los bosques húmedos y muy húmedos en las riberas de los ríos y laderas de montañas, presentando un óptimo crecimiento desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm, una temperatura ideal entre los 20 y 26 grados centígrados, requiriendo precipitaciones entre los 1300 y 4000 mm, humedad relativa del 80% y una luminosidad entre 1800 a 2000 horas/luz/año considerando aproximadamente de 5 a 6 horas/luz/día. También detalla que los guadales constituyen comunidades vegetales evolucionadas, caracterizadas por tener una flora variada, donde la guadúa es la especie dominante, permitiendo la interrelación de la fauna, avifauna, entomofauna y la microflora. Según Londoño (Como se citó en INBAR, 2014) se han registrado más de 120 especies de plantas asociadas al guadal, 20 de mamíferos, más de 48 especies de aves y 7 de reptiles. Según Stern (Como se citó en INBAR, 2014) no hay mucha información sobre el periodo de crecimiento antes de la floración de la guadua angustifolia, pero probablemente es cerca a los 30 años. El modo de polinización de las flores y dispersión de las semillas es mediante la acción del viento.

CIB (2020) en base a las investigaciones realizadas para la Universidad Nacional Agraria La Molina en la región Nor Oriental del Perú precisa por otro lado que la guadua angustifolia cuenta con un rizoma paquimorfo cuello corto en forma de lagarto, como se observa en la Figura N°73, altura de 15 a 28 m , con un diámetro a la altura del pecho - DAP (a 1.3 m del suelo) entre 6 y 14 cm y espesor de pared en el DAP

entre 0.5 cm y 0.90 cm, culmo grueso con nudos solitarios, línea nodal prominente e inclinado ligeramente por debajo de la yema, con una banda de pelos blancos arriba y debajo de la línea nodal, hoja caulinar caduca de color marrón rojizo de forma triangular, con una vaina de 33-48cm de ancho por 30-70 cm de longitud, yema solitaria triangular y espinas en el nudo y en la ramificación, como se observa en la Figura N°72.

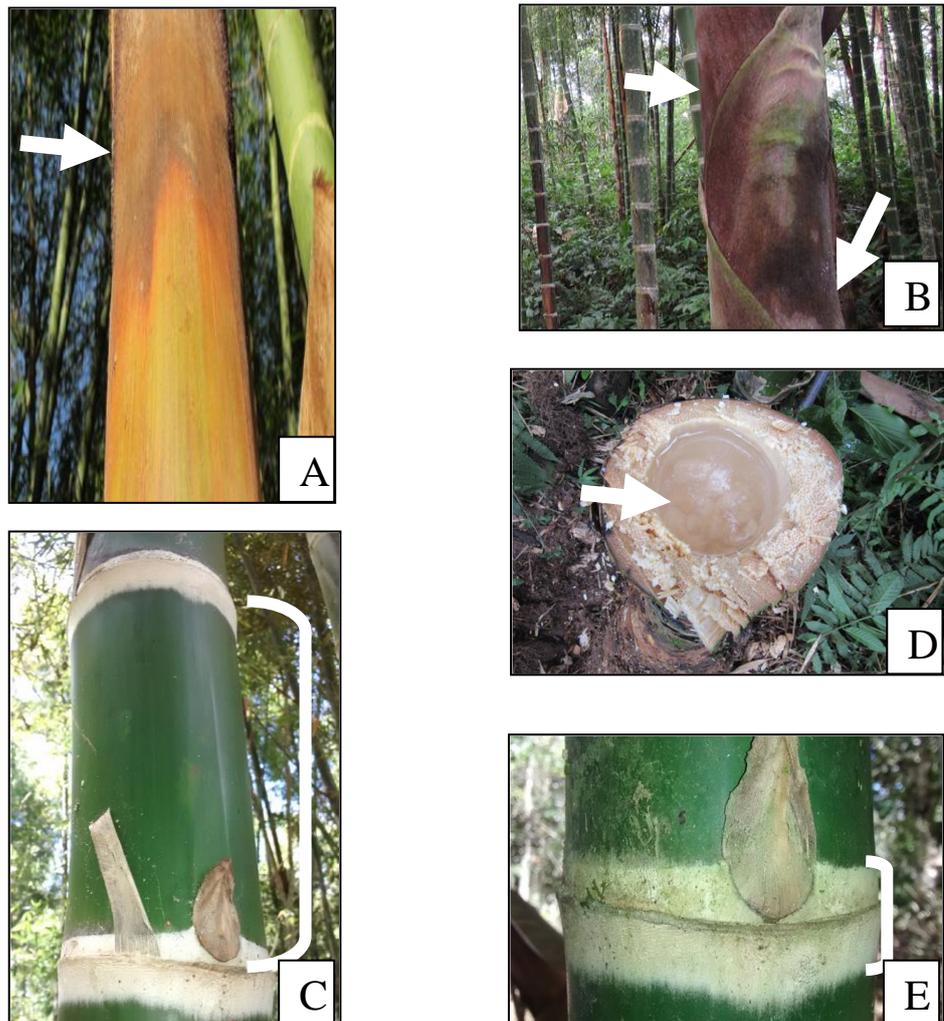


Figura 72 : *Guadua angustifolia* (a y b: hojas caulinares, c: entrenudo, d: agua en entrenudo, e: nudo)

Fuente: “Manual Técnico de Identificación del Bambú”, por CIB. (2020, p.41 y p.42)



Figura 73 : Guadua angustifolia (rizoma paquimorfo)

Fuente: “Manual Técnico de Identificación del Bambú”, por CIB. (2020, p.41)

c. Propiedades físicas y mecánicas

La guadua angustifolia cuenta con propiedades físicas y mecánicas, las cuales según Pantoja (como se citó en Sánchez y Espuna, 2017) pueden variar de acuerdo a las características del suelo, el clima, la ubicación, la edad, el diámetro de la caña, el espesor de la pared, entre otros aspectos que deben ser considerados para su evaluación. Asimismo, Sánchez y Espuna (2017) describe las fórmulas presentadas en la normativa ISO, las cuales fueron propuestas por INBAR para desarrollar los cálculos y así determinar sus propiedades.

• Propiedades Físicas

1. Contenido de Humedad

La cantidad de humedad en un espécimen de bambú, expresada en porcentaje, referida al peso anhidro del propio bambú, se determina con la fórmula (1):

$$CH = \left(\frac{P_i - P_o}{P_o} \right) 100 \quad (1)$$

Donde:

CH = contenido de humedad del espécimen en %

P_i = peso inicial o húmeda del espécimen en gramos.

P_o = peso final o anhidro del espécimen en gramos.

(Sánchez y Espuna, 2017, p.31)

Asimismo, la NTP E-100 considera que:

El contenido de humedad del bambú estructural debe corresponderse con el contenido de humedad de equilibrio del lugar. Cuando las edificaciones se construyan con bambú en estado verde, el profesional responsable debe tener en cuenta las precauciones posibles para garantizar que las piezas al secarse tengan el dimensionamiento previsto en el diseño. (Norma Técnica E.100 Bambú, 2012, p.10)

La Norma Ecuatoriana NEC-SE-GUADÚA (2016) menciona que si la guadua angustifolia kunth aumenta su contenido de humedad pierde resistencia y rigidez, asimismo ha considerado trabajar con un contenido de humedad del 12% en las tablas presentadas como parte de la Norma.

- Propiedades Mecánicas

1. Compresión paralela a la fibra

Para obtener el esfuerzo último a la compresión paralela a la fibra se utiliza la fórmula (2):

$$\sigma_{ult} = \frac{P_{ult}}{A} \quad (2)$$

Donde:

σ_{ult} = esfuerzo último a la compresión en kg/cm²

P_{ult} = carga última registrada a la compresión en kg

A = área de la sección transversal del espécimen en cm²

Además, la norma ISO 22156 refiere que la propiedad de un material está representada por el percentil 5, estimado de los resultados de las pruebas, obtenido mediante un protocolo de ensayo, con 75% de confiabilidad que representa a la población. Este valor puede ser obtenido con la fórmula (3):

$$\sigma_k = \sigma_{0.05} = 1 - \frac{2.7 s/m}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

σ_k = valor característico en kg/cm²

$\sigma_{0.05}$ = percentil 5 de los datos de la prueba en kg/ cm²

m= esfuerzo promedio de la muestra en kg/cm²

n = número de ensayos (como mínimo 10)

Para calcular los esfuerzos admisibles, se tiene la fórmula (4):

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_k G D}{S} \quad (4)$$

σ_{adm} = esfuerzo admisible en kg/cm²

σ_k = valor característico en kg/cm²

G = modificación para tener en cuenta la diferencia entre calidad de laboratorio y la práctica. Valor predeterminado de 0.5.

D = valor de modificación por duración de carga:

(-0.1) para carga permanente.

(-1.25) para carga permanente más carga viva.

(-1.5) para la carga anterior más la carga de viento.

S = factor de seguridad predeterminado como 2.25.

(Sánchez y Espuna,2017, p.33)

La NTP E-100 (2012) indica que se debe utilizar el valor de 13Mpa o 130 kg/cm² como esfuerzo admisible de compresión paralelo a la fibra para diseñar elementos estructurales de bambú, mientras que la Norma Ecuatoriana NEC-SE-GUADÚA (2016) indica que se debe utilizar el valor de 14Mpa.

2. Cortante paralela a la fibra

El esfuerzo máximo a corte paralelo a la fibra se determina con la fórmula (5):

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum(t \times L)} \quad (5)$$

Donde:

τ_{ult} = esfuerzo a corte, con una aproximación de 0.1 en kg/cm²

F_{ult} = carga máxima a la cual el espécimen falla en kg.

$\sum(t \times L)$ = es la suma de los cuatros productos de t y L.

t = espesor promedio de la probeta en cm

L = longitud de la probeta en cm

(Sánchez y Espuna,2017, p.34)

La NTP E-100 (2012) indica que se debe utilizar el valor de 1Mpa o 10 kg/cm² como esfuerzo admisible de cortante paralelo a la fibra para diseñar elementos estructurales de bambú, mientras que la Norma Ecuatoriana NEC-SE-GUADÚA (2016) indica que se debe utilizar el valor de 1.2 Mpa.

3. Tensión paralela a la fibra

Para calcular el esfuerzo último a la tensión, se aplica la fórmula (6):

$$\sigma_{ult} = \frac{\sigma_{ult}}{A} \quad (6)$$

Donde:

σ_{ult} = es el esfuerzo último a la tensión en kg/cm^2

P_{ult} = carga en kg

A = área transversal en cm^2

(Sánchez y Espuna,2017, p.37)

Se precisa además que la caña guadúa al tener un comportamiento elástico inicial ante una carga pequeña cumple con la Ley de Hooke.

4. Flexión

Se recomienda hacer ensayos de caña guadúa para claros pequeños (menores a 1.5m), intermedios (entre 1.50m y 2.00 m) y largos (mayores a 2.00m), esto debido a que la caña solicitada a flexión presenta tres diferentes tipos de falla: Falla por corte, cuando la luz de la caña guadúa es menor a 1.50 m, falla por flexión en luces intermedias y falla por deflexión en luces largas.

En la normativa ISO desarrollada por INBAR, se recomienda para el ensayo a flexión un método de carga que consiste en dividir la fuerza generada por la maquina en dos partes por medio de una viga rígida que, a su vez, transmite a cuatro caballetes colocados en los nudos cercanos a los tercios de luz como se muestra en la figura N° 74. Estos dispositivos de carga (caballetes) al igual que los apoyos permiten el giro de las probetas.

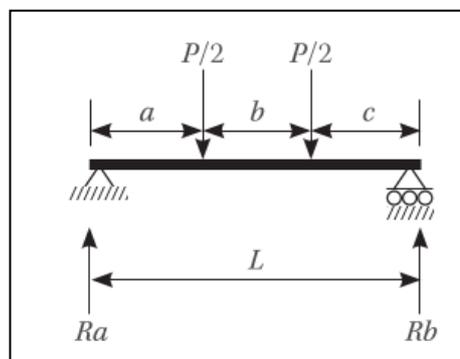


Figura 74: Módulo para esfuerzo de flexión

Fuente: “Bambucreto: una alternativa para la edificación sustentable”, por Sánchez y Espuna (2017, p.37)

Para el cálculo del esfuerzo último a la flexión, se aplica la fórmula (7):

$$\sigma = \frac{32MD_1}{\pi(D_1^4 - (D_1 - 2t)^4)} \quad (7)$$

Donde:

σ = esfuerzo último de flexión en kg/m².

M = momento flexionante en kg-m.

D = diámetro exterior en m.

(Sánchez y Espuna, 2017, p.38)

La NTP E-100 (2012) indica que se debe utilizar el valor de 5Mpa o 50 kg/cm² como esfuerzo admisible de flexión para diseñar elementos estructurales de bambú, mientras que la Norma Ecuatoriana NEC-SE-GUADÚA (2016) indica que se debe utilizar el valor de 15Mpa.

d. Normas Internacionales para su uso en la construcción

Alrededor del mundo existen normativas que permiten determinar las propiedades físicas y mecánicas del bambú, estas normativas se encuentran en constante revisión y actualización, como se observa en la Tabla N°25 y Tabla N°26.

Tabla 25 : Normativa internacional relacionada al uso del bambú en la construcción

ENTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCION	PAÍS	AÑO
International Organization for Standardization – ISO	ISO-22157	Define los métodos de ensayo y lineamientos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tallos de bambú.	Internacional	2019
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	NTC-5525	Métodos de ensayo para determinar las Propiedades Físico-Mecánicas del Bambú Guadua Angustifolia Kunth.	Colombia	2007

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 : Normativa internacional relacionada al uso del bambú en la construcción

ENTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCION	PAÍS	AÑO
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	NTC-5405	Metodología de propagación vegetativa de la guadua angustifolia Kunth.	Colombia	2016
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	NTC-5407	Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth.	Colombia	2018
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	NTC-5300	Cosecha y post-cosecha del culmo de Guadua Angustifolia Kunth	Colombia	2020
Normativa Sismo resistente de Colombia	NSR-10	Comportamiento sísmico del bambú en las construcciones	Colombia	1997
Norma Ecuatoriana de la Construcción	NEC – SE – GUADÚA	Construcciones sismo resistentes con caña Guadua Angustifolia Kunth	Ecuador	2016

Fuente: Elaboración propia

e. Norma Peruana para su uso en la construcción

En el Perú con el Decreto Supremo N°011-2012-VIVIENDA del 04 de marzo del 2012 se incorporó la Norma Técnica Bambú, con código E.100 dentro del título III.2. Estructuras, del Reglamento Nacional de Edificaciones. La Norma Peruana resalta las propiedades estructurales de los tallos de bambú, así como su relación peso-resistencia, comparándola con el acero y con algunas fibras de la más alta tecnología. Por otro lado, precisa su capacidad para absorber energía y admitir mayores flexiones. La norma tiene como objetivo establecer los lineamientos técnicos para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes, utilizando el bambú como elemento estructural, aplicable de forma obligatoria a nivel nacional para edificaciones de hasta dos niveles con cargas vivas máximas repartidas de hasta 250

Kgf/m². Su base normativa tiene entre otras referencias a la NSR-98 Normas Colombianas de diseño y construcción Sismo Resistente Título E Casa de uno y dos pisos y la Norma Técnica Colombiana NTC 5301 Preservación y secado del culmo de guadua angustifolia Kunth.

La Norma Técnica E.100 Bambú (2012) refiere como características técnicas para el bambú estructural la edad de cosecha entre los 4 y 6 años, el contenido de humedad correspondiente con el del equilibrio del lugar, una buena durabilidad natural con protección frente a agentes externos, tales como humos, insectos, humedad, hongos, etc, así como la ausencia de perforaciones causadas por el ataque de insectos xilófagos antes de su uso. Por otro lado, se establecen las deformaciones máximas iniciales de su eje, el límite de conicidad superior y de máximo agrietamiento, haciéndose hincapié en que no deben utilizarse bambúes que presenten algún grado de pudrición para fines estructurales.

“Los elementos estructurales de bambú deberán diseñarse teniendo en cuenta criterios de resistencia, rigidez y estabilidad. Deberá considerarse en cada caso la condición que resulte más crítica” (Norma Técnica E.100 Bambú, 2012, p.7).

2.3.5. Diseño de elementos estructurales con bambú

Los elementos estructurales con bambú deben ser diseñados para cargas de servicio, aplicando el método de esfuerzos admisibles. Estos esfuerzos serán aplicados exclusivamente al bambú estructural.

Los elementos estructurales con bambú se diseñan considerando criterios de estabilidad, rigidez y resistencia, considerándose para cada caso la condición más crítica.

a. Requisitos de resistencia

“Los elementos estructurales de bambú deben diseñarse para que los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio y modificados por los coeficientes aplicables en cada caso, sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material” (Norma Técnica E.100 Bambú, 2012, p.7).

b. Requisitos de rigidez

- a) Las deformaciones deben evaluarse para las cargas de servicio.
- b) Se considerarán necesariamente los incrementos de deformación con el tiempo (deformaciones diferidas) por acción de cargas aplicadas en forma continua.
- c) Las deformaciones de los elementos y sistemas estructurales deben ser menores o iguales que las admisibles.
- d) En aquellos sistemas basados en el ensamble de elementos de bambú se incluirán adicionalmente las deformaciones en la estructura debidas a las uniones, tanto instantáneas como diferidas. (Norma Técnica E.100 Bambú, 2012, p.7)

Según la Norma Técnica E.100 Bambú (2012):

- Las estructuras deben ser diseñadas para soportar las cargas provenientes del peso propio y otras cargas muertas, las cargas vivas o sobrecarga de servicio y otras sobrecargas como las generadas por el viento, sismo y precipitaciones.
- Los elementos que se someten a flexión, tales como vigas, correas y viguetas son elementos horizontales o casi horizontales, en estos se deben verificar las deflexiones, la flexión, incluida la estabilidad lateral en vigas compuestas, el cortante paralelo a la fibra y el aplastamiento, y en ningún caso pueden sobrepasar los esfuerzos admisibles modificados por cada una de las sollicitaciones.
- Como los nudos no proveen una suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos de los apoyos con mortero de cemento u otro material que garantice la rigidez similar. Se debe garantizar que los apoyos de un elemento de bambú no fallen por aplastamiento.
- La carga concentrada debe ser aplicada sobre un nudo, de existir.
- Cuando se utiliza más de un bambú, los conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas generadas en la unión.
- Debe evitarse realizar perforaciones en las vigas, y de ser el caso existen limitaciones detalladas en la normativa peruana.

- Los elementos solicitados en la misma dirección que el eje longitudinal que pasa por el centroide de su sección transversal se deben diseñar por fuerza axial.
- Los diafragmas y muros de corte deben ser diseñados para resistir el 100% de las cargas laterales aplicadas, tales como sismo, viento y de forma excepcional, materiales almacenados o empuje de suelos. Para calcular la resistencia de los muros de corte se puede tomar como referencia el artículo 8 de la Norma E.010 Madera, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

c. Parámetros en construcciones sismo resistentes

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismo resistente (2018) establece las mínimas condiciones para el diseño sismo resistente de las edificaciones, siendo de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional. Esta filosofía de diseño tiene como base la protección de vidas humanas, asegurando la continuidad de los servicios básicos, minimizando los daños a la propiedad.

Para la concepción estructural deben considerarse aspectos tales como la simetría en la distribución de masas y rigideces, el peso mínimo, la selección y uso óptimo de materiales de construcción, la resistencia adecuada en ambas direcciones principales frente a cargas laterales, la continuidad estructural en planta y en elevación, la ductilidad, la deformación lateral limitada, la redundancia estructural, la consideración de las condiciones locales y las buenas prácticas constructivas.

Es la fuerza cortante en la base de la estructura uno de los parámetros más importantes para el diseño, dependiendo a su vez del factor de zona (Z), factor de uso o importancia (U), factor de amplificación sísmica (C), factor de ampliación del suelo (S), coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R) y del peso total de la edificación (P).

INBAR (2016) precisa que el grado de vulnerabilidad de una vivienda frente a un sismo depende de factores como el tipo de suelo, el riesgo sísmico de la zona, la resistencia y el comportamiento de la estructura, como regla general sugiere la construcción sobre suelos firmes y densos,

evitando la construcción sobre suelos altamente saturados. Por otra parte, señala que la resistencia de las viviendas frente a los movimientos sísmicos está en función del sistema estructural utilizado para resistir las fuerzas inerciales que se producen durante el evento. Es decir, la estructura debe diseñarse para resistir las cargas horizontales que se experimentan durante el desarrollo de un sismo, pudiéndose utilizarse elementos diagonales de arriostramiento o muros de corte.

Kaminski, Lawrence, Trujillo y King (Como se citó en INBAR, 2016) afirman que el bambú es una solución constructiva que responde a todas las exigencias del contexto: baja capacidad portante del suelo, zona sísmica, bajos recursos económicos y urgencia de construcción, siendo un material que aporta en términos de sustentabilidad por tener una huella de carbono reducida.

d. Comportamiento del bambú frente a cargas horizontales

INBAR (2016) precisa que las cargas que provienen del viento y sismo son relativamente similares ya que ambas aplican efectivamente una carga horizontal a la estructura, la cual es transmitida hacia los cimientos de la misma, citándose las principales diferencias:

- Las cargas de viento son independientes al peso de la estructura, mientras que las cargas sísmicas son proporcionales a esta.
- Las cargas sísmicas son cíclicas, pudiendo causar fallas de fatiga en las conexiones.
- Las cargas de viento no generan daños, sin embargo, existe gran incertidumbre referente a la magnitud de las cargas sísmicas, pudiendo producir daños.

Asimismo, indica que el bambú como elemento individual posee varios modos de falla que pueden afectar su comportamiento frente a cargas de viento y sísmicas, sin embargo, históricamente los edificios tradicionales de bambú y quincha o bahareque, como se observa en la Figura N°75, han presentado un correcto desempeño en terremotos por dos razones:

- Su alta resistencia en relación a su peso, es decir su ligereza.

- Su gran capacidad para absorber energía, es decir su ductilidad, en las uniones, empalmes o conexiones, especialmente cuando se usan clavos.

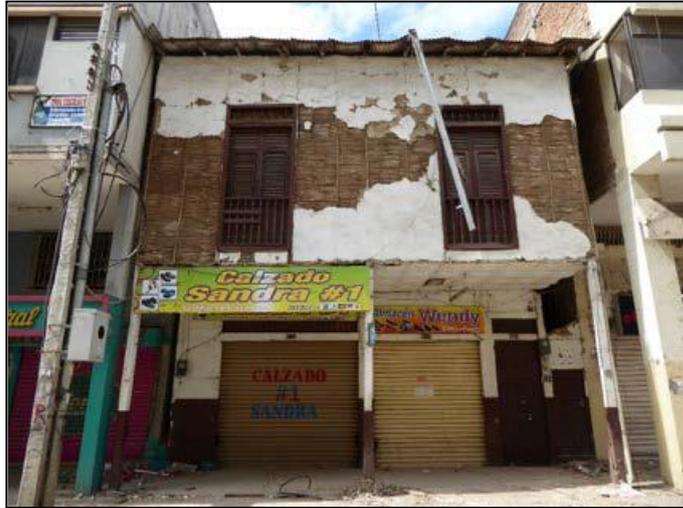


Figura 75: Vivienda tradicional en bahareque tras el terremoto de Ecuador, 2016. El daño se limita al desconche del mortero, mientras la estructura ha resistido segura e intacta

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.11)

e. Consideraciones para el diseño de estructuras sismo resistentes de bambú

SENCICO (2014) resalta la vulnerabilidad del bambú a diversos agentes climatológicos, como la lluvia, el sol y la humedad, los cuales varían dependiendo de la ubicación de la edificación, por lo que estas características deben ser consideradas desde la etapa de diseño, con el propósito de tomar en consideración el mejor emplazamiento, topografía, precipitaciones, orientaciones con respecto al sol, entre otras condiciones ambientales.

Adicionalmente, INBAR (2016) recomienda las siguientes consideraciones para el diseño de estructuras sismo resistentes, como se observa en la Figura N°76 y Figura N°77:

- Mantener la estructura lo más ligera posible, minimizando acabados de pisos y techos, con el diseño de una estructura eficiente de paredes ligeras.
- Asegurar la existencia de paredes de refuerzo regulares y espaciadas de forma uniforme en ambas direcciones ortogonales y simétricas a ambos lados de la edificación a través de toda su altura.
- Asegurar la continuidad de las columnas del piso al techo.
- Transferir las cargas a través de conexiones de apoyo/rodamiento siempre y cuando sea posible.
- Proporcionar cimentaciones robustas y sencillas que confinen de forma efectiva las columnas con los elementos de arriostramiento o muros de corte.
- Proporcionar conexiones fuertes, utilizando pernos y entrenudos con mortero.

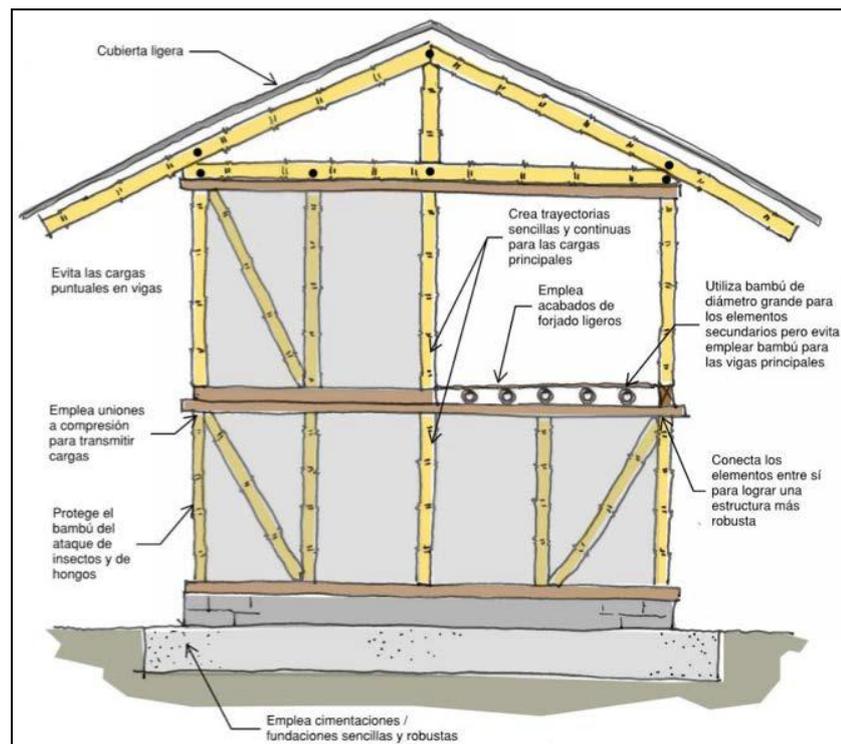


Figura 76 : Consideraciones para el diseño de estructuras sismo resistentes de bambú

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.15)

Asimismo:

- Proporcionar uniones de sujeción vertical como elemento resistente frente al volcamiento del marco y la estructura.
- Emplear aleros de mayor longitud
- Emplear colectores en la parte más baja de las cubiertas para coleccionar el agua proveniente de las precipitaciones pluviales y el uso de bajantes.
- Contar con canales de captación de agua, en la pendiente de mayor cota y en la inferior con el propósito de coleccionar el agua de las bajantes de la cubierta y partes superiores de la pendiente.

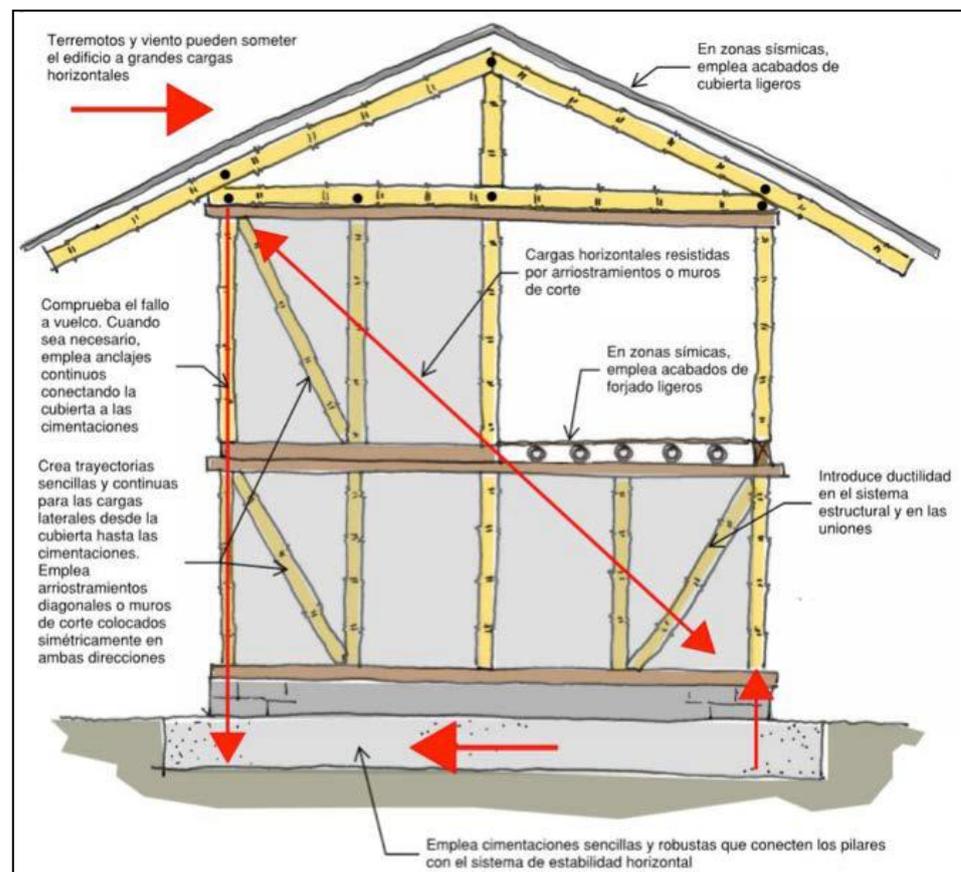


Figura 77 : Cargas aplicadas y reacciones de la edificación sismo resistente de bambú

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.16)

f. Especificaciones Técnicas para el diseño de estructuras sismo resistentes

- Cimiento y sobrecimiento

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS, s.a) indica que el sistema de cimentación debe ser formado por una malla de vigas configurando anillos rectangulares en planta, como se observa en la Figura N°78, con el propósito de asegurar la transmisión de las cargas de la superestructura en forma equilibrada e integral. Las vigas de cimentación deben contar con un refuerzo longitudinal tanto positivo como negativo, así como estribos de confinamiento, según se indica en la Tabla N°27. Las instalaciones hidrosanitarias no deben atravesar los elementos estructurales de la cimentación, pudiendo instalarse las tuberías bajo la cimentación, si es posible, o a través del sobrecimiento, impermeabilizando de forma adecuada los puntos de paso.

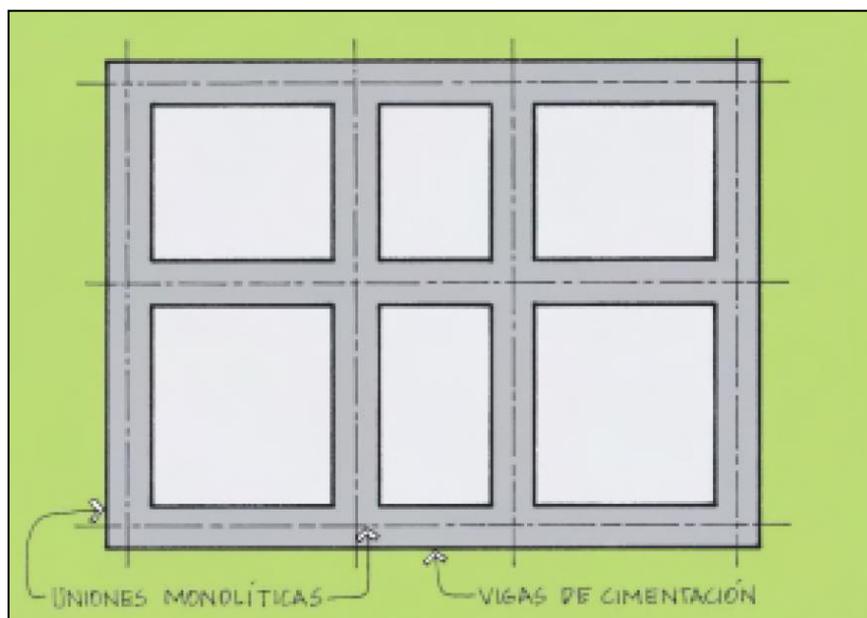


Figura 78 : Sistema de cimentación formado por malla de vigas

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.30)

Tabla 27 : Refuerzo mínimo de cimentaciones

	UN PISO	DOS PISOS	Calidad
Anchura	300 mm	300 mm	$f'c = 17,25 \text{ Mpa} = 172.5 \text{ kg/cm}^2$
Altura	300 mm	300 mm	$f'c = 17,25 \text{ Mpa} = 172.5 \text{ kg/cm}^2$
Acero longitudinal	4 No. 3	4 No. 4	$f_y = 235 \text{ Mpa} = 2350 \text{ kg/cm}^2$
Estribos	No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm	$f_y = 235 \text{ Mpa} = 2350 \text{ kg/cm}^2$
Bastones	No. 3*	No. 4*	$f_y = 235 \text{ Mpa} = 2350 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.31)

Según Rojas (Como se citó en SENCICO, 2014) la estructura de bambú no debe estar en contacto directo con el suelo, debiendo separarse al menos unos 50 cm, con el propósito de protegerla del agua proveniente de lluvias, actividades de limpieza o humedad propia del suelo, por otra parte, la NTE E.100 Bambú indica que la altura mínima sobre el nivel de terreno natural debe ser 20cm. SENCICO (2014) refiere que el sobrecimiento recibe todos los elementos estructurales verticales de bambú (muros estructurales y columnas). Asimismo, AIS (s.a) reitera que las bases de los muros del primer piso siempre deben protegerse de la humedad con un zócalo o sobrecimiento de ladrillo o concreto. El sobrecimiento debe ser anclado a la cimentación con barras de refuerzo, como se observa en la Figura N°79.

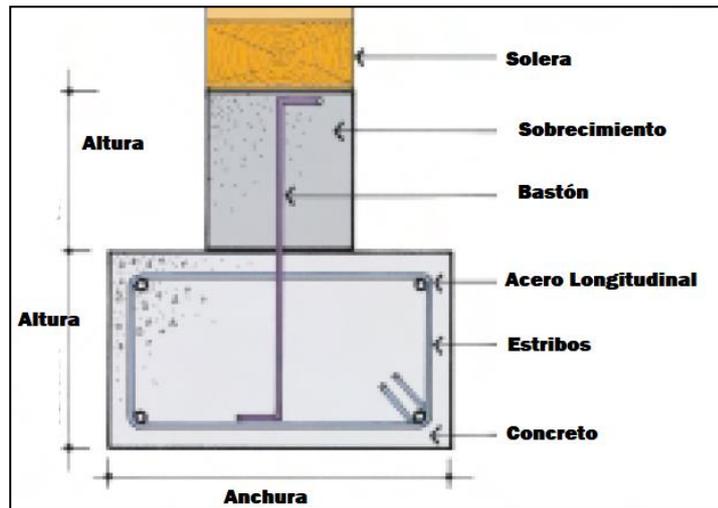


Figura 79 : Anclaje de sobrecimiento a cimentación con barra de refuerzo
Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.32)

- Losa de piso

AIS (s.a) indica que la losa de piso puede ser construida sobre las vigas de cimentación, conectándose con bastones de acero, o entre estas, aislándose de la estructura de cimentación, como se observa en la Figura N°80.

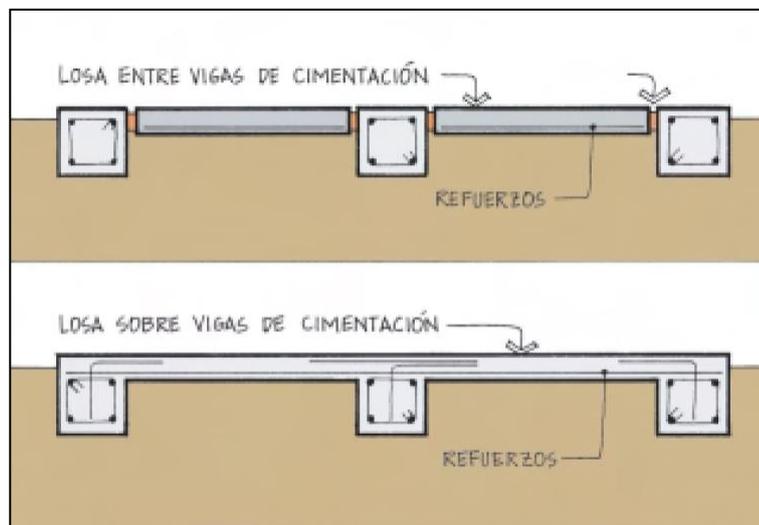


Figura 80 : Tipos de losa de piso y su relación con las vigas de cimentación

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.33)

- Muros estructurales y Tabiquería

1. Muros Estructurales

SENCICO (2014) indica que los muros estructurales están compuestos por un entramado formado por una solera inferior y una superior de madera, elementos de arriostre representados por diagonales de bambú y pie derechos, asimismo deben contar con un recubrimiento por ambos lados a base de mortero colocado sobre una malla de alambre de diámetro no superior a 1.25mm, que a su vez se clava sobre una esterilla de bambú, como se observa en la Figura N°81. El espesor mínimo de las soleras inferior y superior será de 25mm y 35mm respectivamente. Además, refiere que los bambúes que cumplan funciones estructurales deben ser fijados a la base con acero de ½” o 3/8” como mínimo. AIS (s.a) por su parte precisa la no obligatoriedad de la instalación de la esterilla de bambú, así como que los muros estructurales arriostrados además de recibir las cargas verticales, deben resistir las fuerzas horizontales de viento y sismo, recomendando que los extremos de cada muro y las esquinas de la vivienda estén constituidos por muros estructurales arriostrados en ambas direcciones, así como la continuidad de estos desde la cimentación a lo largo de toda la altura de la edificación.

Otro tipo de muros estructurales son los no arriostrados, siendo la única diferencia el no contar con elementos inclinados de arriostramiento. Este tipo de muros se utiliza solamente para recibir cargas verticales, siendo los recomendados para situar ventanas y puertas, así como en dos direcciones no esquineras, de igual manera deben tener continuidad desde la cimentación a lo largo de toda la altura de la edificación.

Los muros estructurales deben ser construidos coincidiendo con la malla de las vigas de cimentación.

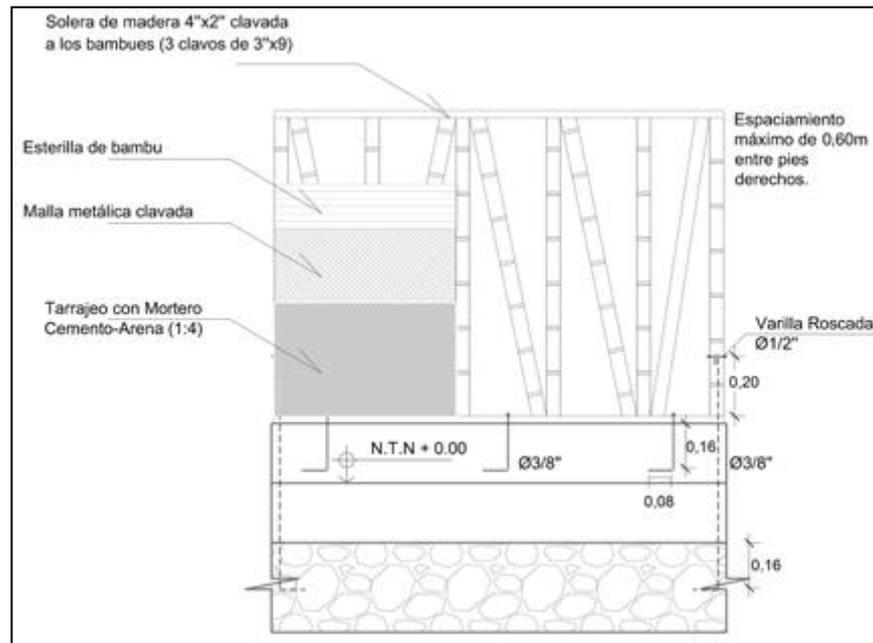


Figura 81 : Muro estructural diseñado para la Costa Central del Perú

Fuente: “Manual de construcción de estructuras con Bambú”, por SENCICO. (2014, p.87)

SENCICO (2014) refiere además que previamente al recubrimiento a base de mortero se deben instalar las redes eléctricas, incluyendo cajas de interruptores, tomacorrientes, tableros, válvulas, así como todos los elementos eléctricos a empotrarse en el interior del panel. Las instalaciones sanitarias no se deben empotrar dentro de los elementos estructurales del bambú.

2. Muros no estructurales o Tabiques

SENCICO (2014) indica que los muros no estructurales o tabiques están compuestos por entramados de pies derechos de bambú y soleras de madera, fijados al entrepiso en una viga de madera con varillas roscadas, arandelas y tuercas. AIS (s.a) por su parte precisa que estos muros no deben soportar otra carga adicional a su propio peso, siendo su función la de separar espacios dentro de la vivienda, pero que estos deben estar vinculados con los muros perpendiculares a su plano y con los diafragmas. El espesor de los muros se calcula en base al diámetro

promedio de la caña guadua, más el espesor del recubrimiento de mortero, incluida la esterilla (si es que existe) y la malla de alambre, más la primera capa de mortero en la que se embebe la malla. AIS (s.a) recomienda realizar el recubrimiento con mortero en ambos lados del muro, ya que la longitud efectiva de este se ve reducida a la mitad en caso sólo sea recubierto un lado del muro, como se observa en la Figura N°82.

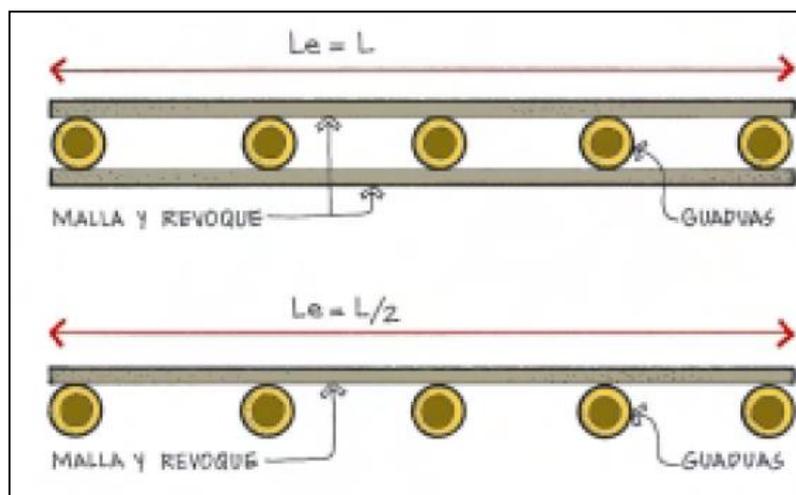


Figura 82 : Muro con recubrimiento de mortero en ambos lados y en un solo lado

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.41)

- Columnas

SENCICO (2014) refiere que la unión entre la columna y la base se hace por medio de elementos metálicos de conexión, anclados externa o internamente. Los entrenudos que son atravesados por el perno y la pieza metálica deben rellenarse con una mezcla de mortero. Asimismo, precisa que las columnas de bambú no deben entrar en contacto con el suelo, sugiere que el bambú se apoye sobre un separador de metal u otro material impermeable, asimismo los bambúes que integran la columna deben ser unidos entre sí con varillas roscadas o zunchos. AIS (s.a) por su parte indica que las columnas deben ser diseñadas para soportar cargas oblicuas o verticales, pudiendo construirse en caña guadua, siempre y

cuando se evite la acción directa del agua y el sol. Asimismo, reitera que la columna debe ser aislada del piso mediante un dado y una unión, por otro lado, refiere que deben estar vinculadas de forma correcta al resto de estructuras, tales como la base, la superficie del muro o las cubiertas, finalmente precisa que las columnas deben arriostrarse entre sí y con los muros estructurales vecinos, como se observa en la Figura N°83.

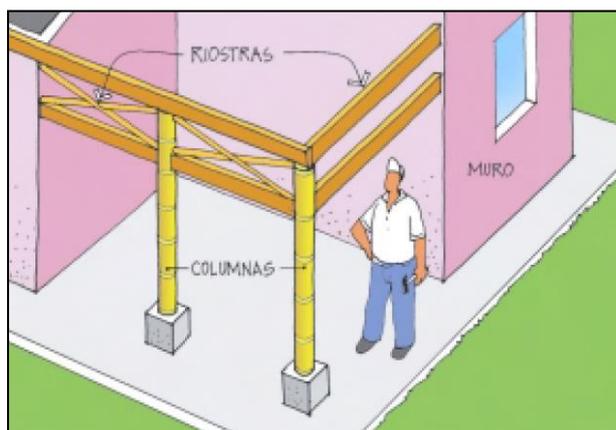


Figura 83 : Distribución de columnas en caña guadua arriostradas

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.52)

- Vigas

SENCICO (2014) precisa que las vigas se conforman por una o más piezas de bambú. En caso de requerirse unir más de una pieza, debe realizarse con pernos separados una distancia mínima de un cuarto de longitud de viga o mediante zunchos.

- Cubiertas o losas

SENCICO (2014) indica que la cubierta no debe tener mucho peso comparada con el resto de la estructura, asimismo, los materiales empleados deben garantizar la suficiente impermeabilidad para proteger a la madera de la estructura de soporte y bambúes de la humedad, como se observa en la Figura N°84. AIS (s.a) refiere que si se utilizan tejas de

barro se debe evitar su contacto directo con la caña guadua, ya que estas pueden transmitir por capilaridad la humedad, provocando la pudrición de la guadua, asimismo los elementos portantes de la cubierta deben formar un sistema estable frente a cargas laterales, para lo cual deben contar con los debidos anclajes y arriostramientos, indica también que las correas pueden ser construidas en caña guadua o madera aserrada, como se observa en la Figura N°85.

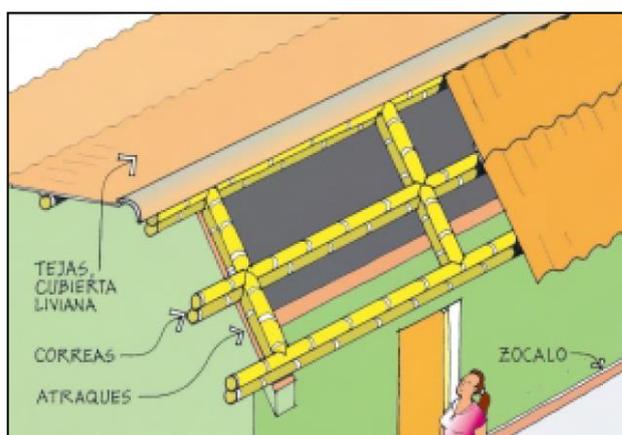


Figura 84 : Cubierta liviana sobre correas de caña guadua

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.52)

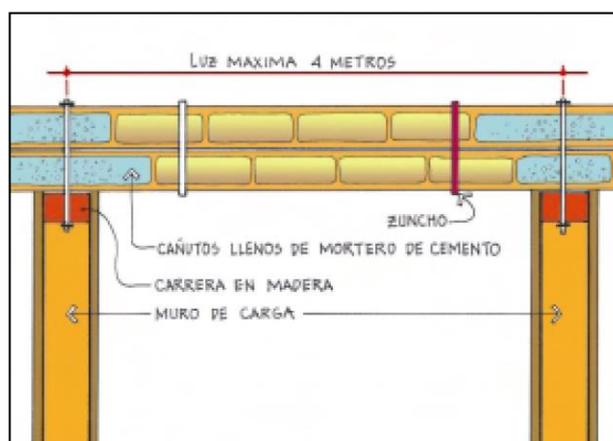


Figura 85 : Detalle de cobertura liviana

Fuente: “Manual de Construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado”, por AIS (s.a, p.56)

- Uniones

Según SENCICO (2014) todos los elementos de la edificación deben estar adecuadamente unidos. Si un elemento estructural está compuesto por dos o más bambúes, debe trabajar como una sección compuesta, para esto deben empernarse entre sí con pernos de acero, como se observa en la Figura N°86.

Las uniones o conexiones pueden ser desarmables o fijas, dependiendo del diseño. Según la NSR-10 Título G (Como se citó en SENCICO, 2014) los elementos que constituyen una unión deben diseñarse para no fallar por tensión perpendicular y corte paralelo a la fibra. A través del tiempo se han venido realizando diferentes tipos de uniones, sin embargo, solo las uniones empernadas con la especie guadua angustifolia, cuentan con respaldo normativo y técnico, y son utilizadas cuando las solicitudes sobre una conexión son grandes, requiriendo el uso de pernos acompañados de platinas de acero.

Según la NSR-10 Título G (Como se citó en SENCICO, 2014) en el caso de la guadua angustifolia, el espaciamiento entre los pernos no debe ser menor a 15cm ni mayor a 25cm, en todo caso debe existir un entrenudo entre cada perno. La distancia desde el extremo libre del elemento al perno debe ser superior a 15cm si la unión está sometida a tracción y 10cm si la unión está sometida a compresión.

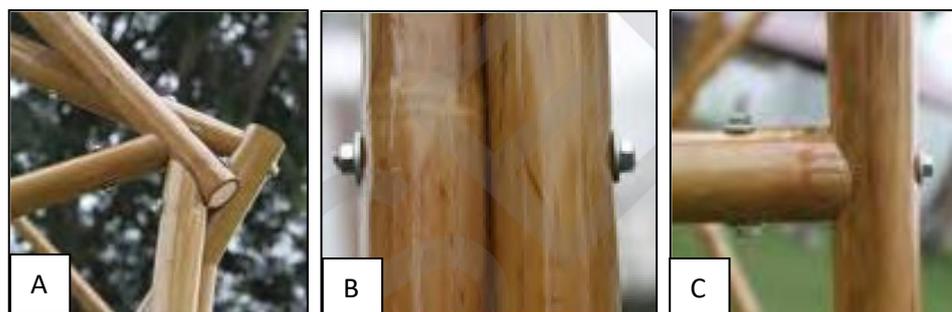


Figura 86 : Uniones en diagonal y perpendicular (A), unión de dos piezas en paralelo (B), unión perpendicular (C)

Fuente: “Manual de construcción de estructuras con Bambú”, por SENCICO. (2014, p.71)

Según la NTE E.100 Bambú (Como se citó en SENCICO, 2014), para unir longitudinalmente dos piezas de bambú, se deben elegir tallos de diámetros similares, pudiendo unirse las piezas con una pieza de madera, dos piezas metálicas o dos piezas de bambú.

1. Unión Cimiento – Muro

AIS (s.a) indica que los muros deben estar conectados de forma efectiva con la cimentación, ya sea a través de las vigas de cimentación o de los sobrecimientos. Los muros pueden fabricarse usando sólo caña guadua o combinando elementos de madera aserrada con elementos en caña guadua., recomendando que las soleras de los muros sean hechas en madera aserrada, en este caso la conexión con los cimientos o sobrecimientos es a través de barras roscadas ancladas. La madera debe ser separada del concreto o de la mampostería con papel impermeable u otro similar.

2. Unión entre muros

AIS (s.a) refiere que los muros pueden estar en planos perpendiculares o en el mismo plano. En el primer caso, deben usarse pernos en ambas direcciones, las uniones fuera del plano pueden darse en esquina, en forma de cruz o de T; en el segundo caso, la conexión es similar a la conexión con los cimientos y debe ser realizada con pernos, tuercas y arandelas.

3. Unión entre muros y cubierta

AIS (s.a) precisa que, en los sistemas con madera aserrada, la unión del muro con la cubierta es igual a la unión con la cimentación, a través de pernos y tuercas que atraviesan la solera de madera.

Finalmente, recalca que, para todos los casos, si la pieza de bambú está sometida a carga de aplastamiento, debe rellenarse con mortero por donde pasen los pernos y los entrenudos adyacentes a la unión.

- Cortes

Según SENCICO (2014) todos los cortes en el bambú o perforaciones para pernos deben localizarse a no más de 6cm del nudo. Los cortes más utilizados para la conformación de las uniones de bambú son el corte pico de flauta, corte a bisel o diagonal, corte recto y el corte boca de pescado, como se observa en la Figura N°87, en este último el acople debe ser en su totalidad con la superficie unida.

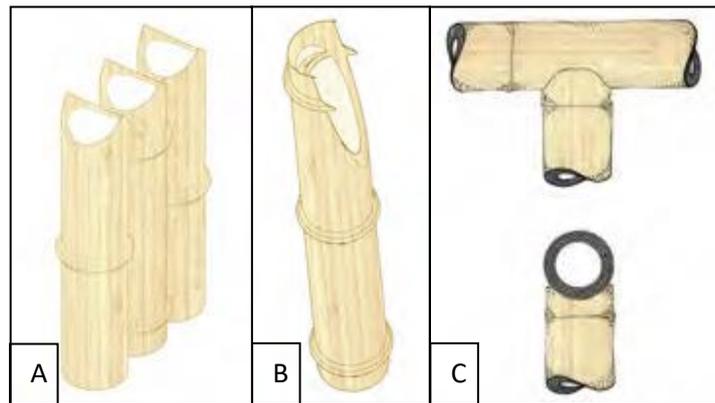


Figura 87 : Corte pico de flauta (A), corte boca de pescado con ejemplo de varillas y pernos (B), unión perpendicular con corte boca de pescado (C)

Fuente: “Manual de construcción de estructuras con Bambú”, por SENCICO. (2014, p.70)

- Acabados

SENCICO (2014) indica que debe considerarse un buen acabado que garantice la durabilidad de los elementos de bambú que queden expuestos en la estructura. Rubio (Como se citó en SENCICO, 2014) menciona que un buen acabado debe contar con características tales como la estabilidad del color, flexibilidad, adherencia, dureza y resistencia a la humedad y a la acción de la luz. AIS (s.a) precisa que deben evitarse los enchapes pesados en las fachadas. Asimismo, en los baños debe enchaparse completamente las áreas húmedas, recomendando colocar el enchape pegado con mortero sobre una malla clavada directamente contra la caña guadua, sin usar la esterilla.

g. Fallas comunes en las estructuras de bambú

Según INBAR (2016), las fallas más comunes de las estructuras de bambú se resumen de la siguiente manera:

- Falta de un sistema estructural: las edificaciones requieren elementos de arriostramiento o muros de corte para resistir las cargas de viento y sísmicas
- Malas conexiones
- Detalles que comprometen la durabilidad del bambú dejándolo expuesto a la putrefacción o al ataque de los insectos o un mantenimiento inadecuado.

2.3.6. Costo – Beneficio

a. Costo

Según datos obtenidos por INBAR (2017), en Ecuador al año 2009 las viviendas de bambú, tenían un costo de \$ 1135.00 por unidad y una vida útil de 5 años, como se observa en la Figura N°88. Posteriormente con el Proyecto “Casa de Bambú mejorada” del Banco Mundial y la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, el costo se incrementó a \$ 5000.00 por una unidad de 32m², pero considerando una vida útil de 20 años, siendo mejorado el diseño de la vivienda con la priorización del tratamiento del bambú empleado, como se observa en la Figura N°89.



Figura 88 : Vivienda de bambú, costo de \$ 1135.00 y una vida útil de 5 años, Ecuador

Fuente: “Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú”, por INBAR. (2017, p.37)

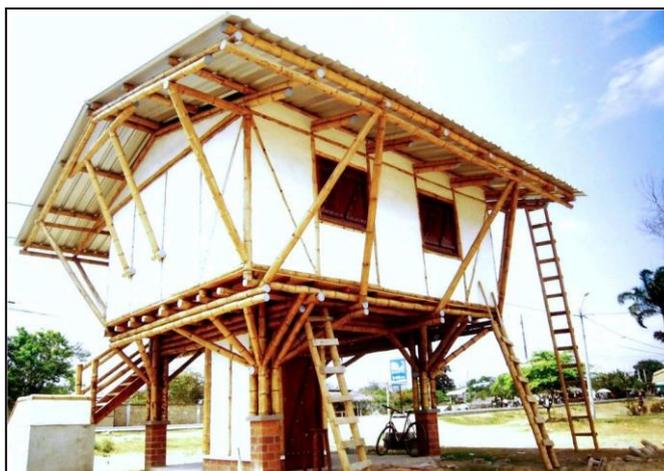


Figura 89 : Vivienda de bambú, costo de \$ 5000.00 y una vida útil de 20 años, Ecuador

Fuente: “Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú”, por INBAR. (2017, p.38)

Asimismo, precisa que, en Bután, un país donde el índice de cubierta forestal supera el 60%, se empleó bambú como material estructural alternativo con capacidad antisísmica, ante la escasez de madera para la construcción, como se observa en la Figura N°90, con un costo de vivienda por metro cuadrado igual a \$ 140.00, representando un ahorro del 50% comparado con una vivienda de similares dimensiones construida con materiales convencionales.



Figura 90 : Vivienda de bambú, costo de \$ 140.00 por m², Bután – Asia

Fuente: “Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú”, por INBAR. (2017, p.42)

Por otro lado, según el Centro del Bambú del Perú de la Universidad San Martín de Porres (USMP, 2019) en el Perú han sido desarrollados diversos proyectos utilizando el bambú como material predominante en la construcción, destacando entre estos el Proyecto Módulo de Viviendas (2009) en San Clemente, Pisco, para los damnificados del terremoto del año 2007, como se observa en la Figura N°91, en el cual se construyeron 54 módulos de 24.60m² cada uno con un costo aproximado de S/8,000.00; el Proyecto Casa de bambú de dos pisos (2009) en San Clemente, Pisco, como se observa en la Figura N°92, una vivienda con una estructura de bambú tipo bahareque revestida con mortero, desarrollada como un prototipo para la Costa Peruana, con 100m² y un costo aproximado de S/50,000.00 y el Proyecto Iglesia de la Compañía de Jesús (2009) en Pisco, una de las edificaciones con bambú de mayor dimensión en el Perú, compuesta por una nave central y dos pórticos laterales con bambúes tratados y empernados, como se observa en la Figura N°93, con un área de 400m² y un costo aproximado de S/.200,000.00.



Figura 91 : Proyecto Modulo de vivienda, San Clemente Pisco, costo aproximado S/ 8,000.00 (24.6m²), Perú

Fuente: Instituto de Vivienda, urbanismo y construcción de la USMP (2019)



Figura 92 : Proyecto vivienda de dos pisos, San Clemente Pisco, costo aproximado S/ 50,000.00 (100m²), Perú

Fuente: Instituto de Vivienda, urbanismo y construcción de la USMP (2019)



Figura 93 : Proyecto Iglesia de la Compañía de Jesús, Pisco, costo aproximado S/ 200,000.00 (400m²), Perú

Fuente: Instituto de Vivienda, urbanismo y construcción de la USMP (2019)

Juárez (2019) como parte de su investigación estimó el análisis de costos unitarios de las partidas más significativas en la construcción de una vivienda con una alternativa similar a los muros de bahareque encementado, empleando caña chancada para cubrir cada paño, en lugar de esterilla, y posteriormente la colocación de la malla de gallinero y aplicación de mortero tradicional, tomando como ejemplo la distribución de la vivienda construida en el Parque Ecológico de Surco, estimando un costo por metro cuadrado de muro construido ascendente a S/81.68, considerando un rendimiento de 8m² por día, con una cuadrilla de dos personas.

Por otro lado, se precisa que los precios unitarios de las partidas requeridas en una vivienda que considere métodos tradicionales de construcción, son presentados con una frecuencia bimensual por la revista especializada para la Construcción Costos, por lo que serán tomados como fuente para la elaboración del presupuesto de la construcción de la vivienda tradicional.

b. Plazo

El plazo de un proyecto de una edificación con bambú depende principalmente de la necesidad requerida, tal como se describe a continuación en los diferentes proyectos, los cuales cuentan con diferentes plazos y usos respectivos.

Juárez (2019) como parte de su investigación mencionó como ejemplo de diseño de vivienda “la Casa de Bambú del Parque Ecológico de Surco”, la cual fue construida en mayo del año 2016, los arquitectos a cargo del Proyecto Yann Barnet y Faouzi Jabrane, indicaron durante la inauguración de la misma que esta cuenta con un área de 50 m², siendo ejecutada con una cuadrilla de 4 obreros, con una construcción que duró alrededor de 28 días. El esquema de cortes y la vivienda culminada se observan en la Figura N°94 y Figura N°95.

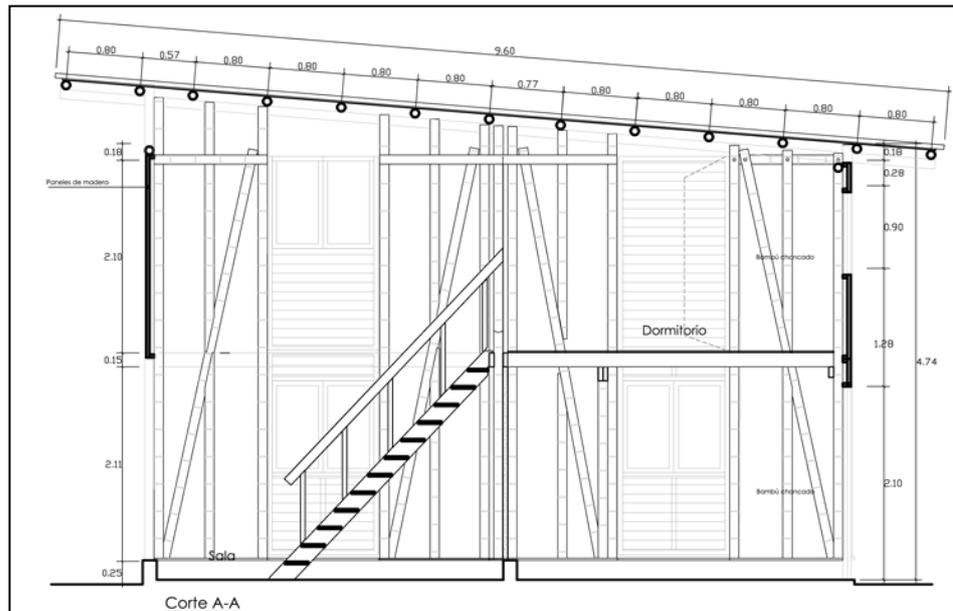


Figura 94 : Cortes - Casa de bambú del Parque Ecológico de Surco
 Fuente: Instituto de Vivienda Urbanismo y Construcción (IVUC, 2019)



Figura 95 : Casa de Bambú del Parque Ecológico de Surco.
 Fuente: Instituto de Vivienda Urbanismo y Construcción (IVUC, 2019)

Cerrón (2016) planteó como parte de su trabajo de investigación la ejecución de una cabaña de bambú dentro del Parque Nacional del Manu – Cusco, con un área de 99.10 m². En su investigación consideró la jornada de 8 horas laborales para calcular el tiempo estimado total de la

construcción con un horario estándar, asimismo se contó con 11 trabajadores entre maestros, ayudantes y peones especialistas en construcciones con bambú. Al concluir la construcción de la cabaña se calculó que el tiempo en jornal con horario estándar fue de 75 días, siendo sólo 34 los días utilizados para trabajos con bambú. El esquema de cortes y la vivienda culminada se observan en las Figura N°96 y Figura N°97.

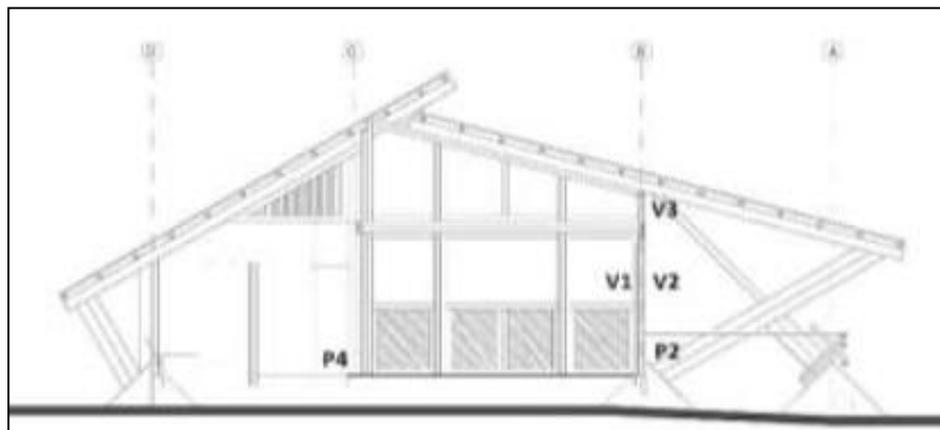


Figura 96 : Esquema de Cortes -habitación experimental

Fuente: “Estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco”, por Cerrón (216, p.139)



Figura 97 : Modelo final – Cabaña de Bambú

Fuente: “Estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco”, por Cerrón (216, p.122)

Al ser un elemento que se puede utilizar con rapidez debido a que no cuenta con una etapa de curado de sus elementos, como en el caso de las construcciones con concreto, en distintos países se ha optado como una solución utilizada para la construcción de viviendas para los damnificados después de un sismo, el diario NOTIMEX (2017) precisó que después del sismo ocurrido en Puebla, México el 19 de septiembre del 2017, el director del Instituto de Diseño e Innovación Tecnológica (IDIT) de la Universidad Iberoamericana junto con el Grupo Puebla proyectaron entregar los primeros 40 espacios habitables, como se observa en la Figura N°99, en un periodo de dos semanas.



Figura 98 : Casa de Bambú para damnificados en Puebla – México

Fuente: “Construyen casas de bambú temporales para damnificados del sismo en Puebla”, por Martínez (2017)

c. Energía y Sostenibilidad

Sánchez y Espuna, (2017) indican que según los estudios de Roach (1996) está demostrado que el procesamiento del bambú requiere solamente 1/8 de la energía requerida para el procesamiento del concreto y solo 1/3 de la requerida para la madera, para crear un material de construcción con la misma capacidad. Siendo comparado con el acero, el bambú requiere solo 1/50 de la energía para su transformación.

Janssen (como se citó en Sanchez y Espuna, 2017) determinó que la cantidad de energía requerida para producir bambú es de 2 hasta 50 veces

menor que la requerida para otros materiales tradicionales usados en la construcción, como se observa en la Tabla N°28.

Tabla 28 : Comparación entre contribución de energía y capacidad

Material de construcción	Energía de producción mj/kg	Densidad kg/m ³	Energía de producción mj/m ³	Esfuerzo de tensión kn/cm ²	Relación entre energía y esfuerzo de tensión
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(4)/(5)
Acero	30.0	7 800	234 000	1.600	150 000
Concreto	0.8	2 400	1 920	0.080	24 000
Madera	1.0	600	600	0.075	8 000
Bambú	0.5	600	300	0.100	3 000

Fuente: “Bambucreto: una alternativa para la edificación sustentable”, Tabla elaborada por Sánchez y Espuna, sobre la base de datos de Janssen (2017, p.9)

Según INBAR (2016) la construcción de viviendas a base de bambú, con técnicas tales como el bahareque encementado, es ambientalmente superior a otros tipos de vivienda, al emplear la mitad del carbono incorporado, así como por su capacidad de ser construida en gran parte utilizando materiales sostenibles y de rápido crecimiento, como el bambú. Con el propósito de maximizar su sostenibilidad, recomienda que la madera y el bambú sean extraídos de fuentes locales, reducir el espesor del mortero de cemento, maximizar el uso de reemplazos del cemento, como la cal, así como emplear productos químicos de tratamiento no tóxicos para la madera y el bambú.

Murphy, Trujillo y Londoño (como se citó en INBAR, 2016) realizaron la evaluación del ciclo de vida de una vivienda en la que se empleó la técnica del bahareque encementado, construida en Colombia en la década del 2000, con el propósito de evaluar su impacto ambiental. De los resultados se obtuvo que esta generaba la mitad del impacto ambiental, comparada con una vivienda hipotéticamente construida bajo el mismo estándar, pero con mampostería convencional, como se observa en la

Figura N°99. De los resultados se verificó que el 95% de elementos de la vivienda que contribuyeron al impacto ambiental estuvo representado por la cimentación y el revoque de paredes, constituidos en el primer caso por arena, agregado grueso, armaduras de acero y cemento y en el segundo caso arena y cemento, como se observa en la Figura N° 100.

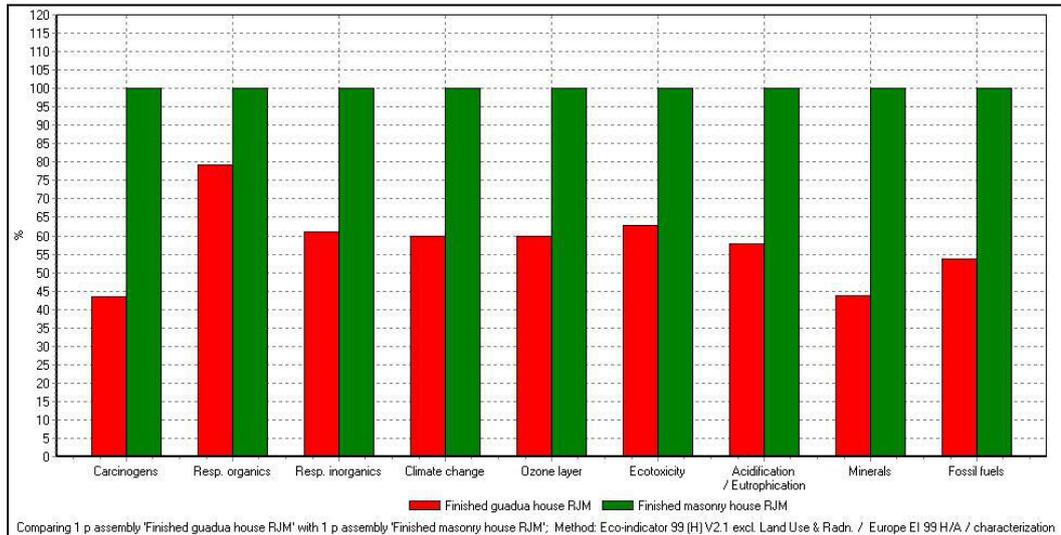


Figura 99 : Impacto ambiental de una vivienda de bahareque comparado con el de una vivienda de mampostería

Fuente: “Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado”, por INBAR, figura de Murphy et al. (2016, p.18)

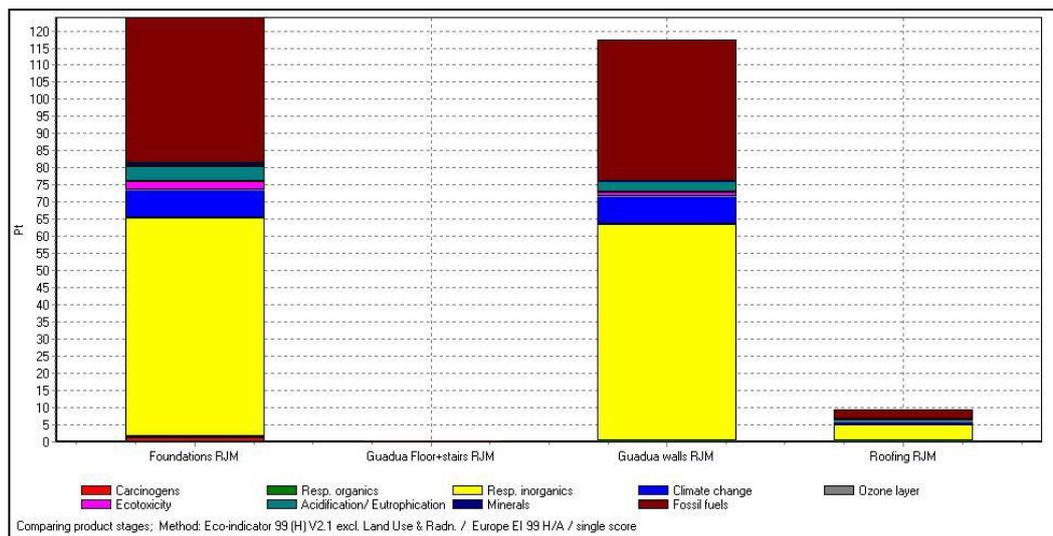


Figura 100 : Impacto ambiental de los elementos de una vivienda de bahareque encementado

Fuente: “Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado”, por INBAR, figura de Murphy et al. (2016, p.18)

Asimismo, INBAR (2016) precisa que el carbono incorporado de un material, es la cantidad total de dióxido de carbono emitido durante su ciclo de vida y que el impacto ambiental de un material es cualquier efecto que este pueda tener en su entorno durante este ciclo. Según la EN 15978:2011 (Como se citó en INBAR, 2016) existen etapas claves que definen el ciclo de vida de un material en la industria de la construcción: el abastecimiento de la materia prima, su tratamiento, transporte, la construcción de la edificación, el uso y mantenimiento, el fin de la vida de la edificación y el reciclaje y reutilización de los materiales de la edificación. Bajo este criterio, INBAR analizó el carbono incorporado y el impacto ambiental de los diversos elementos que constituyen una vivienda de bahareque encementado, como se observa en la Tabla N°29, Tabla N°30 y Tabla N°31.

Tabla 29 : Carbono incorporado e impacto ambiental de los materiales cementantes utilizados en la construcción de viviendas de bahareque

Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • El aprovisionamiento de los componentes del cemento tiene un impacto de carbono incorporado debido a la maquinaria utilizada para la minería. • El uso de reemplazos de cemento como cenizas de combustible pulverizado y escoria granulada de alto horno redujo significativamente el impacto de la energía incorporada, ya que estos son productos de desecho Parte del cemento también se puede reemplazar con cal, que también tiene un bajo impacto de energía incorporada. Los agregados tienen diferentes niveles de impacto dependiendo de su fuente. Los áridos gruesos más comunes se extraen. Este proceso no consume mucha energía. Sin embargo, los agregados secundarios o reciclados se pueden usar para compensar un porcentaje de este impacto.
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • tiene un impacto incorporado significativamente alto, debido al proceso de fabricación requerido. Este impacto es relativamente constante, independientemente de dónde se encuentre • La fabricación de bloques de hormigón no es un proceso intensivo en carbono, ya que normalmente no se requiere energía para calentar.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • El consagrado carbono depende de la distancia de la planta al sitio y puede variar ampliamente. Sin embargo, el abatecimiento y el tratamiento genetalmente utilizan mucho más energía.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Generalmente muy bajo, ya que se usan pocas herramientas o maquinaria.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado depende del mantenimiento requerido, que se puede mantener al mínimo diseñando para la durabilidad
Fin de la vida	<ul style="list-style-type: none"> • Al final de la vida, el mortero de cemento se rinde y normalmente el vertedero se desecha junto con el relleno sanitario, por lo que no se recupera energía. Sin embargo, como estos son materiales inertes, no emiten gases al final de la vida.
Reciclar y reutilizar	<ul style="list-style-type: none"> • El mortero de cemento se procesa o los materiales utilizados para la construcción no se pueden reciclar ni reutilizar de manera realista. • El concreto se puede triturar para usarlo como agregado o relleno secundario.

Fuente: “Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado”, por INBAR (2016, p.20)

Tabla 30 : Carbono incorporado e impacto ambiental del bambú utilizado en la construcción de viviendas de bahareque

Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Poco impacto de carbono incorporado. • Debería cosecharse en plantaciones bien administradas (Kuehl y Yiping, 2012).Forest Stewardship Council (FSC, 2016) o plantaciones certificadas similares son muy raro, por lo que las evaluaciones de cuán bien manejada es una plantación pueden ser subjetivas.La sobreexplotación de bambú / caña puede provocar la muerte del grupo y la reducción de la cubierta de la planta, lo que a su vez puede conducir a la erosión del suelo. Tenga en cuenta que algunas especies de bambú (especialmente las especies que corren) pueden ser agresivas e invasivas (Shyama, 2016), y estas fuentes deben revisarse para asegurarse de que no están contribuyendo a dañar la flora local.
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado depende principalmente de si se requiere energía para secar el bambú o calentar el líquido de tratamiento; ninguno es necesario, sin embargo, ambos acelerar el proceso. Un horno solar puede reducir la energía requerida para el secado, al igual que el uso de recortes de bambú para un horno de cocción.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado depende completamente de la distancia de la plantación: los estudios han demostrado que por debajo de 200 km el impacto es relativamente bajo.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado generalmente es muy bajo ya que se utilizan pocas herramientas o maquinaria.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado depende del mantenimiento requerido, que se puede mantener al mínimo diseñando para la durabilidad, • El bambú tratado con boro es seguro de tocar.
Fin de la vida	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado varía dependiendo de si el bambú se quema como un biocombustible o se utiliza para disparar ladrillos, por lo tanto, recuperando energía, o si simplemente se deja pudrir, en cuyo caso el carbono se libera a la atmósfera. • El bambú tratado con boro normalmente puede enterrarse o compostarse de forma segura. Sin embargo, el bambú tratado con químicos a base de cobre es más difícil de eliminar de manera segura, no debe quemarse y, en general, debe ser enterrado. • Cualquier solución residual del tratamiento con boro puede diluirse con seguridad y usarse como fertilizante. Sin embargo, el uso excesivo o simplemente el vertido a los ríos puede tener impactos perjudiciales, como la eutrofización de los ríos.
Reciclar y reutilizar	<ul style="list-style-type: none"> • El bambú no puede reciclarse de manera realista, pero puede reutilizarse, por ejemplo, para construir otra cosa, reduciendo así su carbono incorporado.

Fuente: “Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado”, por INBAR (2016, p.20)

Tabla 31 : Carbono incorporado e impacto ambiental de la madera utilizada en la construcción de viviendas de bahareque

Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Poco impacto de carbono incorporado • Debería cosecharse en plantaciones bien administradas. Hay muchos consejos de administración forestal (FSC, 2016) y un programa para el respaldo del bosque para aquellos que no lo son, pueden variar mucho en lo bien que se manejan. Existen muy pocas FSC o plantaciones de madera de frondosas certificadas similares en todo el mundo; estas varían aún más en lo bien que se las maneja. El FSC y PEFC brindan orientación sobre lo que es una plantación de madera dura bien manejada. • La sobreexplotación de la madera puede provocar la deforestación.
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado durante el procesamiento de la madera es más alto que el bambú. Cortar y cepillar madera usa un poco de energía. Sin embargo, la mayoría se usa durante el proceso de secado del horno, que es una parte esencial de la mayoría de los procesos de tratamiento químico para maderas blandas. Las maderas duras normalmente se usan verdes o secas de forma natural, por lo tanto, consuma menos energía para procesarlas.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado depende completamente de la distancia de la plantación y el aserradero
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado generalmente es muy bajo ya que se utilizan pocas herramientas o maquinaria.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado generalmente es muy bajo ya que se utilizan pocas herramientas o maquinaria. • La seguridad de la madera tratada al tacto depende de qué sustancia química se usó para tratarla.
Fin de la vida	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono incorporado varía, dependiendo de si la madera se quema como biocombustible o si se usa para encender ladrillos, por lo tanto, recuperando energía, o si simplemente se deja pudrir, en cuyo caso el carbono se libera a la atmósfera. • La madera tratada con productos químicos a base de cobre es más difícil de eliminar de forma segura, no debe quemarse y, en general, debe enterrarse.
Reciclar y reutilizar	<ul style="list-style-type: none"> • La madera no puede reciclarse de manera realista, pero puede reutilizarse, por ejemplo, para construir otra cosa. Esto reduciría su carbono incorporado.

Fuente: “Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado”, por INBAR (2016, p.21)

2.3.7. Mitigación del cambio climático mediante el uso del bambú

INBAR (2015) se refiere al cambio climático global como una consecuencia del accionar irresponsable de la vida humana en el planeta, que libera en la atmósfera dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, siendo necesaria la disminución de estas emisiones a fin de mitigar dicho cambio climático. Entre las tres formas principales de disminuir las emisiones de carbono, está la minimización del uso de combustibles fósiles, los cuales se forman bajo tierra a partir de los restos

de organismos antiguos, como alternativa de prevención recomiendan utilizar combustibles alternativos. Asimismo, también consideran los sembríos de plantas en grandes extensiones alrededor del mundo, por lo cual se requiere conservar los bosques, praderas, humedales y masas de agua. Por último, recomiendan que para la construcción de infraestructura se realice la selección de materiales que tengan la capacidad de capturar carbono y procesarlo.

El bambú cumple una función en cada una de las tres formas de disminuir las emisiones de carbono. Ofrece alternativas de carbón y gas frente a los combustibles fósiles, masas forestales de densa vegetación, renovables y de crecimiento rápido y materiales recolectados con una gran variedad de usos que datan de los inicios de la humanidad, los cuales se multiplican y mejoran al ritmo del avance acelerado de la ciencia.

INBAR (2019) detalla que el bambú puede reemplazar a diferentes tipos de materiales que utilizan gran cantidad de emisión de carbono, como el acero, concreto, aluminio y el PVC, contribuyendo significativamente a combatir el cambio climático en el mundo. Asimismo, cataloga al bambú como un excelente suministrador de energía limpia, ya que brinda una fuente sostenible de bioenergía para la población que requiere necesariamente de la biomasa sólida para cocinar, la cual puede ser utilizada como leña, transformada en carbón para cocinar y calentarse, o en gas para la generación de energía térmica y eléctrica. También menciona que debido a que su crecimiento es rápido al igual que su maduración, a diferencia de la mayoría de los árboles, el bambú ayuda a disminuir la deforestación.

INBAR (2020) señala que el bambú brinda una fuente económica y sostenible de material para viviendas, puentes y andamios, resaltando que debido a sus propiedades las viviendas hechas de bambú pueden resistir movimientos sísmicos. Se indica además que debido a su versatilidad el bambú proporciona una alternativa biodegradable frente a los productos de madera o plástico de un solo uso, tales como cubiertos y envases.

Asimismo, el bambú contribuye a la mitigación y adaptación al cambio climático, ya que, al tener un rápido crecimiento, puede ser cosechado con regularidad, creando una gran cantidad de productos duraderos que almacenan carbono. El bambú además tiene una alta tolerancia a los impactos climáticos, como las sequías, temperaturas fluctuantes e incendios, siendo un material resistente para las comunidades vulnerables al clima. Las plantaciones de bambú brindan además una protección eficaz contra el viento, previniendo la erosión y aumentando la humedad del suelo en paisajes degradados. Finalmente, INBAR resalta que es el bambú una parte clave de la biodiversidad de los ecosistemas, ya que varias de las especies en peligro de extinción en el mundo dependen de este para sobrevivir, tales como el panda rojo, el gorila de la montaña, el panda gigante y el mono de montaña bale.

2.3.8. Mantenimiento de edificaciones realizadas con bambú

La Norma Técnica E.100 Bambú (2012) recomienda que toda edificación construida con bambú, debe ser revisada y reparada a lo largo de toda su vida útil, considerando las siguientes recomendaciones:

a. Por exposición de ubicación

Las piezas de bambú expuestas a la intemperie deben contar con un mantenimiento cada 6 meses como mínimo, asimismo para el bambú en exteriores, pero protegido de la intemperie se recomienda un mantenimiento anual como mínimo y para las piezas en interiores se recomienda que este mantenimiento sea cada 2 años. Todas las piezas en cualquiera de los casos antes mencionados deben ser tratadas con barniz, ceras, lacas o productos similares, como se observa en la Figura N°101 y la Figura N°102.



Figura 101 : Colocación de pintura al óleo a la caña guadua ubicada en exteriores

Fuente: “Construcción con Bambú (caña Guayaquil) -Manual de Construcción”, por INBAR (2015, p.71)



Figura 102 : Colocación de barniz a la caña guadua ubicada en interiores

Fuente: “Construcción con Bambú (caña Guayaquil) -Manual de Construcción”, por INBAR (2015, p.71)

b. Por exposición a insectos

Las piezas detectadas con presencia de insectos xilófagos, como se observa en la Figura N°103 y la Figura N°104, deben ser tratadas para su eliminación. En caso se encuentre este ataque en piezas estructurales, éstas deberán ser cambiadas.



Figura 103 : Daño severo causado por termitas en el bambú, Costa Rica

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.17)



Figura 104 : Daño causado por escarabajos en el bambú, Colombia

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.17)

c. Por exposición a la humedad

Se recomienda evitarla garantizando el mecanismo de ventilación, ya que esta puede propiciar la formación de hongos, como se observa en la Figura N°105 y la Figura N°106. Si la pieza se encuentra humedecida y con presencia de hongos debe ser cambiada.



Figura 105 : Daño por hongos causante de fisuras y blanqueamiento del bambú, Colombia

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.17)



Figura 106 : Pudrición de paredes de bambú y presencia de moho en la base debido a salpicado de agua de lluvia proveniente del techo, Costa Rica

Fuente: “Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana”, por INBAR (2016, p.17)

d. Por exposición a fuentes de calor

Las edificaciones cercanas a fuentes de calor deben protegerse o aislarse con sustancias retardantes o ignífugas o con un material incombustible aprobado por la Legislación Peruana. Adicionalmente se recomienda verificar los sistemas de protección contra incendios e instalaciones eléctricas.

e. Por exposición a cargas

Se deber reajustar los elementos que estén expuestos a fuerzas de contracción para prevenir el desajuste de los mismos, en caso sea una unión esta debe ser revisada periódicamente para cuando sea el caso de aflojamiento esta sea reemplazada. En caso se encuentren rotas o deformadas en exceso, deberán ser cambiadas, como se observa en la Figura N°107.



Figura 107 : Rajaduras en bambú por cargas

Fuente: “Construcción con Bambú (caña Guayaquil) -Manual de Construcción”, por INBAR (2015, p.72)

2.4. Definición de términos básicos

- Basa y sobrebasa: Término utilizado para diferenciar el primer y segundo segmento de la caña guadua. La basa se utiliza por su mayor diámetro en construcción como viga y la sobrebasa para el soporte de techo como varillones.
- Bisel: Borde cortado oblicuamente, no en ángulo recto.
- Bórax: Mineral natural de la clase de los boratos, compuesto del boro, el cual es un elemento de la tabla periódica con símbolo B, que cuenta con capacidades para la limpieza y desintoxicación.
- Entrenudo: Parte del rizoma o nudo que está siempre entre dos nudos.
- Esterilla: De nombre común caña chancada como se le denomina localmente en el Perú. Utilizada en todo tipo de viviendas como material de construcción. Consiste en bambúes recién cortados, de los que se obtiene de la parte basal e intermedia del tallo una superficie plana posteriormente preservada.
- Ignifugo: Aquel que resiste al fuego, usado habitualmente como base en la construcción de hogares o de sus elementos, su función es detener las llamas, no prendiéndose y protegiendo la estructura que recubre.
- Nudo: Lugar en el tallo (u otro eje), donde se insertan las hojas y ramas. En bambúes incluyen (de la base al ápice) la línea nodal, la región nodal y la cuña supranodal o canto.
- OSB: Tableros elaborados a partir de virutas de madera orientadas de Pino o abeto, árboles que debido a su rápido crecimiento permiten un mayor volumen de fabricación anual.
- SIP: Moderno y completo sistema estructural auto soportante usado para la construcción, conformado por un alma de espuma rígida de Poliestireno de alta densidad, que brinda una alta eficiencia, calidad, resistencia a los agentes climáticos y gran ductilidad.
- Tocón: Parte inferior del tallo que queda luego de cortar la caña.
- Xilófagos: Palabra derivada de xilos: madera; y fago: comer, hace referencia a los insectos caracterizados por alimentarse de madera.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

El bambú cumple criterios sismo resistentes como elemento estructural en una vivienda ecológica, además de contar con una óptima respuesta en relación al costo, plazo e impacto ambiental generado.

3.1.2. Hipótesis secundarias

- a) El bambú cuenta con características físicas y mecánicas que lo hacen óptimo para el diseño de una vivienda ecológica.
- b) El diseño estructural y arquitectónico de una vivienda ecológica tendrá resultados sismo resistentes óptimos al utilizar bambú en su composición.
- c) El modelamiento de una vivienda ecológica con el software CSI Etabs v19.1.0 tendrá resultados sismo resistentes óptimos.
- d) El costo de construcción de una vivienda ecológica es menor al de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción.
- e) El plazo de construcción de una vivienda ecológica es menor al de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción.
- f) Los beneficios ambientales de la construcción de una vivienda ecológica son mayores al de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción.

3.2. Variables

3.2.1. Definición Conceptual de Variables

Borja (2016) afirma que: “Una variable es una característica, atributo, propiedad o cualidad que pueda estar o no presente en el objeto de estudio” (p.23).

Así mismo Borja (2016) indica que en proyectos en los que se requiere demostrar una relación causa-efecto existen variables independientes y dependientes, siendo las variables independientes las variables que producen el efecto en la variable dependiente y son representadas por la letra “X”, mientras que las variables dependientes son el resultado producido por acción de la variable independiente y son representadas por la letra “Y”.

3.2.2. Operacionalización entre variables

a. Variables independientes (X):

- Características físicas y mecánicas del bambú.

b. Variables Dependientes (Y):

- Cumplimiento de parámetros sismo resistentes
- Costo
- Plazo
- Impacto ambiental.

Siendo $Y = f(X)$

Tabla 32: Operacionalización entre variables

Tipo de Variable	Variable	Indicador	Medición
Variable Independiente (X)	Características físicas y mecánicas del bambú	Resistencia al corte	Mpa
		Resistencia a la compresión	Mpa
		Resistencia a la tensión	Mpa
Variable Dependiente (Y)	Cumplimiento de parámetros sismo resistentes	Desplazamiento lateral relativo	N/A
	Costo	Presupuesto	Nuevos Soles
	Plazo	Cronograma	Días
	Impacto ambiental	Emisiones de dióxido de carbono	tCO ₂ e

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo

Según su propósito o finalidad la presente investigación fue de tipo aplicada. En términos de Hernández, Fernández y Baptista (2014) una investigación aplicada es aquella que tiene como propósito la resolución de problemas, tal es así que la presente investigación obtuvo una alternativa de solución ante la falta de viviendas seguras y económicas en el distrito de la Florida, San Miguel-Cajamarca.

4.2. Enfoque y Diseño

Por el enfoque una investigación podrá ser cuantitativa, cualitativa o mixta. Borja (2012) describe el enfoque cuantitativo como el planteamiento confiable para conocer la realidad a través de la recolección y análisis de datos. Este tipo de investigación se basa en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística. En base a lo anteriormente detallado el enfoque de la investigación fue cuantitativo.

El enfoque cuantitativo presenta diferentes tipos de diseño de investigación, tales como el diseño experimental y el no experimental. “Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.” (Hernández et al.,2014, p.130), tal es así que la presente investigación consideró el diseño experimental.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.3.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Siendo las Técnicas la forma como se obtuvieron los datos y los instrumentos de recolección los medios materiales a través de los cuales se hizo posible la obtención de la información requerida para la investigación, y al ser estos dependientes del tipo de investigación, se determinó como instrumentos y técnicas principales para la recolección de datos:

- Observación directa: Como resultado del uso de softwares de diseño, tales como el CSI Etabs V19.1.0 empleado para el modelamiento de la vivienda ecológica.

- Análisis de documentos: Ya que adicionalmente a la observación directa, se utilizaron estudios e investigaciones previas.
- Elaboración de ensayos: Con los cuales se determinó las características físicas y mecánicas del bambú.

4.3.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Según el enfoque ingenieril la propuesta fue sustentada teóricamente, verificándose en base a evidencias y ensayos.

4.3.3. Procedimientos para la recolección de datos

Para la recolección de los datos se procedió a la simulación del comportamiento sismo resistente de la vivienda ecológica ante diferentes cargas aplicadas, a la revisión y análisis de estudios e investigaciones previas y al análisis de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

4.3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Se utilizó para el análisis de datos: diagramas, tablas, así como los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Diagnóstico y situación actual

La investigación consiste en el diseño y análisis de una vivienda ecológica de 97.20 m² en el Distrito de La Florida, San Miguel en el departamento de Cajamarca, empleando el bambú como material estructural. Como se detalló en el Capítulo I de la presente investigación, el distrito de la Florida cuenta con construcciones predominantemente rurales y según el Estudio de vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el Norte del Perú “El poblador es consciente que es necesario mejorar y adaptar sus viviendas pero lo concibe mediante un cambio de materiales, no necesariamente un cambio en la tecnología o las formas de uso” (Barnet y Jabrane, 2014, p.115), considerando descartar el uso del bambú (*guadua angustifolia*) en sus construcciones definitivas por falta de asesoría profesional y desconocimiento de sus propiedades físicas y mecánicas.

La presente investigación considera el diseño de una vivienda con paneles de bambú de 1.20m x 2.50m revestidos con una capa de mortero sobre una malla de gallinero que asegure la adherencia por ambos lados para los muros estructurales y paneles de bambú de 1.20m x 2.50m barnizados y con acabado al natural para la tabiquería interior de la vivienda.

Se procura evitar el uso del concreto y el acero en todas las estructuras, empleándose las dosificaciones y cantidades mínimas que garanticen la seguridad y estabilidad de la vivienda.

5.1.1. Ubicación de la zona del proyecto

El distrito de la Florida es uno de los trece distritos de la Provincia de San Miguel, en el Departamento de Cajamarca, cuenta con un acceso principal de aproximadamente 4 horas en carretera asfaltada por la Ciudad de Chiclayo, una superficie total de 61.33km², un clima templado y húmedo con temperaturas entre los 15°C y 26°C y una altitud variante entre los 1000 msnm en el centro de del distrito y 2000 msnm en la parte más alta.

Limita por el Norte con el distrito de Catache, por el Sur con el distrito de Niepos, por el este con el distrito de Calquis y por el Oeste con el distrito de Oyotún.



Figura 108 : Mapa de la provincia de San Miguel, Cajamarca

Fuente: Sistema de Información Ambiental Regional (SIAR) - Gobierno Regional de Cajamarca (GRC), 2013

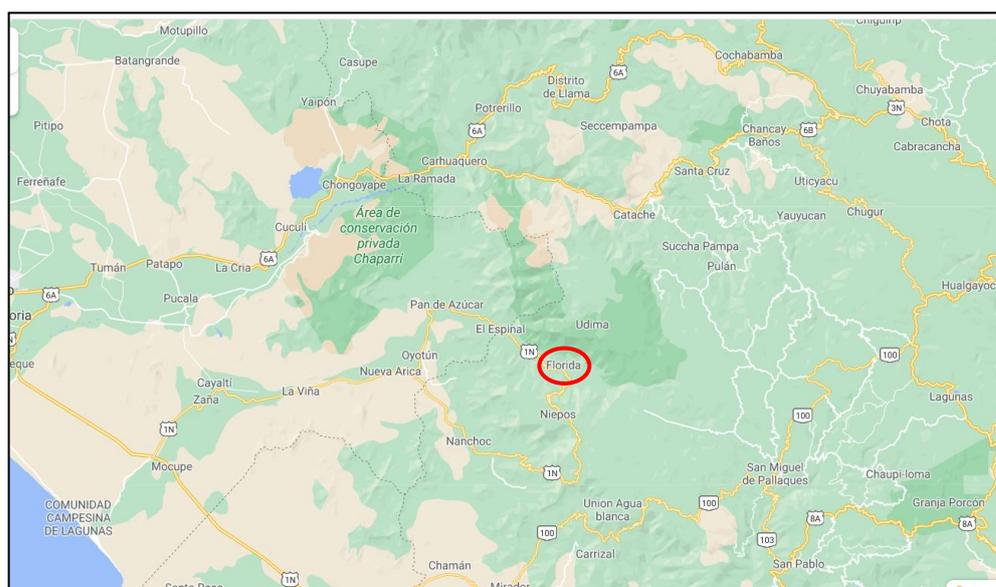


Figura 109 : Imagen satelital de ubicación de zona del proyecto

Fuente: Google Maps, 2021

Según Barnet y Jabrane (2014) el tipo de construcción predominante es vernácula, con 46.7% de viviendas de un piso y 40% de viviendas de dos pisos. Las viviendas cuentan en su mayoría con cimientos corridos reforzados con pirca de piedra y adobe, el piso de las viviendas es en un 77% de tierra compactada, los muros son de adobe en el centro de la Florida y de tapial en los caseríos aledaños, los techos construidos han considerado la protección de la lluvia, empleándose en un 75% la caña de guayaquil o guadua angustifolia y calamina, asimismo un 9% cuenta con letrinas en el exterior de sus viviendas.

5.1.2. Tipo de suelo

Con el propósito de realizar el diseño de la vivienda ecológica es necesario considerar ciertos parámetros específicos de la zona de investigación, tales como el tipo de suelo, empleándose para esto el Estudio de Mecánica de Suelos del Proyecto Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua Potable y Saneamiento en los caseríos de Limoncito, Carrizal, Vista Alegre, Ajosmayo, Montecristo y los anexos del Palmo, Sequez Bajo, Guarani, Piedra Angosta, La Cueva, y Hualanguito, en el Distrito de la Florida – San Miguel – Cajamarca realizado por la empresa Cimenta JBM E.I.R.L en Marzo del 2019 por encargo de la Municipalidad Distrital de la Florida, el cual consideró trabajos en campos y ensayos de laboratorio para determinar las principales características físicas y mecánicas del suelo de las áreas involucradas en dicho Proyecto, así como parámetros de resistencia y deformación ante diversas sollicitaciones de carga.

En base al citado estudio se determinó que el relieve de la zona de investigación es diverso, accidentado con pendientes que fluctúan entre los 5% y 15%, así como con zonas conformadas por laderas suaves poco accidentadas, que actualmente constituyen zonas urbanas del sector rural. Como parte del estudio se realizaron 44 perforaciones hasta alcanzar los 2 m de profundidad, no detectándose nivel freático en ninguna de estas, para posteriormente después de la aplicación de diversas pruebas de laboratorio clasificar las muestras según el Sistema Unificado de

Clasificación de Suelos – SUCS. Así pues, se determinó que el suelo del área del proyecto está conformado por una secuencia de materiales finos sedimentarios, aluviales, arcillas limosas de mediana plasticidad o arenas finas en matriz de arcilla limosa de mediana o nula plasticidad, concluyéndose que este está principalmente constituido por arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL). Adicionalmente se precisó que el riesgo de deslizamiento de tierras, huaycos o desborde de ríos es nulo. Cimenta JBM E.I.R.L (2019) estableció los siguientes datos generales asociados al tipo de suelo registrado:

Tabla 33 : Datos generales para suelos tipo CL

Ángulo de fricción	9.38°
Cohesión	0.36 gr/cm ²
Peso volumétrico húmedo del suelo	1.555 gr/cm ³
Relación ancho - largo (B/L)	0.12
Factor de Seguridad	3

Fuente: Elaboración propia, con valores de Cimenta JBM EIRL (2019)

Asimismo, el estudio determinó una capacidad portante:

$$Q_{adm} = 0.71 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad Q_{ult} = 2.13 \text{ Kg/cm}^2$$

Considerando un cimiento corrido con $H= 1$ y $B=1$

Siendo $H=$ Profundidad expresada en metros

$B=$ Ancho expresado en metros

El contenido de sales totales determinado con la toma de 44 muestras representativas obtuvo parámetros que lo tipifican como moderado, al tener un rango entre 0.019% y 0.041%, estando dentro del rango de “sin limitaciones”.

5.1.3. Parámetros sísmicos

a. Determinación de parámetros sísmicos que dependen de la ubicación de la edificación

En el estudio de Cimenta JBM E.I.R.L (2019) se ha clasificado a la zona de estudio como zona 3, siendo esto verificado en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (2018) y determinándose los parámetros sísmicos para la zona de investigación, como se observa en la Tabla N°34.

Tabla 34 : Parámetros sísmicos del distrito de la Florida, San Miguel, Cajamarca

Factores	Nomenclatura	Valores
Zona		3
Factor de Zona	Z(g)	0.35
Tipo de Suelo		S3
Amplificación del suelo	S	1.2
Periodo predominante de vibración	Tp	1
	Tl	1.6

Fuente: Elaboración propia

Referente a los parámetros se precisa:

Zona: Corresponde a la distribución espacial de la sismicidad observada, características de los movimientos sísmicos y atenuación con la distancia epicentral, en función al departamento, provincia y distrito donde se ubica la edificación.

Factor de zona: Se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad y depende de la zona.

Tipo de suelo: Corresponde al perfil del suelo, en este caso, un suelo cohesivo blando.

Amplificación de Suelo y Periodo predominante de vibración: Corresponde a parámetros que describen las condiciones locales, y se vinculan mediante la zona y el tipo de suelo.

b. Determinación de parámetros sísmicos que dependen del uso de la edificación

El Factor de Uso (U) es igual a 1, correspondiente a la categoría de la vivienda a diseñar, en este caso una edificación común representada por la vivienda ecológica.

c. Cálculo del periodo fundamental de vibración en cada dirección y factor de amplificación sísmica

Siendo:

$h_n = 2.95 \text{ m}$ = altura total de la edificación en metros

$C_t = 60$ = coeficiente para estimar el periodo fundamental de la edificación, considerándose el valor utilizado para edificios de albañilería al no existir en la NTP valores para el bambú.

Luego $T = \frac{h_n}{C_t} = 0.049$ = periodo fundamental de vibración

Al ser $T_p = 1$, como se observa en la Tabla N°34 y $T < T_p$,

entonces $C = 2.5$ = Factor de amplificación sísmica

d. Determinación de categoría de la edificación

La categoría de la edificación es igual a C, correspondiente a la categoría de la vivienda a diseñar, en este caso una edificación común representada por la vivienda ecológica.

e. Determinación del coeficiente básico de reducción

Se emplea como coeficiente básico de reducción el determinado para la madera, siendo $R_o = 7$

f. Determinación de factores de Irregularidad

El diseño no cuenta con irregularidades ni en planta ni en elevación, por lo que los factores de irregularidad I_a e I_p son iguales a 1.

g. Cálculo del coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

Siendo:

$R_0 = 7$ = coeficiente básico de reducción

$I_a = 1$ = factor por irregularidades estructurales en altura

$I_p = 1$ = factor por irregularidades estructurales en planta

Luego $R = 7$ = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

h. Cálculo de la fuerza cortante en la base

Empleando la fórmula (8)
$$V = \frac{Z U C S}{R} \times P \quad (8)$$

Reemplazando los valores antes obtenidos:

$$V = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.2}{7} \times P = 0.15 \times P$$

Siendo P el peso total de la edificación.

5.2. Diseño de la vivienda ecológica

5.2.1. Diseño arquitectónico

a. Distribución de la vivienda

La vivienda ecológica diseñada cuenta con un área total de 97.20m² y ha sido proyectada considerando una unidad familiar constituida por cuatro miembros. La puerta de ingreso permite el acceso al ambiente destinado a la sala – comedor con cocina abierta, cuenta con un área proyectada como taller de aproximadamente 13m² para el desarrollo de actividades vinculadas a la comercialización y producción de productos derivados de la caña guadua, la materia prima más importante generadora de la mayor cantidad de fuentes de empleo en este distrito. Cuenta adicionalmente con dos servicios higiénicos y dos dormitorios en la parte intermedia y posterior de la vivienda respectivamente. El diseño en planta y corte se observa en la Figura N°110 y Figura N°111.



Figura 110: Vista en planta de la vivienda ecológica

Fuente: Elaborado para la investigación con software Revit Architecture.

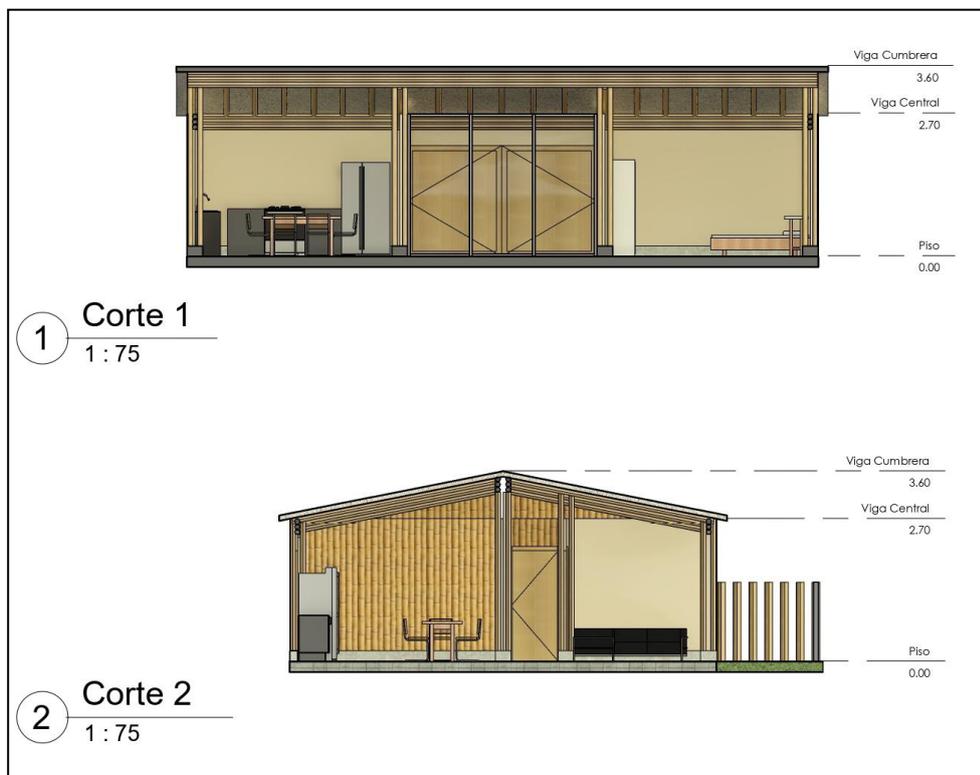


Figura 111 : Vista en corte de la vivienda ecológica

Fuente: Elaborado para la investigación con software Revit Architecture.

b. Detalle de acabados

La vivienda ecológica diseñada cuenta con los siguientes acabados:

- Puerta de ingreso y de interiores contraplacada de 35mm con triplay lupuna de 4mm de 0.90m x 2.10m y 0.80m x 2.10m, respectivamente, como se observa en la Figura N°113.
- Mamparas de vidrio incoloro de 6mm, como se observa en la Figura N°113.
- Tabiquería de bambú guadua angustifolia preservada para interiores, conformada por paneles de 1.20m x 2.50m de bambú rollizo y latilla de bambú, con acabado barniz al natural, como se observa en la Figura N°112 y Figura N°114.
- Inodoros Two Piece Sifon Jet Blanco.
- Lavatorios Fontana Blanco.
- Piso de loseta vinílica de 1.60mm. y 30.5cm x 30.5cm en servicios higiénicos.
- Cubierta Tecnoblock E=2” de 2.40 X 1.20m, como se observa en la Figura N°113.

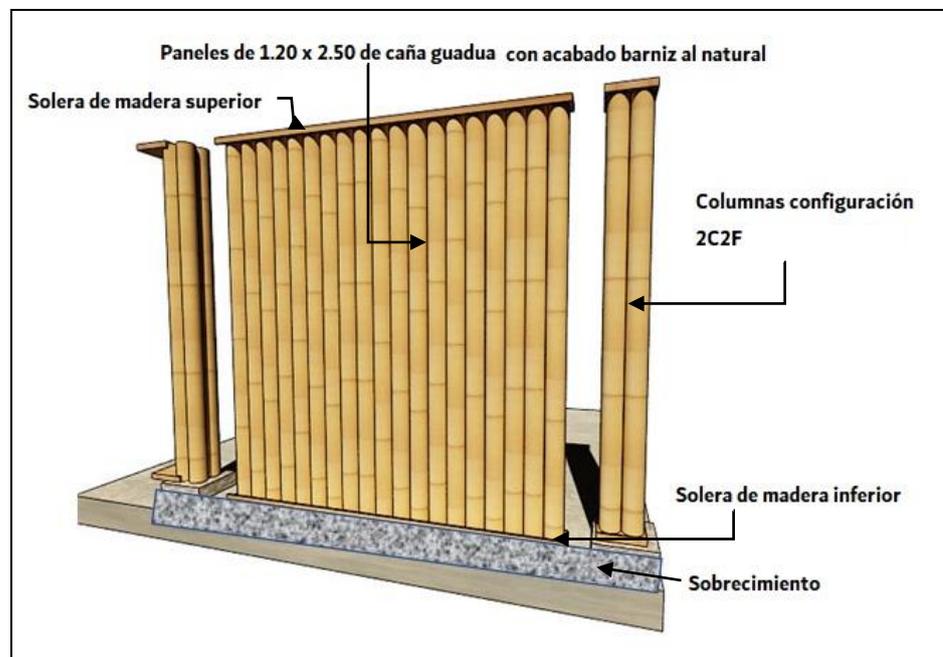


Figura 112 : Tabiquería de bambú preservado para interiores

Fuente: Elaboración propia, adaptada de “Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua” - Revista Daya, Elaborado por Delgado, G. (2017, p.86)



Figura 113 : Vista de puerta de ingreso, mamparas de vidrio y cubierta tecnoblock

Fuente: Elaborado para la investigación con software Revit Architecture.

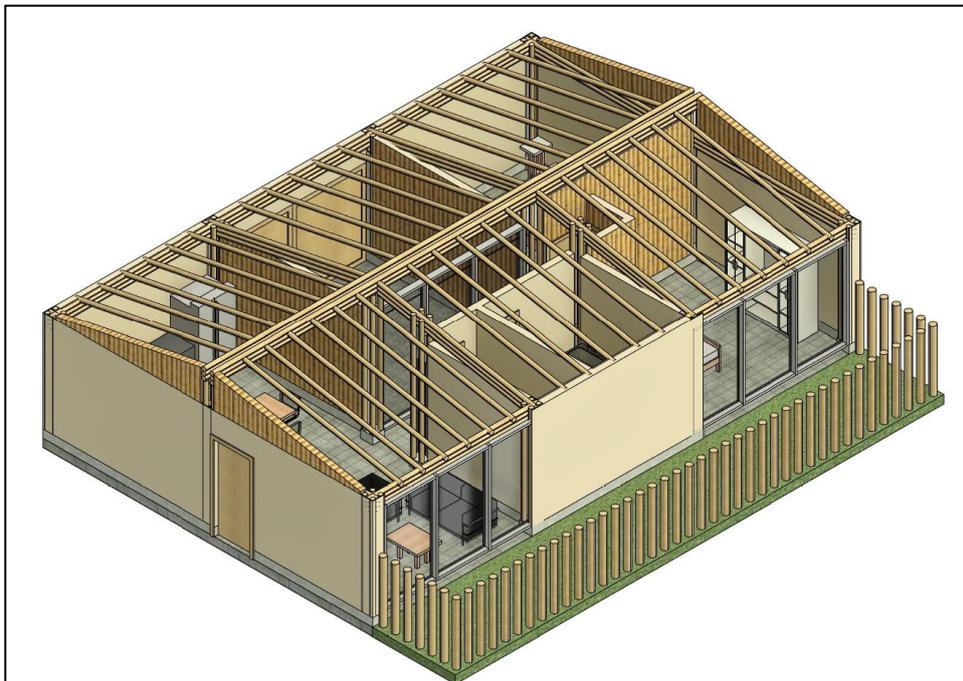


Figura 114: Detalle de tabiquería interior

Fuente: Elaborado para la investigación con software Revit Architecture.

5.2.2. Diseño estructural

a. Características de los materiales

En la vivienda ecológica se emplean los siguientes materiales como parte de sus elementos estructurales:

- Concreto $f'c = 245\text{kg/cm}^2$ para viga de cimentación y zapata de columnas
- Concreto $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ para sobrecimientos
- Columnas, vigas y viguetas de bambú guadua angustifolia preservada con configuraciones 2C2F, en el caso de columnas, 1C3F y 2C3F en el caso de vigas y 1C1F en el caso de viguetas.
- Muro de bambú guadua angustifolia preservada para cubrir el área perimetral, conformado por paneles de 1.20m x 2.50m, con pie derecho y arriostres de bambú rollizo, con cubierta de caña chancada, malla de gallinero y mortero de concreto de 1.5 cm por lado, como se observa en la Figura N°115.
- Acero de 3/8" y 5/8" como refuerzo de la viga de cimentación, zapata de columnas y ganchos en sobrecimiento.

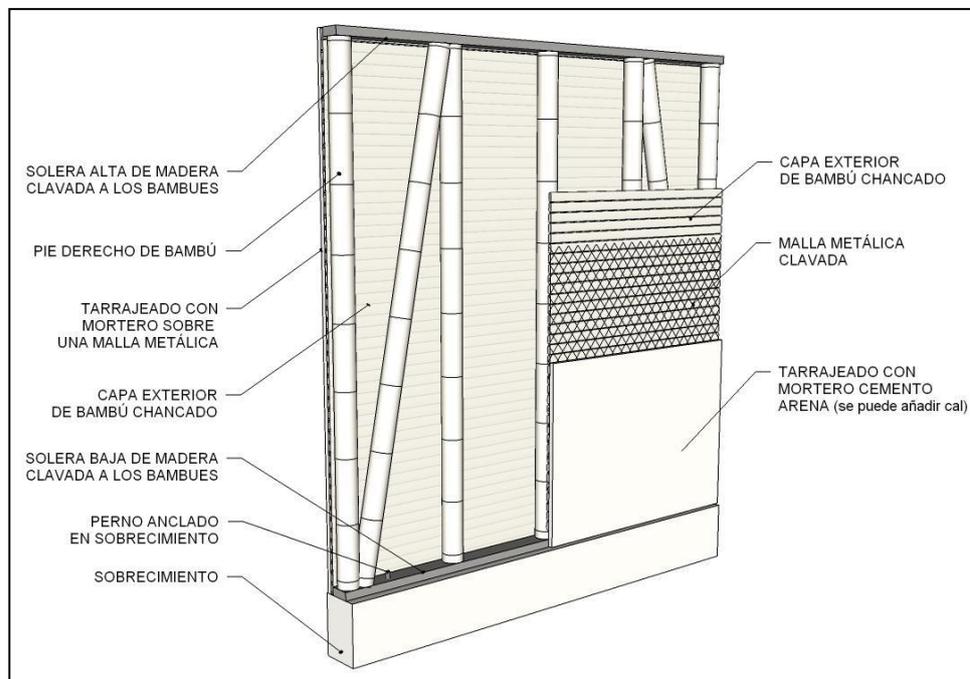


Figura 115 : Configuración de muros perimétricos

Fuente: Norma Técnica E.100 Bambú, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012, p.23)

b. Diseño de elementos estructurales

- Viga de cimentación

Según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS, s.a) las dimensiones mínimas de la viga de cimentación son de 0.30 m x 0.30 m, con acero de refuerzo longitudinal de 5/8" y estribos de 1/4" cada 0.20m. Los parámetros sísmicos de la edificación se observan en la Figura N°116 y la comprobación del predimensionamiento en la Figura N°117 y Figura N°118.

Las dimensiones comprobadas de la viga de cimentación se observan en la Figura N°119.

DATOS SISMICOS ✕

Tabla N° 5
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas, tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3 <input type="checkbox"/>
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos o instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0 <input checked="" type="checkbox"/>
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	<input type="text"/>

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₁	0,80 <input type="checkbox"/>	1,00 <input type="checkbox"/>	1,05 <input type="checkbox"/>	1,10 <input type="checkbox"/>
Z ₂	0,80 <input type="checkbox"/>	1,00 <input type="checkbox"/>	1,15 <input type="checkbox"/>	1,20 <input checked="" type="checkbox"/>
Z ₃	0,80 <input type="checkbox"/>	1,00 <input type="checkbox"/>	1,20 <input type="checkbox"/>	1,40 <input type="checkbox"/>
Z ₄	0,80 <input type="checkbox"/>	1,00 <input type="checkbox"/>	1,60 <input type="checkbox"/>	2,00 <input type="checkbox"/>

Nota:
S₀ = Roca Dura
S₁ = Roca o Suelos Muy Rígidos
S₂ = Suelos Intermedios
S₃ = Suelos Blandos

Figura 116 : Datos sísmicos de la edificación.

Fuente: Elaborado para la investigación con software propiedad de GBS Consultoría

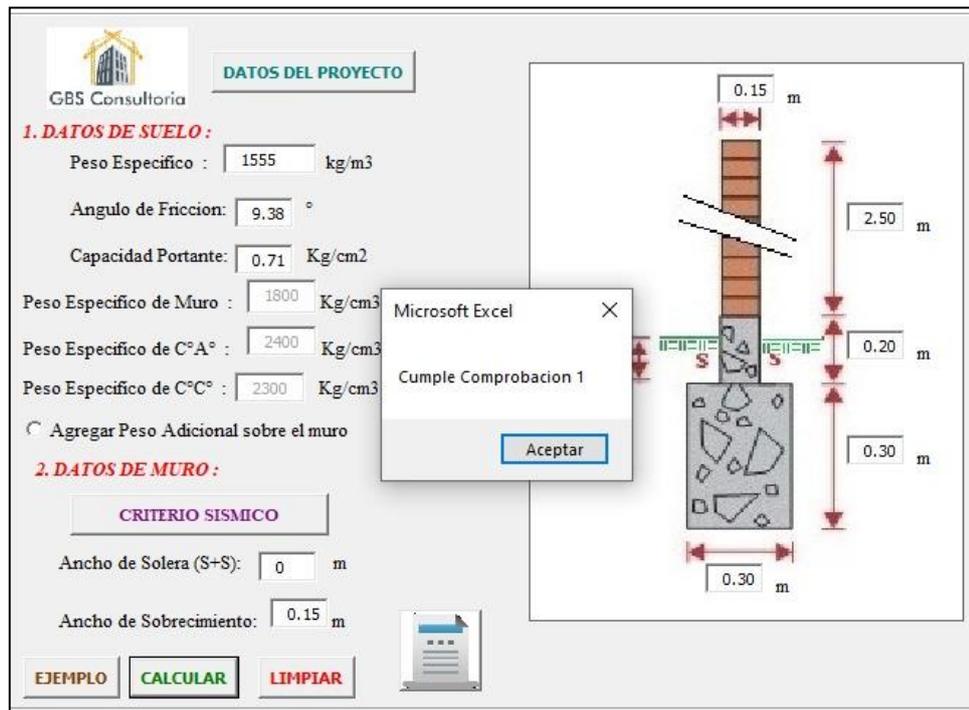


Figura 117 : Comprobación de predimensionamiento 1

Fuente: Elaborado para la investigación con software propiedad de GBS Consultoría

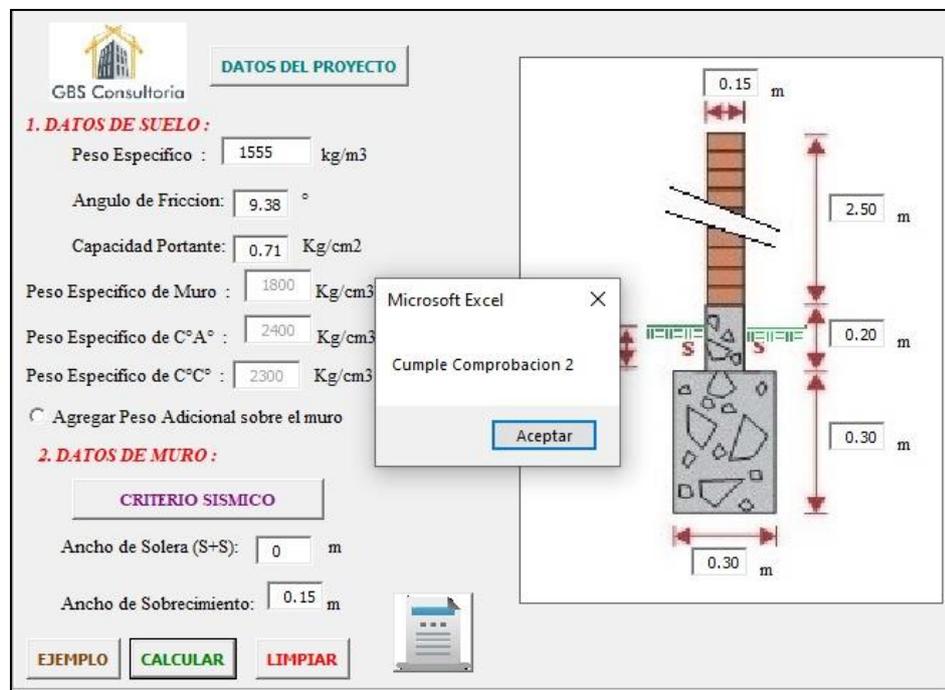


Figura 118 : Comprobación de predimensionamiento 2

Fuente: Elaborado para la investigación con software propiedad de GBS Consultoría

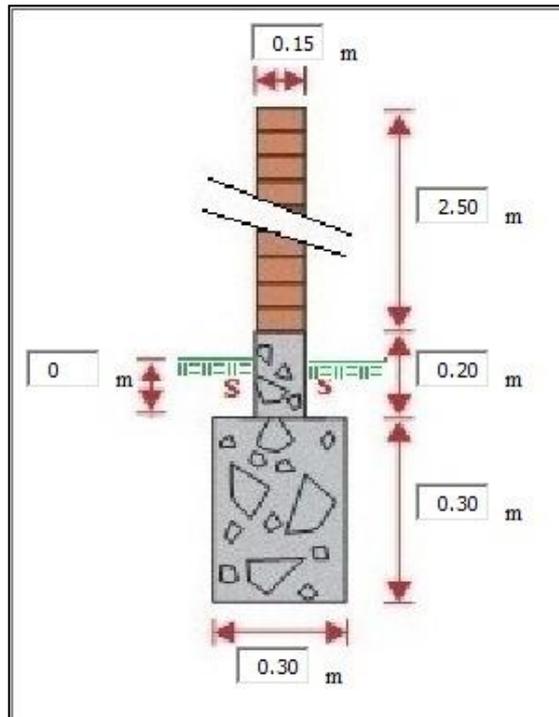


Figura 119 : Dimensiones comprobadas de la viga de cimentación

Fuente: Elaborado para la investigación con software propiedad de GBS Consultoría

- Zapatas

Las zapatas exteriores e interiores han sido predimensionadas considerando pedestales de 0.30m x 0.30m y bases de pedestal de 0.60m x 0.60m, se consideraron además parámetros propios del suelo de fundación y la carga viva y muerta propia de la edificación, como se observa en la Figura N°120, Figura N°121 y Figura N°122.

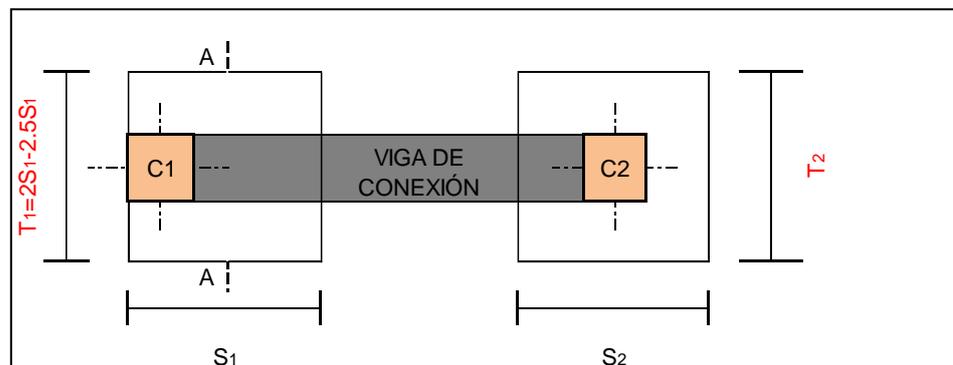


Figura 120: Predimensionamiento de zapatas conectadas

Fuente: Elaborado para la investigación con plantilla excel propiedad de Procivilnet

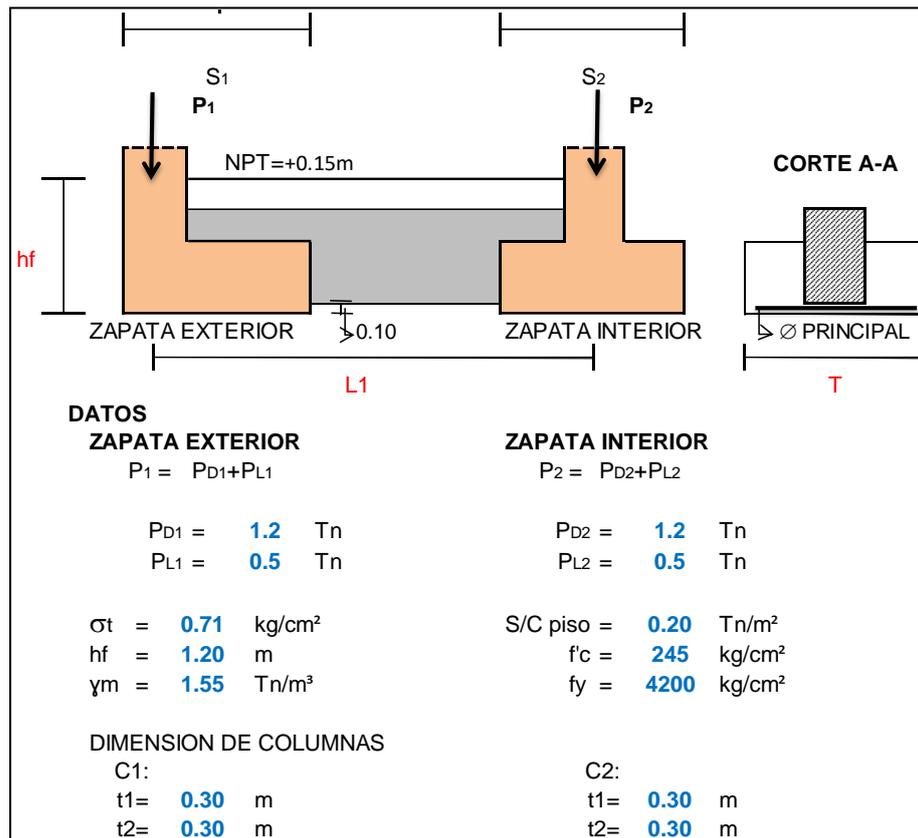


Figura 121: Predimensionamiento de zapatas conectadas

Fuente: Elaborado para la investigación con plantilla excel propiedad de Procivilnet

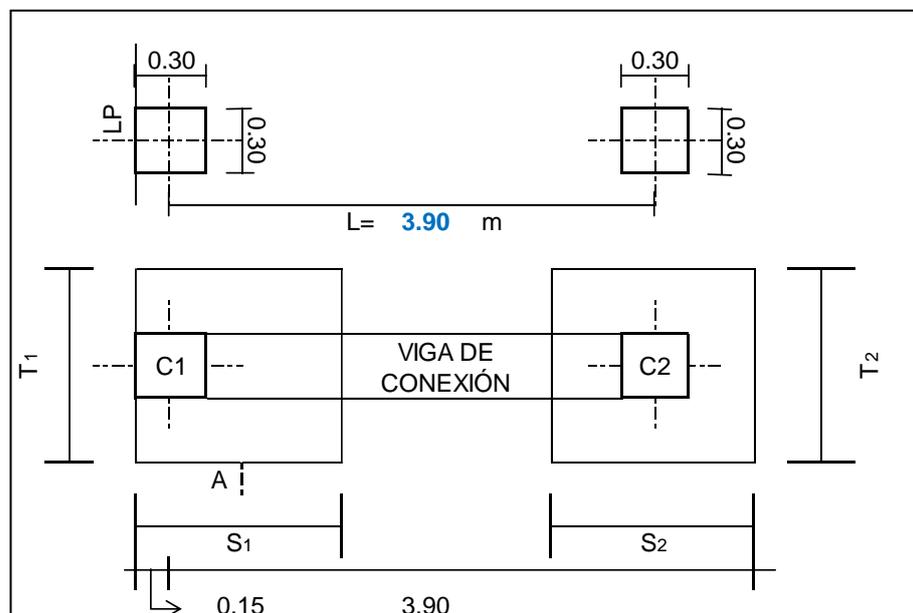


Figura 122 : Esquema de zapatas conectadas

Fuente: Elaborado para la investigación con plantilla excel propiedad de Procivilnet

En el Anexo 1 se detalla el cálculo de las dimensiones de la zapata, considerando una profundidad de cimentación de 1m y una altura de pedestal de 0.20m, así como el cálculo del acero de refuerzo, el cual estará dispuesto como se observa en la Figura N°123.

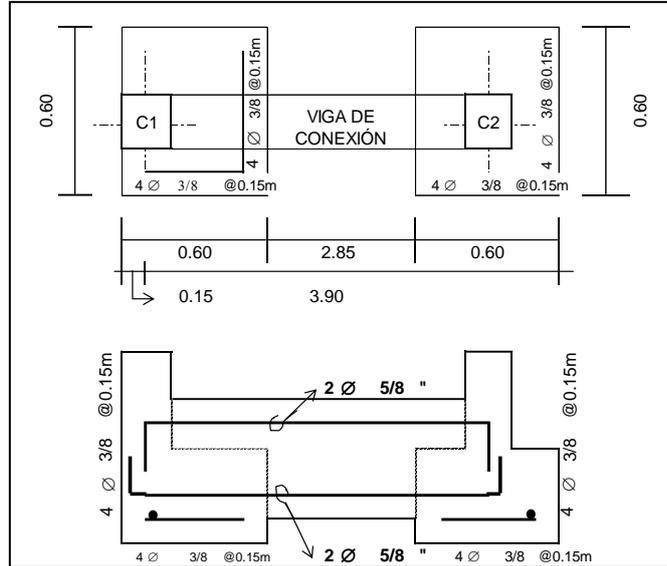


Figura 123: Detalle de acero de refuerzo en zapatas conectadas

Fuente: Elaborado para la investigación con plantilla excel propiedad de Procivilnet

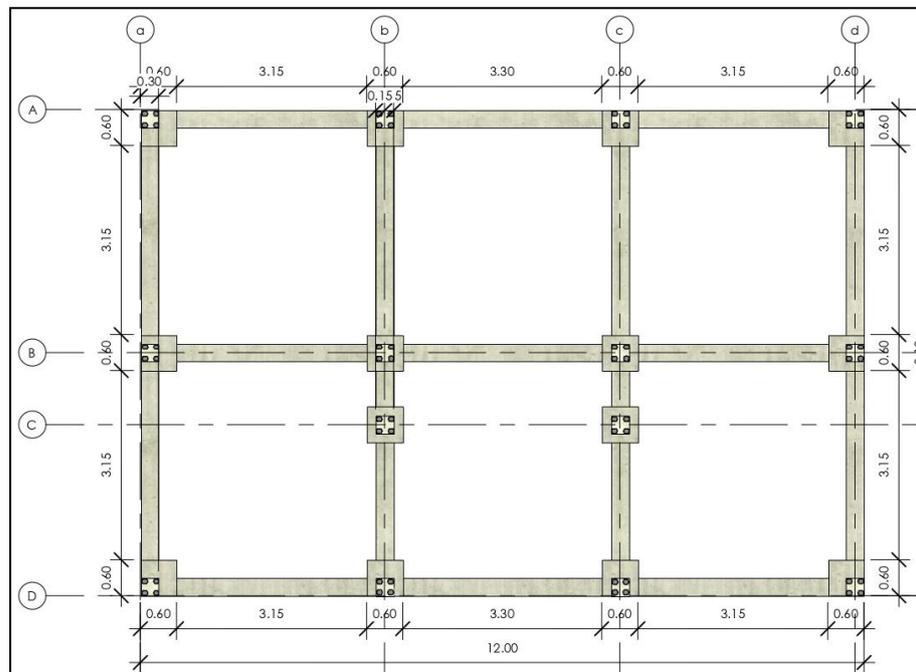


Figura 124: Detalle de cimentación de la vivienda ecológica

Fuente: Elaborado para la investigación con software Revit Architecture.

- Elementos estructurales con bambú

Los elementos estructurales de la vivienda ecológica consideran como parte predominante de su composición la utilización del bambú guadua angustifolia, por lo que para el diseño de estos elementos se utilizan los esfuerzos admisibles detallados en la Norma Técnica E.100 Bambú, los cuales se observan en la Tabla N°35.

Tabla 35 : Esfuerzos admisibles para el diseño de elementos estructurales

Esfuerzos Admisibles				
Flexión (f_m)	Tracción Paralela (f_t)	Compresión paralela (f_c)	Corte (f_v)	Compresión perpendicular ($f'_c D$)
5 Mpa	16 Mpa	13 Mpa	1 Mpa	1.3 Mpa
50 Kg/cm ²	160 Kg/cm ²	130 Kg/cm ²	10 Kg/cm ²	13 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Norma Técnica E.100 Bambú, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012, p.7)

Según lo indicado en la NTP E.100 Bambú el diseño se realiza con los esfuerzos admisibles modificados, los cuales son dados por la fórmula (9):

$$f'_i = f_i C_D C_L C_r \quad (9)$$

Siendo:

f'_i = Esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i

f_i = Esfuerzo admisible en la sollicitación i

C_D = Coeficiente de modificación por duración de carga

C_L = Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas

C_r = Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta.

Para el diseño se consideran los coeficientes que se observan en la Tabla N°36.

Tabla 36 : Coeficientes de modificación para esfuerzos admisibles

Coeficiente	Vigas	Columnas
C_D	0.9	0.9
C_L	0.95	1
C_r	1.1	1

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Norma Técnica E.100 Bambú, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012)

Obteniéndose los esfuerzos admisibles modificados detallados en la Tabla N°37

Tabla 37 : Esfuerzos admisibles modificados

Esfuerzos Admisibles modificados						
Elemento	Flexión (f'_m)	Tracción Paralela (f'_t)	Compresión paralela (f'_c)	Corte (f'_v)	Compresión perpendicular (f''_c D)	Unidades
Viga	4.70	15.05	12.23	0.94	1.22	Mpa
	47.03	150.48	122.27	9.41	12.23	Kg/cm ²
Columna	4.50	14.40	11.70	0.90	1.17	Mpa
	45.00	144.00	117.00	9.00	11.70	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la carga muerta y peso propio se considera:

- Vigas exteriores perimetrales de bambú guadua angustifolia ($\varnothing_{\text{exterior}}$:11cm) preservada con configuración 1C3F
- Viga cumbrera central de bambú guadua angustifolia ($\varnothing_{\text{exterior}}$:12cm) preservada con configuración 2C3F
- 34 viguetas de bambú guadua angustifolia dispuestas bajo la cobertura ($\varnothing_{\text{exterior}}$:11cm) preservada con configuración 1C1F
- Cubierta Tecnoblock E=2" de 2.40 X 1.20m

Obteniéndose el metrado de cargas que se observa en la Tabla N°38.

Tabla 38 : Metrado de cargas

Estructura	Peso unitario (kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Peso Total (Kg)	Carga por m ² (Kg/m ²)	Carga por m (Kg/m)
Cubierta Tecnoblock	36.00	1.20	2.40		12.50	
Viga perimetral de bambú	1.83	120.60		220.70	2.27	
Viguetas de bambú	1.83	132.60		242.66	2.50	
Viga cumbrera de bambú	2.00	23.40		46.80		12.00
S/C cubierta Tecnoblock					50.00	

Fuente: Elaboración propia

1. Viga perimetral (1C3F)

En base a la definición del elemento en el software CSI Etabs, se obtienen los parámetros físicos de la viga perimetral, como se observa en la figura N°125.

Item	Value
Area, cm ²	94.2
AS2, cm ²	64.2
AS3, cm ²	63.8
I33, cm ⁴	8792.5
I22, cm ⁴	1189.9
S33Pos, cm ³	532.9
S33Neg, cm ³	532.9
S22Pos, cm ³	216.3
S22Neg, cm ³	216.3
R33, cm	9.659
R22, cm	3.553
Z33, cm ³	786.1
Z22, cm ³	298.1
J, cm ⁴	2348.3
CG Offset 3 Dir, cm	-1.047E-04

Figura 125 : Parámetros físicos de la viga perimetral

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Luego del ingreso de cargas al software CSI Etabs se obtiene para la viga perimetral la siguiente fuerza cortante (V) y momento (M):

$$V = 285.41 \text{Kg}$$

$$M = 163.02 \text{ Kg-m}$$

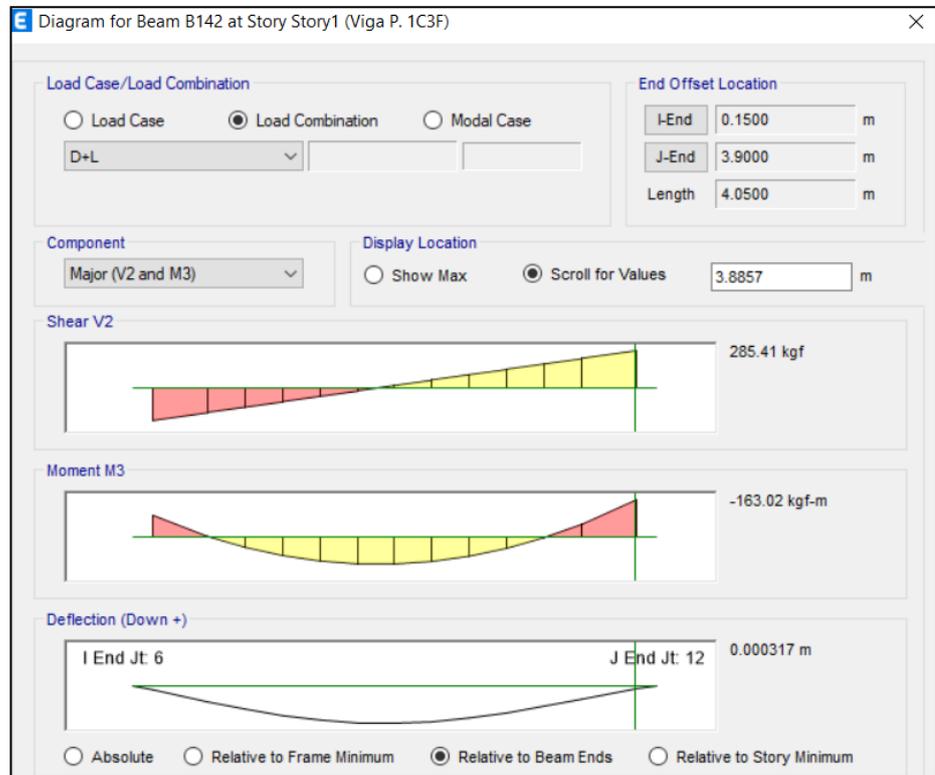


Figura 126 : Fuerza cortante y momento en viga perimetral

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Con los valores antes obtenidos, se procede a las comprobaciones por flexión, corte y aplastamiento con las fórmulas (10), (11) y (12) respectivamente.

- Comprobación por flexión

$$f_m = \frac{M}{S} < f'_m \quad (10)$$

Siendo:

f_m = Esfuerzo a flexión actuante

M = Momento actuante sobre el elemento

f'_m = Esfuerzo admisible modificado

S = módulo de sección del elemento

$$\text{Luego se obtiene } f_m = \frac{163.02 \text{ Kg-m}}{532.9 \text{ cm}^3} = 30.59 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla N°37 se verifica que f'_m es igual a 47.03 Kg/cm²

Se comprueba que $f_m < f'_m$, cumpliendo la sección 1C3F los criterios establecidos por flexión.

- Comprobación por corte

$$f_v = \frac{2 V (3 D_e^2 - 4 D_e t + 4 t^2)}{3 A (D_e^2 - 2 D_e t + 2 t^2)} \leq f'_v \quad (11)$$

Siendo:

f'_v = esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante

A = área de la sección transversal del elemento

D_e = diámetro externo promedio del elemento

t = espesor promedio del elemento

f'_v = esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes

V = fuerza cortante en la sección considerada

Luego se obtiene:

$$f_v = \frac{2 \times 285.41 \text{ Kg} \times (3 (11)^2 - 4 (11) (1) + 4 (1)^2) \text{ cm}}{3 \times 94.2 \text{ cm}^2 (11^2 - 2 (11) (1) + 2 (1)^2) \text{ cm}} = 6.46 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla N°37 se verifica que f'_v es igual a 9.41 Kg/cm²

Se comprueba que $f_v < f'_v$, cumpliendo la sección 1C3F los criterios establecidos por corte.

- Comprobación por aplastamiento

$$f'_{cl} = \frac{3 R D_e}{2 t^2 I} \leq f''_{cl} \quad (12)$$

Siendo:

f'_{cl} = Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan.

f'_{cl} = Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra

D_e = diámetro externo promedio del elemento

t = espesor promedio del elemento

I = longitud de apoyo

R = Fuerza aplicada en sentido perpendicular a las fibras.

Luego se obtiene:

$$f'_{cl} = \frac{3 \times 285.41 \text{ Kg} \times 11 \text{ cm}}{2 \times (6^2 \times 15) \text{ cm}^3} = 8.72 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla N°37 se verifica que f''_{cl} es igual a 12.23 Kg/cm²

Se comprueba que $f'_{cl} < f''_{cl}$, cumpliendo la sección 1C3F los criterios establecidos por aplastamiento.

2. Viga cumbrera (2C3F)

En base a la definición del elemento en el software CSI Etabs, se obtienen los parámetros físicos de la viga cumbrera, como se observa en la figura N°127.

Property Name	
Section Name	Viga C.2C3F
Base Material	Gak-Emin
Properties	
Item	Value
Area, cm2	207.3
AS2, cm2	142
AS3, cm2	145.1
I33, cm4	23067.1
I22, cm4	10626.4
S33Pos, cm3	1281.5
S33Neg, cm3	1281.5
S22Pos, cm3	885.5
S22Neg, cm3	885.5
R33, cm	10.548
R22, cm	7.159
Z33, cm3	1888.5
Z22, cm3	1236.1
J, cm4	12371.2

Figura 127 : Parámetros físicos de la viga cumbreira

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Luego del ingreso de cargas al software CSI Etabs se obtiene para la viga cumbreira la siguiente fuerza cortante (V) y momento (M):

$$V = 622.33\text{Kg}$$

$$M = 351.44 \text{ Kg-m}$$

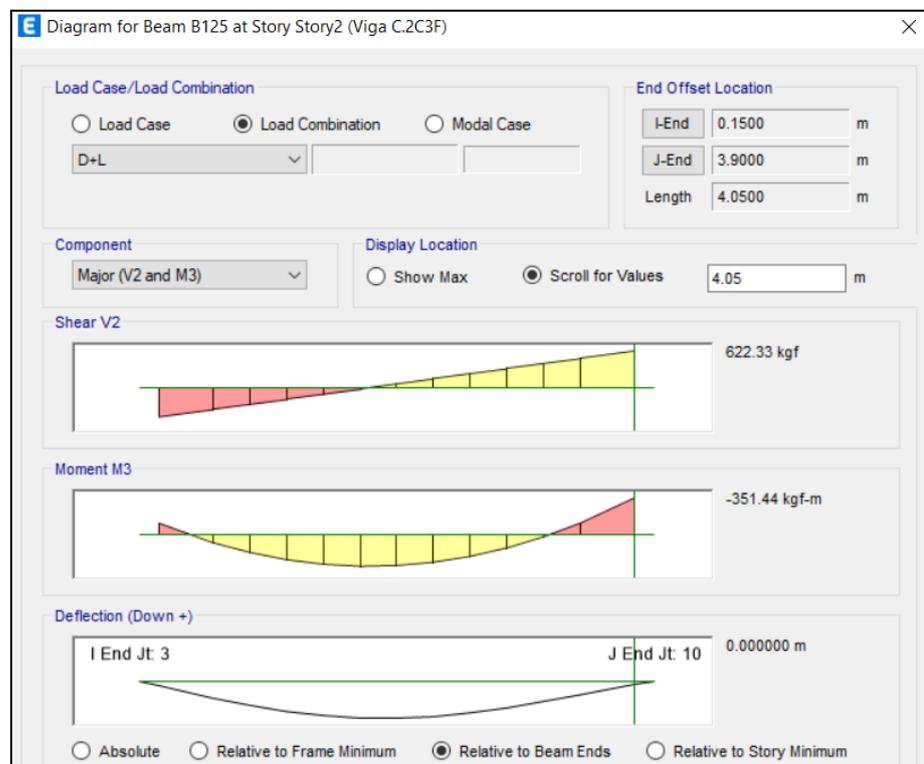


Figura 128 : Fuerza cortante y momento en viga cumbreira

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Con los valores antes obtenidos, se procede a las comprobaciones por flexión, corte y aplastamiento.

- Comprobación por flexión

$$f_m = \frac{M}{S} < f'_m \quad (10)$$

$$\text{Luego se obtiene } f_m = \frac{351.44 \text{ Kg-m}}{1281.5 \text{ cm}^3} = 27.42 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla N°37 se verifica que f'_m es igual a 47.03 Kg/cm²

Se comprueba que $f_m < f'_m$, cumpliendo la sección 2C3F los criterios establecidos por flexión.

- Comprobación por corte

$$f_v = \frac{2 V (3 D_e^2 - 4 D_e t + 4 t^2)}{3 A (D_e^2 - 2 D_e t + 2 t^2)} \leq f'_v \quad (11)$$

Luego se obtiene:

$$f_v = \frac{2 \times 622.33 \text{ Kg} \times (3 (12)^2 - 4 (12) (1) + 4 (1)^2) \text{ cm}}{3 \times 207.3 \text{ cm}^2 (12^2 - 2 (12) (1) + 2 (1)^2) \text{ cm}} = 6.37 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla N°37 se verifica que f'_v es igual a 9.41 Kg/cm²

Se comprueba que $f_v < f'_v$, cumpliendo la sección 2C3F los criterios establecidos por corte.

- Comprobación por aplastamiento

$$f'_{cl} = \frac{3 R D_e}{2 t^2 I} \leq f''_{cl} \quad (12)$$

Luego se obtiene:

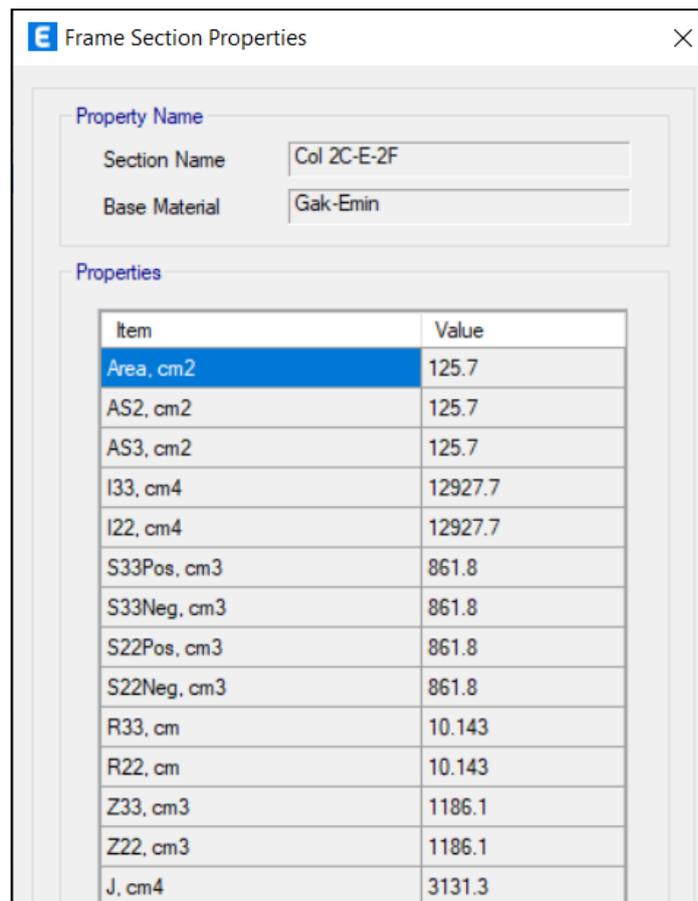
$$f'_{cl} = \frac{3 \times 622.33 \text{ Kg} \times 12 \text{ cm}}{2 \times (6^2 \times 30) \text{ cm}^3} = 10.37 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla N°37 se verifica que f'_{cl} es igual a 12.23 Kg/cm²

Se comprueba que $f'_{cl} < f''_{cl}$, cumpliendo la sección 2C3F los criterios establecidos por aplastamiento.

3. Columna (2C2F)

En base a la definición del elemento en el software CSI Etabs, se obtienen los parámetros físicos de la columna, como se observa en la figura N°129.



Item	Value
Area, cm2	125.7
AS2, cm2	125.7
AS3, cm2	125.7
I33, cm4	12927.7
I22, cm4	12927.7
S33Pos, cm3	861.8
S33Neg, cm3	861.8
S22Pos, cm3	861.8
S22Neg, cm3	861.8
R33, cm	10.143
R22, cm	10.143
Z33, cm3	1186.1
Z22, cm3	1186.1
J, cm4	3131.3

Figura 129: Parámetros físicos de la columna

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs

2019

Luego del ingreso de cargas al software CSI Etabs se obtiene para la columna la siguiente fuerza cortante (V) y momento (M):

$$V = 84.22 \text{ Kg}$$

$$M = 153.23 \text{ Kg-m}$$

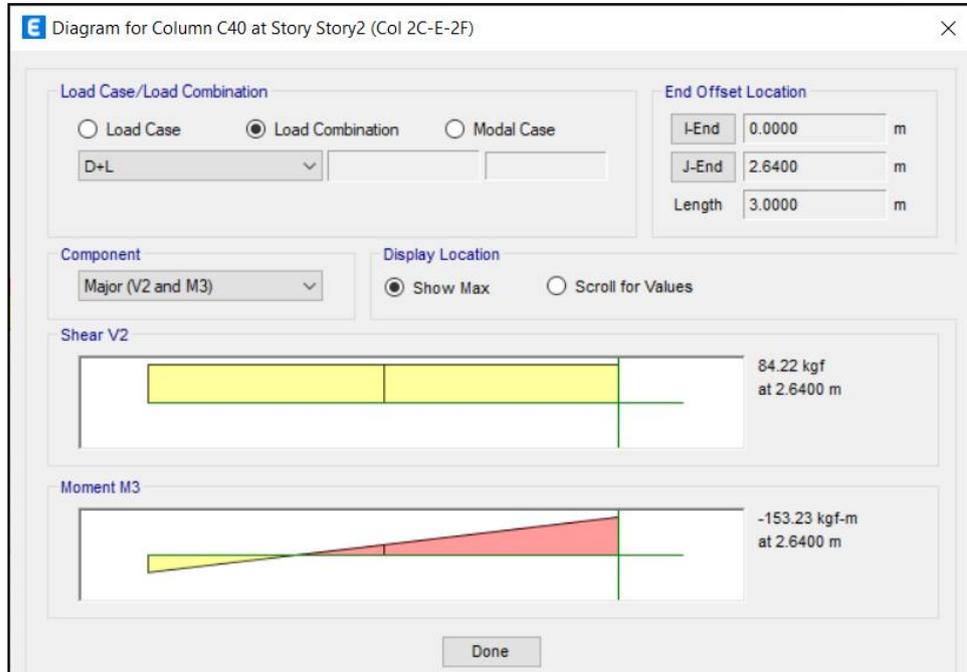


Figura 130 : Fuerza cortante y momento en columna

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

- Diseño por compresión axial

$$l_e = l_u k \tag{13}$$

Siendo

l_e = Longitud efectiva

l_u = Longitud no soportada lateralmente por el elemento

k = Coeficiente de longitud efectiva, en este caso igual a 2, considerando un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro extremo libre.

Luego se obtiene, reemplazando en la fórmula (13):

$$l_e = 2500 \times 2 = 5000 \text{ mm} = 500\text{cm}$$

Posteriormente se procede al cálculo de la esbeltez con la fórmula (14):

$$\lambda = \frac{l_e}{r} \quad (14)$$

Siendo:

λ = Relación de esbeltez del elemento

l_e = Longitud efectiva del elemento

r = radio de giro de la sección

Reemplazando:

$$\lambda = \frac{500\text{cm}}{10.143\text{cm}} = 49.30$$

Adicionalmente, se calcula C_k , que representa el límite entre las columnas largas y medias con la fórmula (15).

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}} \quad (15)$$

Siendo:

F'_c = esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras modificado

$E_{0.05}$ = módulo de elasticidad percentil 5

$$\text{Luego: } C_k = 2.565 \sqrt{\frac{7300\text{MPa}}{11.7\text{MPa}}} = 64.07$$

Se clasifica la columna en función a su esbeltez según la tabla N°39:

Tabla 39 : Clasificación de columnas según su esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Norma Técnica E.100 Bambú, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012, p.13)

- Comprobación por flexo y carga axial

Se realiza la comprobación del diseño por flexión con tensión axial, debiendo cumplirse la fórmula (16):

$$\frac{ft}{F't} + \frac{fb}{F'b} \leq 1,0 \quad (16)$$

Donde:

f_t = esfuerzo a tensión actuante.

$F't$ = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar.

f_b = esfuerzo a flexión actuante.

$F'b$ = esfuerzo a flexión admisible modificado.

Se procede a calcular f_t y f_b :

$$f_t = \frac{1592.74 \text{ kgf}}{125.7 \text{ cm}^2} = 12.67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_b = \frac{15323 \text{ kgf}}{861.8 \text{ cm}^2} = 17.78 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Luego se realiza la comprobación:

$$\frac{12.67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{144 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} + \frac{17.78 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0.48 \leq 1,0$$

Se comprueba que la sección escogida 2C2F cumple por flexión con tensión axial.

- Comprobación por flexo – compresión

Se realiza la comprobación del diseño por flexión con compresión, debiendo cumplirse la fórmula (17):

$$\frac{fc}{Nadm} + \frac{Km \times M}{Z \times fm} \leq 1,0 \quad (17)$$

Donde:

N =Carga axial aplicada.

Nadm= Carga axial admisible, calculada según las fórmulas de las columnas.

Km = Factor de magnificación de momentos.

M = Valor absoluto del momento flector máximo en los elementos.

Z = Módulo de sección con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión.

f_m = Esfuerzo admisible en flexión.

N_{cr} = Carga crítica de Euler para pandeo en la sección en que se aplican los momentos de flexión.

Se calcula Km mediante la fórmula (18):

$$Km = \frac{1}{1 - 1.5 \left(\frac{N}{Ncr}\right)} \quad (18)$$

Así mismo se realiza el cálculo de N_{cr} mediante la formula (19):

$$Ncr = \frac{\pi \times Emin \times I}{le^2} \quad (19)$$

Adicionalmente, al ser clasificada como columna intermedia se realiza el cálculo de Nadm con la fórmula (20):

$$N_{adm} = f_c \times A \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l}{Ck}\right)^4\right) \quad (20)$$

Luego:

$$N_{adm} = 130 \frac{kg}{cm^2} \times 125.7 \text{ cm}^2 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{49.03}{64.07}\right)^4\right) = 14472.96 \text{ kgf}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi \times 73000 \frac{kg}{cm^2} \times 12927.7 \text{ cm}^4}{(500 \text{ cm})^2} = 37256.66 \text{ kgf}$$

Reemplazando los valores en la fórmula (18):

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left(\frac{1592.74 \text{ kg}}{37256.66 \text{ kg}}\right)} = 1.07$$

Finalmente

$$\frac{1592.74 \text{ kg}}{14472.96 \text{ kg}} + \frac{1.07 \times 15323 \text{ kg} - cm}{1186.1 \text{ cm}^3 \times \left(50 \frac{kg}{cm^2}\right)} = 0.40 \leq 1,0$$

Se comprueba que la sección escogida 2C2F cumple por flexión – compresión.

5.3. Pruebas de Laboratorio

Como parte de la investigación se analizaron posibles proveedores de bambú guadua angustifolia en la zona Sur de Lima, en el distrito de Lurín específicamente, optándose por adquirir bambú en la zona Norte del Perú, como se observa en la Figura N°131, debido a que el bambú comercializado en la ciudad de Lima, se encontraba expuesto a la intemperie, con presencia notoria de hongos y sin fecha certera de la edad de corte.

El bambú adquirido procedió de la ciudad de Piura, fuente de acopio de productores de la zona Norte del Perú, cortado a los 4 años de edad y distribuido para fines estructurales.



Figura 131 : Adquisición de bambú preservado de 4 años en la zona norte del Perú
 Fuente: Elaboración propia

Se ensayaron muestras de bambú de la especie *guadua angustifolia*, procedente de la zona norte del Perú, con un diámetro promedio de 11cm, un distanciamiento promedio entre nudos de 35cm y 3 metros de longitud.

Asimismo, de las pruebas realizadas en el Laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería se obtuvieron los resultados detallados en el Anexo N°2 y consolidados en la Tabla N° 40.

Tabla 40 : Resultados de ensayos de corte, compresión y tensión

Ensayos	Valores registrados en Mpa			Valor promedio en Mpa
Resistencia al corte paralelo a las fibras	5.30	5.30	5.00	5.20
Resistencia a la compresión	33.00	42.50	41.30	38.93
Resistencia a la tensión	112.80	105.80	0.8 (*)	109.30

Fuente: Elaboración propia

(*) No considerado para efectos de cálculo por encontrarse fuera del rango promedio.

Para cada muestra ensayada se realizó el respectivo ensayo de contenido de humedad en la zona cercana a la falla, registrándose los resultados obtenidos en la Tabla N°41.

Tabla 41 : Ensayo de contenido de humedad en muestras ensayadas

Muestra	Contenido de Humedad			
	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor promedio
Muestras para ensayo de corte sin nudo (CR)	13.80%	18.80%	17.00%	16.53%
Muestras para ensayo de corte con nudo (CR)	17.20%	20.60%	17.00%	18.27%
Muestras para ensayo de compresión (C)	16.70%	17.90%	16.70%	17.10%

Fuente: Elaboración propia

El corte y maquinado de las muestras, así como los procedimientos seguidos en los ensayos fueron acordes a lo recomendado en la NTC-5525 (ICONTEC 2007), tal como se observa en la Figura N° 132, Figura N°133, Figura N°134 y Figura N°135.



Figura 132: Corte, maquinado y rotulado de muestras para ensayos

Fuente: Elaboración propia



Figura 133 : Ensayo de compresión
Fuente elaboración propia



Figura 134 : Ensayo de corte
Fuente: Elaboración propia



Figura 135: Ensayo de Tensión

Fuente: Elaboración propia

Para efectos comparativos se presenta la Tabla N°42, en la cual se observa los datos registrados por diversos autores para las pruebas mecánicas anteriormente descritas, verificándose que las pruebas obtenidas se encuentran dentro del rango promedio para los diversos parámetros.

Tabla 42 : Comparativo de propiedades mecánicas de la especie guadua angustifolia

FUENTE	DOCUMENTO	Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadua angustifolia Kunth del Ecuador.	Optimización de Unión en Guadua ante Solicitación de Fuerza Sísmica	Uniones Estructurales con bambú (Guadua angustifolia)	Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del bambú – Bagua – Amazonas.	Aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019
	AUTOR	Ing. Pedro Córdova	Ing. Raúl Prieto Alzate	Ing. Sergio Gutierrez Aliaga	Ing. Dimas Estacio Castañeda	Ing. Bandy Basilio Salvatierra Vega
UNIVERSIDAD	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. UCSG	Univ. Industrial de Santander	Universidad Nacional de Ingeniería	Universidad Nacional de Cajamarca	Universidad César Vallejo	
PARAMETRO	PAÍS-AÑOS-UNIDADES	Ecuador-2014	Colombia-2004	Perú - 2010	Perú - 2013	Perú - 2019
Resistencia última a la compresión de la caña guadúa	Mpa	37.76	42.94	44.37	30.96	35.44
Módulo de Elasticidad de compresión	Gpa	14.35				
Resistencia última a la tensión de la caña guadúa	Mpa	117.6	161.47	107.69		126.38
Módulo de Elasticidad de tensión	Gpa	8.31				
Resistencia última a la flexión de la caña guadúa	Mpa	45.85			36.76	46.06
Módulo de Elasticidad de flexión	Gpa	12.16			7.59	16.9
Resistencia última al esfuerzo cortante de la caña guadúa	Mpa	7.17	6.76	6.4		5.34

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – SE – Guadua, 2016)

5.4. Evaluación del comportamiento de la vivienda ecológica con CSI ETABS

Se procede a la creación de ejes considerando la distribución arquitectónica propuesta para la vivienda ecológica, como se observa en la Figura N°136.

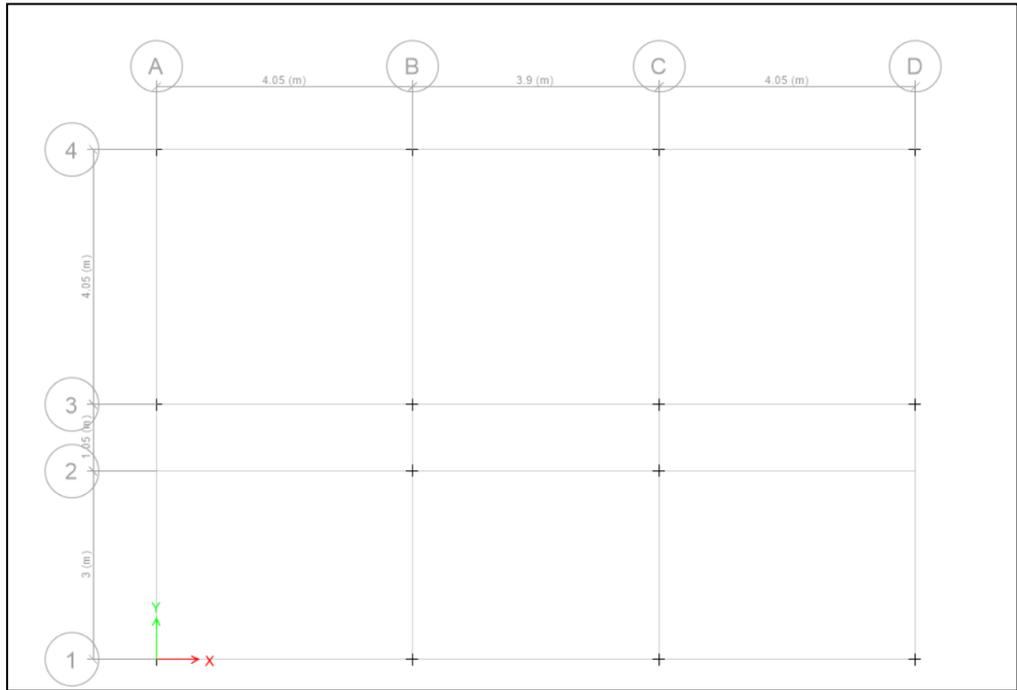


Figura 136 : Creación de Ejes

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Se definen las propiedades del bambú guadua angustifolia, considerando los parámetros mínimos indicados en la Norma Técnica E.100 Bambú, como se observa en la Figura N°137.

Figura 137 : Definición de propiedades del bambú guadua angustifolia

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Se procede al diseño de vigas, viguetas y a la asignación del material constituyente de estas, como se observa en la Figura N°138.

A

Property Name
Section Name: Viga P. 1C3F
Base Material: Gak-Emin

Properties

Item	Value
Area, cm2	94.2
AS2, cm2	64.2
AS3, cm2	63.8
I33, cm4	8792.5
I22, cm4	1189.9
S33Pos, cm3	532.9
S33Neg, cm3	532.9
S22Pos, cm3	216.3
S22Neg, cm3	216.3
R33, cm	9.659
R22, cm	3.553

B

Property Name
Section Name: Viga C.2C3F
Base Material: Gak-Emin

Properties

Item	Value
Area, cm2	207.3
AS2, cm2	142
AS3, cm2	145.1
I33, cm4	23067.1
I22, cm4	10626.4
S33Pos, cm3	1281.5
S33Neg, cm3	1281.5
S22Pos, cm3	885.5
S22Neg, cm3	885.5
R33, cm	10.548
R22, cm	7.159

C

Property Name
Section Name: Vigüeta 1C1F
Base Material: Gak-Emin

Properties

Item	Value
Area, cm2	31.4
AS2, cm2	21.3
AS3, cm2	21.3
I33, cm4	396.6
I22, cm4	396.6
S33Pos, cm3	72.1
S33Neg, cm3	72.1
S22Pos, cm3	72.1
S22Neg, cm3	72.1
R33, cm	3.553
R22, cm	3.553

Figura 138 : Diseño de vigas y viguetas (A: viga perimetral 1C3F, B: viga cumbreira 2C3F, C: viguetas 1C1F)

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Asimismo, se realiza el diseño de columnas, con la respectiva asignación del material constituyente, como se observa en la Figura N°139.

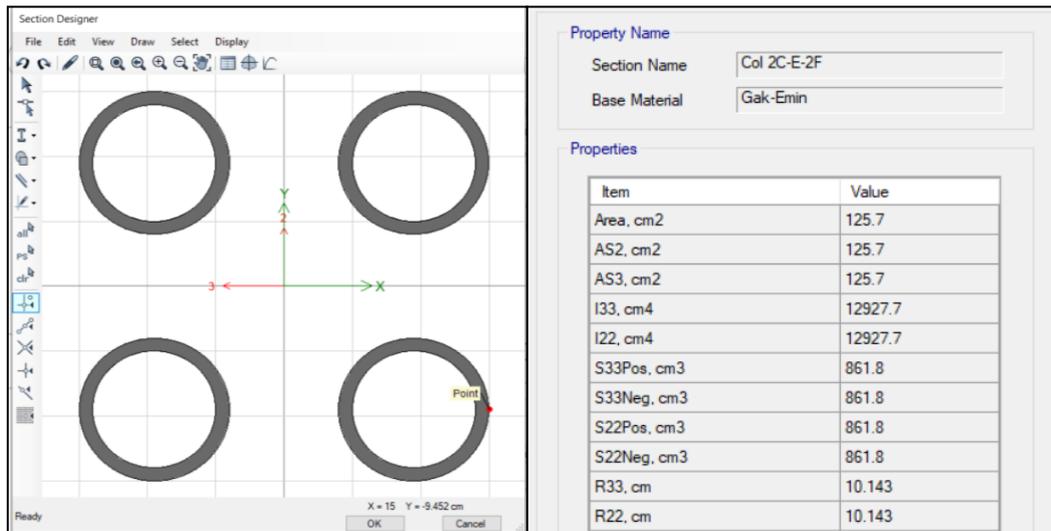


Figura 139 : Diseño de columnas 2C2F

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Posteriormente, se diseña la vivienda ecológica considerando la distribución y asignación de los elementos estructurales, como se observa en la Figura N°140.

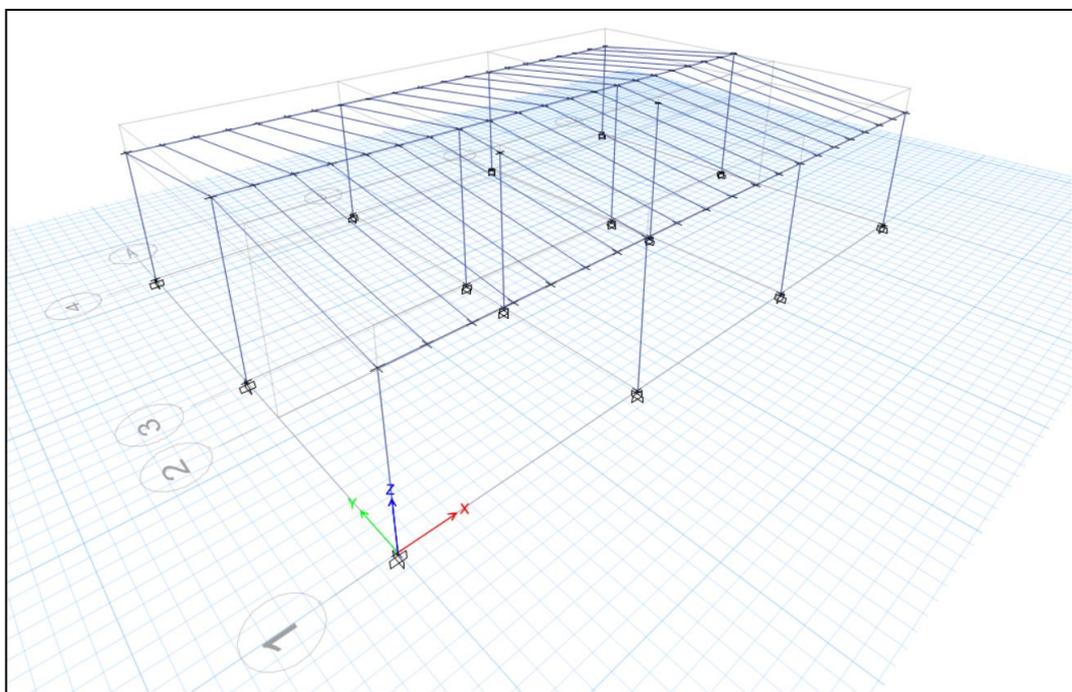


Figura 140 : Diseño de vivienda ecológica y asignación de elementos estructurales

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Se definen las cargas para la posterior creación de las combinaciones de estas, según lo considerado en la Norma Técnica E.020 Cargas, como se observa en la Figura N°141.

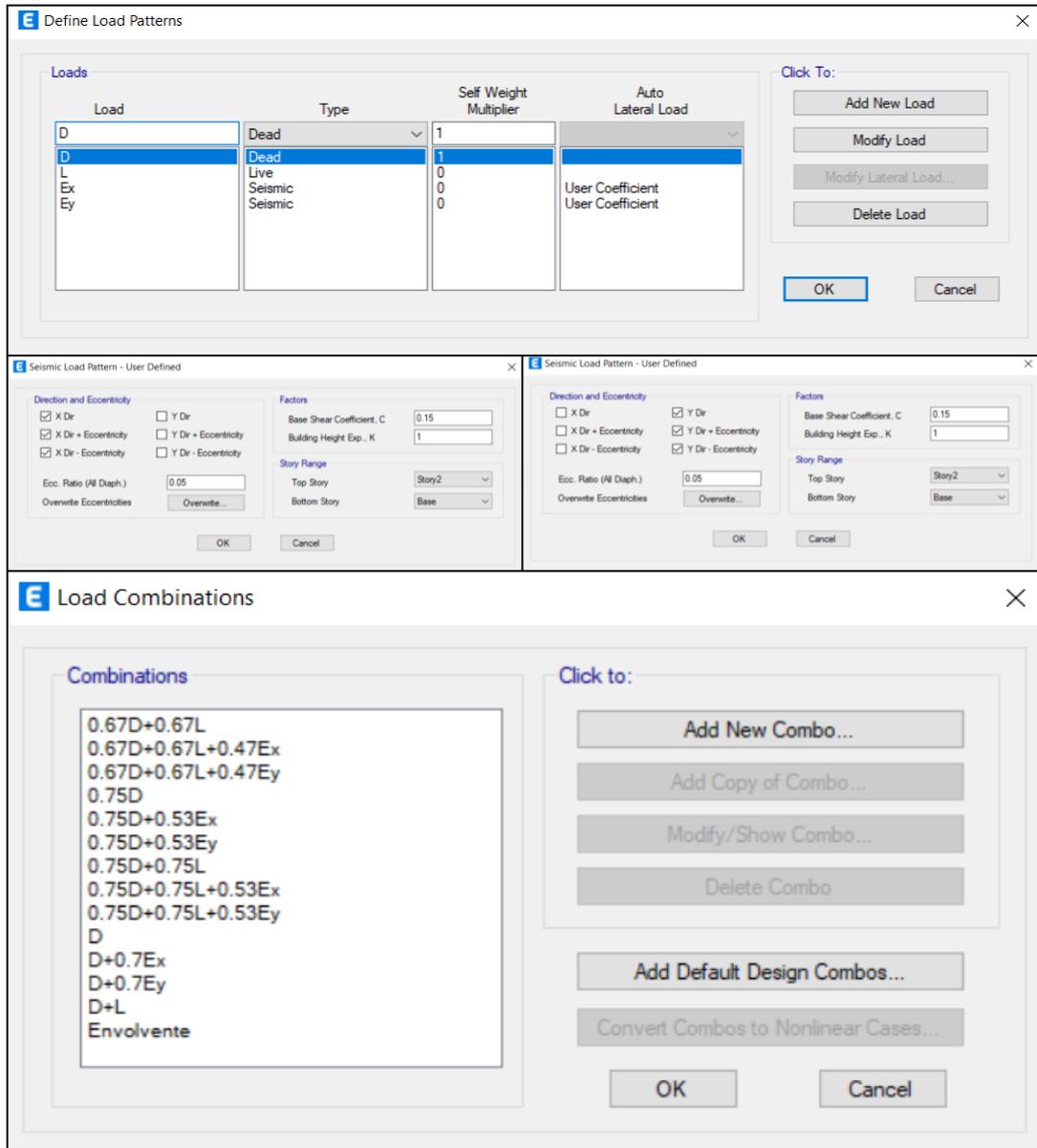


Figura 141 : Creación de combinaciones de carga

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

5.5. Costo de construcción de la vivienda ecológica y la tradicional

5.5.1. Análisis de costos unitarios de la vivienda ecológica

Tomando como base los rendimientos presentados por Chinchayán (2016), quien como parte de su investigación cronometró los tiempos de ejecución de las principales partidas en una construcción con bambú, tales como el armado e instalación de columnas y vigas, así como la instalación vertical de bambú como parte de un muro, como se observa en la Figura N°142, se elabora el análisis de costos unitarios para el diseño de la vivienda ecológica, precisando que no se utilizan los rendimientos detallados en dicha investigación, debido a la diferencia en la configuración de columnas, vigas y muros, sin embargo fue utilizado como punto de partida para determinar los rendimientos y cantidades en cada análisis.

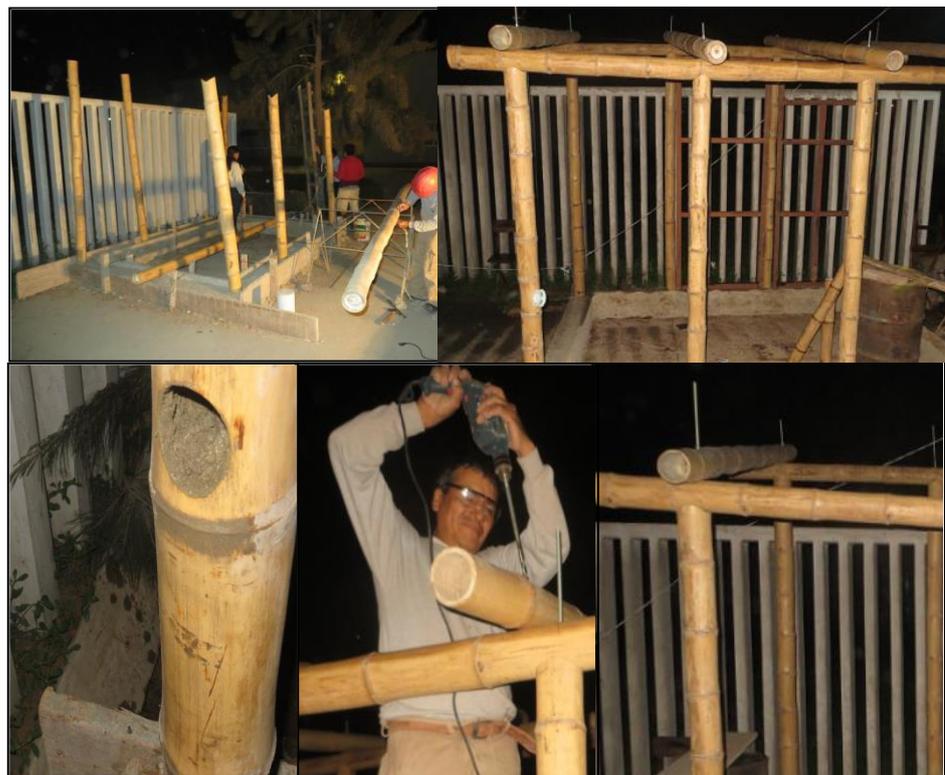


Figura 142 : Toma de tiempo de armado e instalación de columnas y vigas

Fuente: “Aportes de mano de obra y materiales, para la creación de partidas en la construcción con bambú (*Guadua angustifolia*)”, por Chinchayán, L. (2016, p.53, 60, 64, 66 y 67).

El análisis de costos unitarios detallado en el Anexo 3 corresponde a la totalidad de partidas empleadas en la vivienda ecológica, las cuales cuentan con precios de la Revista Costos al mes de Junio 2021. Se detalla a continuación solamente los análisis creados para las partidas que involucran el uso del bambú en su composición.

Tabla 43: Partida para columnas (configuración 2C2F)

Partida	07.01	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 2.5m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto				
Rendimiento	und/DIA	2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		281.44
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.8000	28.19	22.55
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	18.57	74.28
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	4.0000	24.00	96.00
						192.83
Materiales						
02040100030002	ALAMBRE GALVANIZADO N°16	kg		0.3320	3.94	1.31
02041200010009	CLAVOS DE 3"	kg		0.3320	5.85	1.94
0207010011	PIEDRA 3/8"	m3		0.0182	54.15	0.99
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0114	42.37	0.48
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0041	6.00	0.02
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2097	18.92	3.97
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		10.0000	4.33	43.30
0272080002	VARILLA J INVERTIDA DE 3/8"	und		4.0000	4.24	16.96
0290180010	SEPARADOR RETENEDOR METÁLICO	und		1.0000	10.00	10.00
						78.97
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	192.83	9.64
						9.64

Partida	07.02	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 3.0m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto				
Rendimiento	und/DIA	2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		290.10
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.8000	28.19	22.55
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	18.57	74.28
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	4.0000	24.00	96.00
						192.83
Materiales						
02040100030002	ALAMBRE GALVANIZADO N°16	kg		0.3320	3.94	1.31
02041200010009	CLAVOS DE 3"	kg		0.3320	5.85	1.94
0207010011	PIEDRA 3/8"	m3		0.0182	54.15	0.99
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0114	42.37	0.48
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0041	6.00	0.02
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2097	18.92	3.97
0231000002	BAMBU GUADUA	m		12.0000	4.33	51.96
0272080002	VARILLA J INVERTIDA DE 3/8"	und		4.0000	4.24	16.96
0290180010	SEPARADOR RETENEDOR METÁLICO	und		1.0000	10.00	10.00
						87.63
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	192.83	9.64
						9.64

Fuente: Elaborado para la investigación con software S10.

Tabla 44 : Partidas para vigas (configuraciones varias)

Partida	08.01 Suministro e instalación de bambú (configuración 2x3) para viga principal, incluye conexión con pernos a columna						
Rendimiento	und/DIA	1.5000	EQ. 1.5000	Costo unitario directo por : und		410.47	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	1.0667	28.19	30.07	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	5.3333	18.57	99.04	
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	5.3333	24.00	128.00	
						257.11	
Materiales							
0231000003	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=12CM)	m		24.3000	4.33	105.22	
0271050139	ESPARRAGO 3/8"	und		12.0000	2.54	30.48	
0271050140	ARANDELA 3/8"	und		24.0000	0.11	2.64	
0272010087	TUERCA 3/8"	und		24.0000	0.09	2.16	
						140.50	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	257.11	12.86	
						12.86	

Partida	08.02 Suministro e instalación de bambú (configuración 1x3) para vigas secundarias, incluye conexión con pernos a columna						
Rendimiento	und/DIA	2.5000	EQ. 2.5000	Costo unitario directo por : und		235.16	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.6400	28.19	18.04	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	3.2000	18.57	59.42	
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	3.2000	24.00	76.80	
						154.26	
Materiales							
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		12.1500	4.33	52.61	
0271050139	ESPARRAGO 3/8"	und		7.0000	2.54	17.78	
0271050140	ARANDELA 3/8"	und		14.0000	0.11	1.54	
0272010087	TUERCA 3/8"	und		14.0000	0.09	1.26	
						73.19	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	154.26	7.71	
						7.71	

Partida	08.03 Suministro e instalación de bambú (configuración 1x1) para viguetas, incluye conexión con pernos a columna						
Rendimiento	und/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und		74.04	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.2000	28.19	5.64	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	18.57	18.57	
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	1.0000	24.00	24.00	
						48.21	
Materiales							
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		4.0500	4.33	17.54	
0271050139	ESPARRAGO 3/8"	und		2.0000	2.54	5.08	
0271050140	ARANDELA 3/8"	und		4.0000	0.11	0.44	
0272010087	TUERCA 3/8"	und		4.0000	0.09	0.36	
						23.42	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	48.21	2.41	
						2.41	

Fuente: Elaborado para la investigación con software S10.

Tabla 45 : Partidas para muros

Partida	09.01 Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y caña chancada) para muros perimetrales, incluye diagonal					
Rendimiento	und/DIA	2.5000	EQ. 2.5000	Costo unitario directo por : und		316.70
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.6400	28.19	18.04
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	3.2000	18.57	59.42
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	3.2000	24.00	76.80
						154.26
Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.8000	5.85	4.68
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		7.8000	4.33	33.77
0231000004	CAÑA CHANCADA	m2		6.0000	12.12	72.72
02310900010002	SOLERA DE MADERA SUPERIOR 11/2"	m		1.2000	18.51	22.21
02310900010003	SOLERA DE MADERA INFERIOR 1"	m		1.2000	11.89	14.27
0272080003	VARILLA DE 3/8"	und		4.0000	2.54	10.16
						157.81
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	154.26	4.63
						4.63

Partida	09.02 Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y latilla de bambú) para tabiquería interior, incluye diagonal					
Rendimiento	und/DIA	2.5000	EQ. 2.5000	Costo unitario directo por : und		324.02
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.6400	28.19	18.04
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	3.2000	18.57	59.42
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	3.2000	24.00	76.80
						154.26
Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.8000	5.85	4.68
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		7.8000	4.33	33.77
0231000005	LATILLA DE BAMBÚ	m2		6.0000	13.34	80.04
02310900010002	SOLERA DE MADERA SUPERIOR 11/2"	m		1.2000	18.51	22.21
02310900010003	SOLERA DE MADERA INFERIOR 1"	m		1.2000	11.89	14.27
0272080003	VARILLA DE 3/8"	und		4.0000	2.54	10.16
						165.13
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	154.26	4.63
						4.63

Fuente: Elaborado para la investigación con software S10.

En el análisis de costos unitarios se considera el uso del bambú guadua angustifolia de 11cm y 12cm de diámetro, para muros, vigas y columnas respectivamente, considerando los costos locales de este suministro.

5.5.2. Presupuesto de la vivienda ecológica

Luego de realizado el Análisis de Costos Unitarios detallado en el Anexo 3, se procede a la cuantificación del metrado detallado en el Anexo 4, obteniéndose el presupuesto descrito a continuación con precios de la Revista Costos al mes de Junio 2021.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				1,015.74
01.01	Trazado y Replanteo s/equipo	m2	97.20	4.19	407.27
01.02	Refine, Nivel.y Compact./terreno Normal/con Pison Manual	m2	97.20	6.26	608.47
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				932.92
02.01	Excav. zanjas p/viga de cimentación Mat.suel.h=1.00 m.	m3	6.44	41.18	265.20
02.02	Excav. Zapatas Mat.suelto h=1.00 m	m3	5.29	47.06	248.95
02.03	Eliminacion Material - Manual Dh=30 M.(distancia Promedio)	m3	15.25	27.46	418.77
03	VIGA DE CIMENTACION				6,191.77
03.01	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2	18.41	27.49	506.09
03.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Viga Cimentacion	m3	5.52	408.52	2,255.03
03.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	577.55	5.94	3,430.65
04	ZAPATA DE COLUMNAS				3,203.09
04.01	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2	5.04	27.49	138.55
04.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Zapata	m3	5.29	384.04	2,031.57
04.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	173.90	5.94	1,032.97
05	SOBRECIMENTOS				2,704.70
05.01	Concreto F'c 175 Kg/cm2 Sobrecimiento Reforzado	m3	1.58	429.49	678.59
05.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	116.22	5.94	690.35
05.03	Encofrado y desencofrado normal sobrecimiento reforzado	m2	28.85	46.30	1,335.76
06	PISO DE CONCRETO				2,324.61
06.01	Falsopiso de 3" con Mezc.1:8 C:h	m2	88.02	26.41	2,324.61
07	COLUMNAS				3,974.80
07.01	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 2.5m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto	und	10.00	281.44	2,814.40
07.02	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 3.0m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto	und	4.00	290.10	1,160.40
08	VIGAS				6,100.37
08.01	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x3) para viga principal, incluye conexión con pernos a columna	und	3.00	410.47	1,231.41
08.02	Suministro e instalación de bambú (configuración 1x3) para vigas secundarias, incluye conexión con pernos a columna	und	10.00	235.16	2,351.60
08.03	Suministro e instalación de bambú (configuración 1x1) para viguetas, incluye conexión con pernos a columna	und	34.00	74.04	2,517.36

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
09	MAMPOSTERIA				16,725.28
09.01	Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y caña chancada) para muros perimetrales, incluye diagonal	und	30.00	316.70	9,501.00
09.02	Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y latilla de bambú) para tabiquería interior, incluye diagonal	und	9.00	324.02	2,916.18
09.03	Colocación de mortero (Mez.c.c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.) sobre malla de gallinero	m2	167.50	25.72	4,308.10
10	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				2,605.23
10.01	Salida de Techo C/tub.sel(3/4) Cable Tw14,cajas Livianas	und	9.00	96.49	868.41
10.02	Salida de Pared C/tub.sel(3/4) Cable Tw 14,caja Liviana	pto	18.00	96.49	1,736.82
11	INSTALACIONES EN SERVICIOS HIGIÉNICOS				3,695.96
11.01	Suministro y colocacion de Aparatos Sanitarios	und	2.00	645.15	1,290.30
11.02	Ceramico Pared Blanco Brillante 24x40 Cm De 1ra. (interior, Junta 2mm)	m2	20.88	71.01	1,482.69
11.03	Piso Loseta Vinilica 1.6 Mm. 30.5x30.5 Cm	m2	9.32	30.05	280.07
11.04	Salida de agua Fria pvc inc.tuberia y accesorios 1/2"	pto	6.00	107.15	642.90
12	COBERTURA				4,393.83
12.01	Cubierta Tecnoblock E=2" (2.40 X 120m)	m2	116.64	37.67	4,393.83
13	ACABADOS				1,393.43
13.01	Pintura Muros Exteriores Vinilica 2 Manos C/imprimante P/gal	m2	60.75	12.15	738.11
13.02	Pintura Muros Interiores Vinilica-2 Manos C/imprimante P/kg.	m2	67.42	9.72	655.32
14	OTROS				7,854.12
14.01	Puertas Contraplacadas E=35 Mm C/triplay Lupuna 4 mm.	m2	16.38	220.39	3,609.99
14.02	Vidrio Templado Incoloro 6mm	m2	27.00	157.19	<u>4,244.13</u>
	Costo Directo				63,115.85

Del análisis realizado se observa en la Figura N°143 el impacto porcentual de las partidas en el costo total de la vivienda ecológica, observándose que los muros representan el 28.71% del presupuesto, seguido de la estructura de vigas y techo con un 16.63% de incidencia en el presupuesto, asimismo debido a la composición de la vivienda la partida movimiento de tierras representa tan solo el 1.48% del presupuesto, ya que al ser una estructura ligera su cimentación no requiere de grandes volúmenes de excavación.

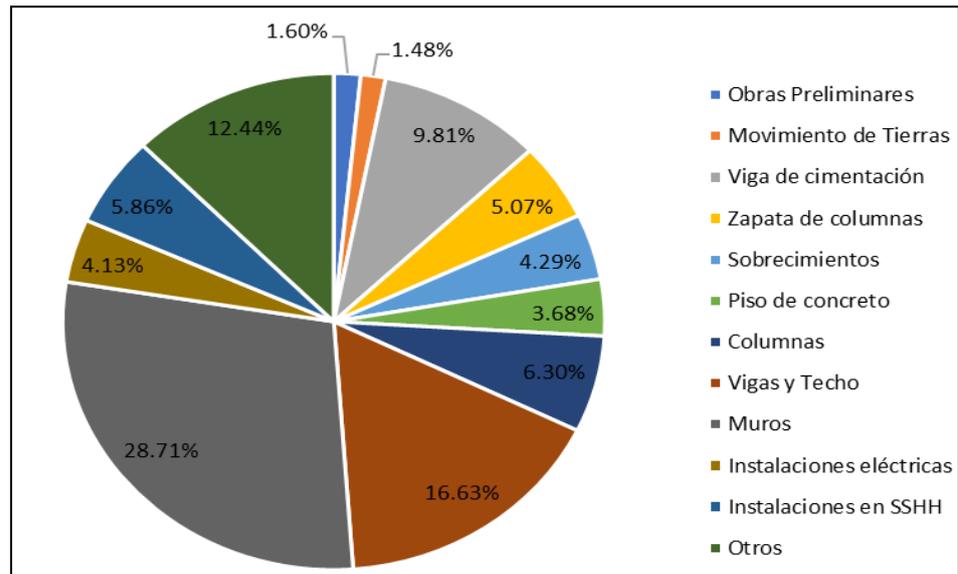


Figura 143: Impacto de las partidas en el costo de la vivienda ecológica
Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Presupuesto de la vivienda tradicional

Luego de realizado el Análisis de Costos Unitarios detallado en el Anexo 5, se procede a la cuantificación del metrado detallado en el Anexo 6, obteniéndose el presupuesto descrito a continuación con precios de la Revista Costos al mes de Junio 2021.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				1,015.74
01.01	Trazado y Replanteo s/equipo	m2	97.20	4.19	407.27
01.02	Refine, Nivel.y Compact./terreno Normal/con Pison Manual	m2	97.20	6.26	608.47
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,041.60
02.01	Excav. zanjas p/viga de cimentación Mat.suel.h=1.00 m.	m3	20.86	41.18	859.01
02.02	Excav. Zapatas Mat.suelto h=1.00 m	m3	5.29	47.06	248.95
02.03	Eliminacion Material - Manual Dh=30 M.(distancia Promedio)	m3	34.00	27.46	933.64
03	VIGA DE CIMENTACION				14,144.63
03.01	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2	24.54	27.49	674.60
03.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Viga Cimentacion	m3	19.63	408.52	8,019.25
03.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	917.64	5.94	5,450.78
04	ZAPATA DE COLUMNAS				2,260.03
04.01	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2	5.04	27.49	138.55
04.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Zapata	m3	5.04	384.04	1,935.56
04.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	31.30	5.94	185.92
05	SOBRECIMENTOS				2,558.85
05.01	Concreto F'c 175 Kg/cm2 Sobrecimiento Reforzado	m3	1.58	429.49	678.59
05.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	116.22	5.94	690.35
05.03	Encofrado y desencofrado normal sobrecimiento reforzado	m2	25.70	46.30	1,189.91

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
06	PISO DE CONCRETO				2,324.61
06.01	Falsopiso de 3" con Mezc.1:8 C:h	m2	88.02	26.41	2,324.61
07	COLUMNAS				7,672.26
07.01	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Columna	m3	3.40	543.80	1,848.92
07.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	468.80	5.94	2,784.67
07.03	Encofrado y Desencofrado Normal Columna	m2	45.36	66.99	3,038.67
08	VIGAS				10,863.26
08.01	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Viga	m3	7.34	393.21	2,886.16
08.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	486.60	5.94	2,890.40
08.03	Encofrado y Desencofrado Normal Vigas Rectas	m2	67.32	75.56	5,086.70
09	MAMPOSTERIA				10,008.06
09.01	Muro Ladr. K-k De Soga Mezc.c:c:a 1:2:9 C.v.,tipo Iv	m2	114.00	87.79	10,008.06
10	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
10.01	Salida de Techo C/tub.sel(3/4) Cable Tw14,cajas Livianas	und	9.00	96.49	868.41
10.02	Salida de Pared C/tub.sel(3/4) Cable Tw 14,caja Liviana	pto	18.00	96.49	1,736.82
11	INSTALACIONES EN SERVICIOS HIGIÉNICOS				3,695.96
11.01	Suministro y colocacion de Aparatos Sanitarios	und	2.00	645.15	1,290.30
11.02	Ceramico Pared Blanco Brillante 24x40 Cm De 1ra. (interior, Junta 2mm)	m2	20.88	71.01	1,482.69
11.03	Piso Loseta Vinilica 1.6 Mm. 30.5x30.5 Cm	m2	9.32	30.05	280.07
11.04	Salida de agua Fria pvc inc.tuberia y accesorios 1/2"	pto	6.00	107.15	642.90
12	LOSAS ALIGERADAS				12,967.98
12.01	Ladrillo Arcilla Para Techo 12x30x30 Cm	und	777.60	3.08	2,395.01
12.02	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Losa Aligerada	m3	10.69	369.54	3,950.38
12.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	kg	329.46	5.94	1,956.99
12.04	Encofrado y Desencofrado Normal Losa Aligerada	m2	97.20	48.00	4,665.60
13	ACABADOS				10,579.98
13.01	Tarrajeo Muros Ext.frotachado Mez=c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.	m2	95.73	27.79	2,660.34
13.02	Tarrajeo Muros Int.frotachado Mez.c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.	m2	219.51	21.06	4,622.88
13.03	Pintura Muros Exteriores Vinilica 2 Manos C/imprimante P/gal	m2	95.73	12.15	1,163.12
13.04	Pintura Muros Interiores Vinilica-2 Manos C/imprimante P/kg.	m2	219.51	9.72	2,133.64
14	OTROS				7,854.12
14.01	Puertas Contraplacadas E=35 Mm C/triplay Lupuna 4 mm.	m2	16.38	220.39	3,609.99
14.02	Vidrio Templado Incoloro 6mm	m2	27.00	157.19	<u>4,244.13</u>
	Costo Directo				90,592.31

Del análisis realizado se aprecia en la Figura N°144 el impacto porcentual de las partidas en el costo total de la vivienda tradicional, observándose que las vigas y techo representan el 26.31% del presupuesto, seguido de los muros con un 22.73% de incidencia en el presupuesto, asimismo debido a la composición de la vivienda la partida viga de cimentación representa el 15.61% del presupuesto, ya que al ser una estructura robusta su cimentación requiere mayores dimensiones comparada con las de la vivienda ecológica.

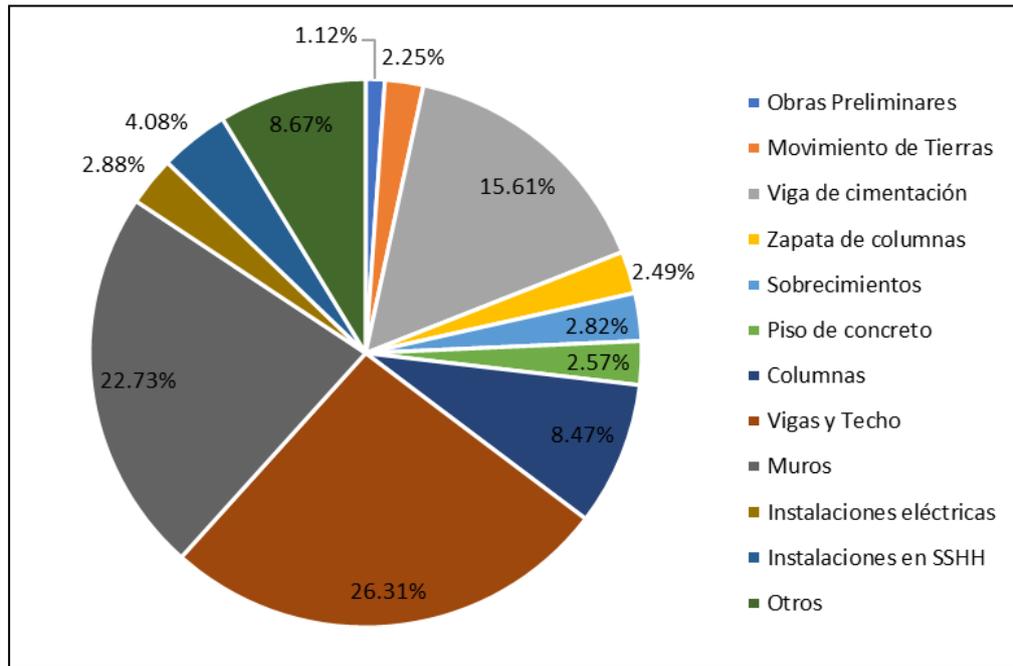


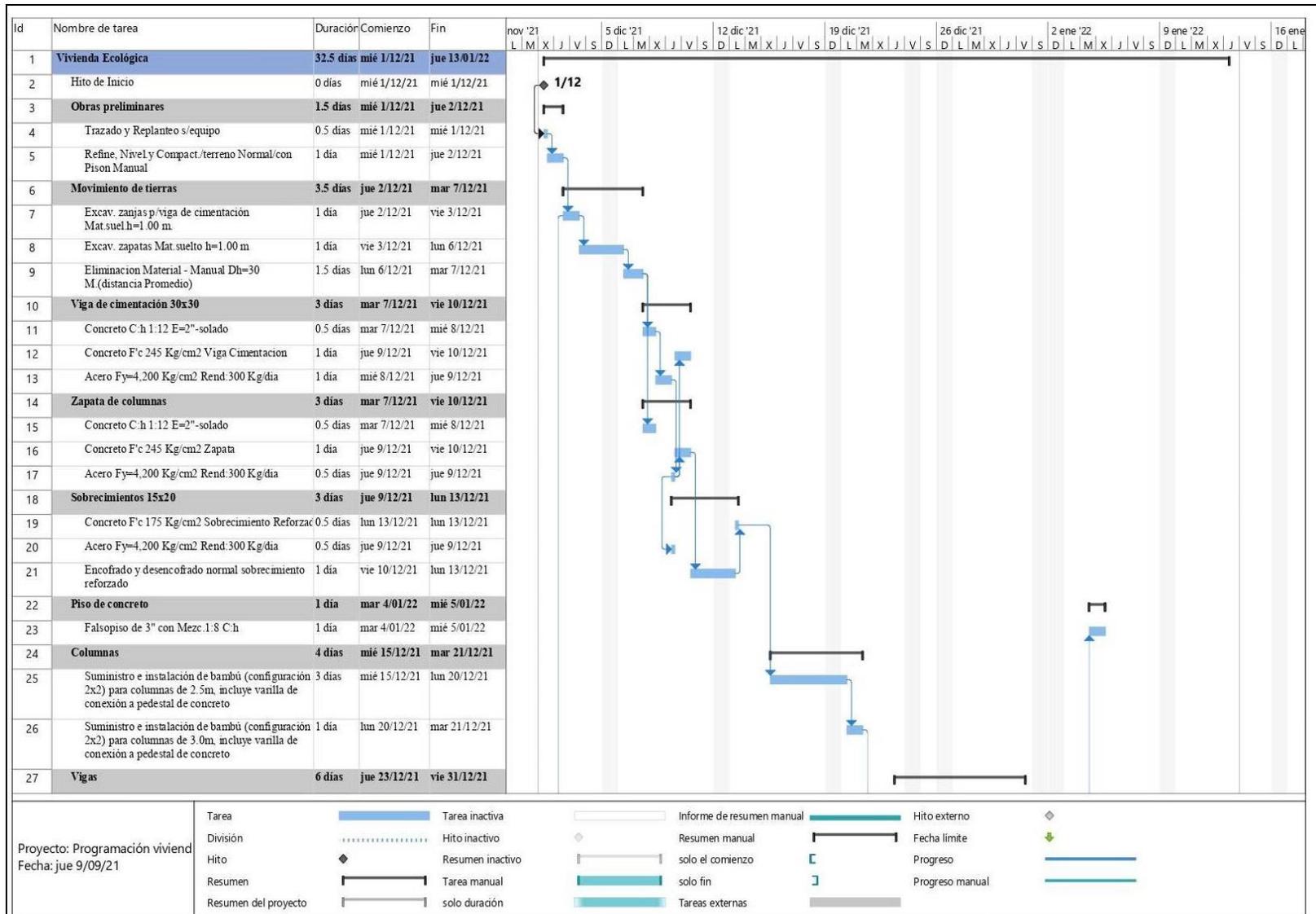
Figura 144: Impacto de las partidas en el costo de la vivienda tradicional
Fuente: Elaboración propia

5.6. Plazo de construcción de la vivienda ecológica y la tradicional

5.6.1. Cronograma de construcción de la vivienda ecológica con Ms Project

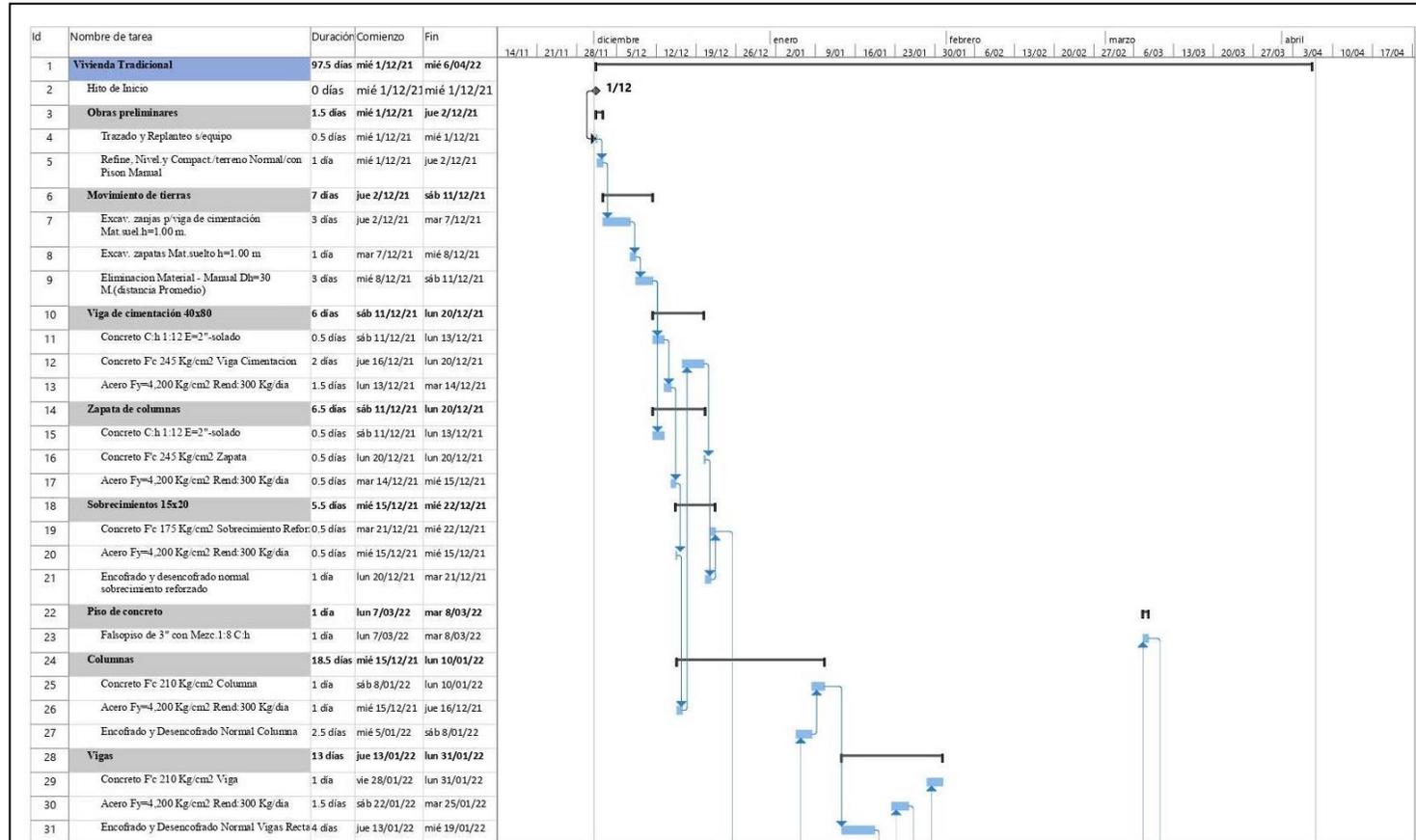
Se realiza la programación de tareas considerando los rendimientos obtenidos en el análisis de costos unitarios, así como los procesos constructivos respectivos. La programación fue realizada considerando una cuadrilla conformada por 2 peones y 2 operarios de obras civiles, asimismo 2 operarios en bambú para las partidas que involucraron el uso y manipulación de este material.

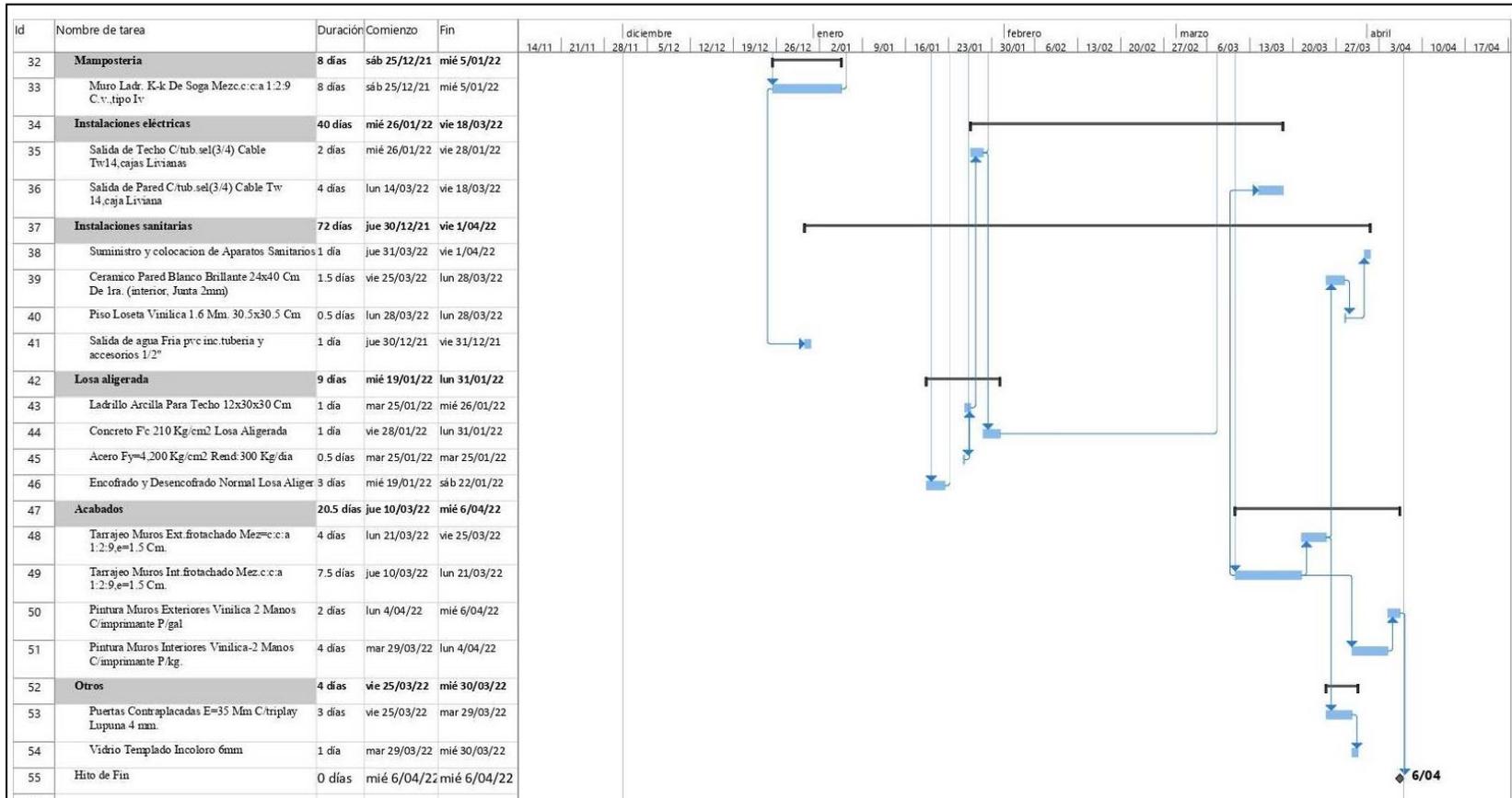
Luego de evaluados los tiempos de ejecución de cada partida, así como el respectivo proceso constructivo se obtiene un tiempo de ejecución de 32.5 días para la vivienda ecológica.



5.6.2. Cronograma de construcción de la vivienda tradicional con Ms Project

Se realiza la programación de tareas considerando los rendimientos obtenidos en el análisis de costos unitarios, así como los procesos constructivos respectivos. De forma análoga y para efectos comparativos la programación fue realizada considerando una cuadrilla conformada por 3 peones y 3 operarios de obras civiles.





Luego de evaluados los tiempos de ejecución de cada partida, así como el respectivo proceso constructivo se obtiene un tiempo de ejecución de 97.5 días para la vivienda tradicional.

5.7. Beneficios ambientales de la construcción de la vivienda ecológica

5.7.1. Emisión de dióxido de carbono generado por la vivienda ecológica

En función al análisis de costos unitarios detallado en el Anexo 3 y al detalle de metrados descrito en el Anexo 4 se obtiene el listado y cantidad de materiales empleados en la construcción de la vivienda ecológica. Adicionalmente y en base a la información recopilada por Pedreño (2014), la cual consistió en un inventario con entrada de materiales con sus respectivas densidades y toneladas de CO₂e emitidas para su fabricación, se estima la cantidad de toneladas de CO₂e generadas para la construcción de la vivienda ecológica, precisando que dicho parámetro considera solamente la emisión de CO₂e hasta la salida de fábrica de cada material.

Materiales	Unidad	Cantidad	Peso (Ton)	tCO ₂ e/ton	tCO ₂ e
ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.1557	0.00049	3.5865	0.00177
GRASA MULTIPLE EP	lbs	0.3116	0.00014	3.5865	0.00051
GASOLINA 84	gal	4.6738	0.01481	3.5865	0.05311
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	7.5010	0.00750	0.1460	0.00110
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	17.3534	0.01735	0.1460	0.00253
ALAMBRE GALVANIZADO N°16	kg	4.6480	0.00465	1.5400	0.00716
ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton	0.9544	0.95440	1.4600	1.39342
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 1"	kg	1.2131	0.00121	2.0300	0.00246
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	12.0956	0.01210	2.0300	0.02455
CLAVOS DE 3"	kg	4.6480	0.00465	2.0300	0.00944
CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg	37.6521	0.03765	2.0300	0.07643
CONEXION A CAJA PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und	27.0000	0.00675	3.2300	0.02180
TEE PVC AGUA S.P 1/2"	und	6.0000	0.00150	3.2300	0.00485
CURVA PVC ELECTRICA SEL 3/4 X 45	und	81.0000	0.02025	3.2300	0.06541
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	9.9120	19.82400	0.0790	1.56610
PIEDRA 3/8"	m3	0.2548	0.50960	0.0790	0.04026
ARENA FINA	m3	2.5548	5.62056	0.0600	0.33723
ARENA GRUESA	m3	6.1950	13.87680	0.0051	0.07077
HORMIGON	m3	10.1062	21.22302	0.0420	0.89137
AGUA PUESTA EN OBRA	m3	9.2616	9.26160	0.0003	0.00315
MALLA AL.GALVANIZADA GALLINERO 1/2"X0.90M	m2	167.5000	0.05583	1.5400	0.08598
MALLA CUADRADA 1/2"	m2	31.1079	0.01037	0.1460	0.00151
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	185.6427	7.88981	0.9500	7.49532
CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol	9.4135	0.28241	0.7800	0.22028
YESO	kg	48.6000	0.04860	0.1300	0.00632
FRAGUA	kg	5.2200	0.00522	0.1560	0.00081

Materiales	Unidad	Cantidad	Peso (Ton)	tCO ₂ e/ton	tCO ₂ e
CODO PVC AGUA DOBLE CAMPANA S.P 1/2" X 90	und	12.0000	0.00300	3.2300	0.00969
PEGAMENTO PARA PVC	gal	0.1800	0.00129	0.1560	0.00020
PEGAMENTO PARA MAYOLICA EXTERIORES	kg	104.4000	0.10440	0.1560	0.01629
PEGAMENTO P/VINILICO	gal	0.9320	0.00670	0.1560	0.00105
CERAMICO BLANCO BRILLANTE 24X40CM	m2	21.9240	0.46040	0.7000	0.32228
PANEL TECNOBLOCK 2" X 2.40M X 1.20M	pza	40.4974	1.45791	3.2900	4.79651
LOSETA VINILICA 30 x 30 e=1.6 mm	m2	9.7860	0.20551	0.7000	0.14385
BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m	711.4000	1.30186	0.2250	0.29292
BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=12CM)	m	72.9000	0.14580	0.2250	0.03281
CAÑA CHANCADA	m2	180.0000	0.92232	0.2250	0.20752
LATILLA DE BAMBÚ	m2	54.0000	0.27670	0.2250	0.06226
MADERA TORNILLO	p2	99.2136	0.23412	0.3100	0.07258
MADERA CEDRO	p2	131.0400	0.30922	0.3100	0.09586
TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln	16.3800	0.44226	0.4500	0.19902
SOLERA DE MADERA SUPERIOR 1 1/2"	m	46.8000	0.09360	0.3100	0.02902
SOLERA DE MADERA INFERIOR 1"	m	46.8000	0.09360	0.3100	0.02902
MADERA ANDAMIAJE	p2	104.1983	0.24588	0.3100	0.07622
PINTURA LATEX VINILICA	gal	5.7342	0.02605	2.9100	0.07580
IMPRIMANTE (BOLSA DE 30KG)	bol	0.6742	0.02023	2.9100	0.05886
SELLADOR IMPRIMANTE BLANCO	gal	2.0230	0.00919	2.9100	0.02674
CRISTAL TEMPLADO DE 6 mm	m2	28.3500	0.42525	1.3500	0.57409
DESAGUE AUTOMATICO P/LAVATORIO	und	2.0000	0.00100	3.2300	0.00323
TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X1/2"	und	2.0000	0.00100	9.1600	0.00916
TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X7/8"	und	2.0000	0.00100	9.1600	0.00916
PAR DE UÑAS GALVANIZADAS PARA LAVATORIO	und	2.0000	0.00050	1.5400	0.00077
PERNOS DE ANCLAJE DE FIERRO GALVANIZADO CON CAPUCHON PLASTICO	und	2.0000	0.00100	1.5400	0.00154
TRAMPA P CROMADA P/LAVADERO 1 1/4"	und	2.0000	0.00050	9.1600	0.00458
LAVATORIO FONTANA BLANCO	und	2.0000	0.01248	0.7000	0.00874
ESTANQUE SIFON JET C/TAPA Y ACCESORIOS DE TANQUE BLANCO	und	2.0000	0.01800	0.7000	0.01260
TAZA SIFON JET C/ ASIENYO Y ACCESORIOS BLANCO	und	2.0000	0.03600	0.7000	0.02520
CAJA DE PASE OCTOGONAL F.G LIVIANA 4"	und	27.0000	0.00675	1.5400	0.01040
CABLE TW # 14 AWG	m	243.0000	0.02430	3.0200	0.07339
ESPARRAGO 3/8"	und	174.0000	0.06960	1.4600	0.10162
ARANDELA 3/8"	und	348.0000	0.00174	1.4600	0.00254
TUERCA 3/8"	und	348.0000	0.00348	1.4600	0.00508
TUBO PVC ELECTRICO SEL 3/4 X 3M	und	40.5000	0.02552	3.2300	0.08241
UNION PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und	27.0000	0.00675	3.2300	0.02180
TUBO PVC AGUA S.P CLASE 10 1/2" X 5M	und	2.4720	0.00198	3.2300	0.00639
VARILLA J INVERTIDA DE 3/8"	und	56.0000	0.05600	1.4600	0.08176
VARILLA DE 3/8"	und	156.0000	0.07800	1.4600	0.11388
SEPARADOR RETENEDOR METÁLICO	und	14.0000	0.00700	1.4600	0.01022

20.09067

En la Tabla N°46 y la Figura N°145 se detallan los materiales que emiten una mayor cantidad de toneladas de CO₂e empleados en la construcción de la vivienda ecológica, observándose que solamente el cemento portland representa el 37.31% de estas emisiones, seguido del panel tecnoblock, la piedra chancada y el acero corrugado con 23.87%, 7.80% y 6.94% respectivamente. Asimismo, se precisa que los materiales con porcentajes inferiores a 1.5% no fueron considerados en este detalle.

Tabla 46: Materiales que generan mayores emisiones de tCO₂e en la construcción de la vivienda ecológica

Materiales con mayores emisiones de tCO ₂ e	Porcentaje de tCO ₂ e
Acero corrugado fy = 4200 kg/cm ² grado 60	6.94%
Piedra chancada 1/2"	7.80%
Arena fina	1.68%
Hormigón	4.44%
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	37.31%
Panel Tecnoblock 2" X 2.40m X 1.20m	23.87%
Cristal templado de 6 mm	2.86%
Otros (con porcentajes menores a 1.5%)	15.11%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

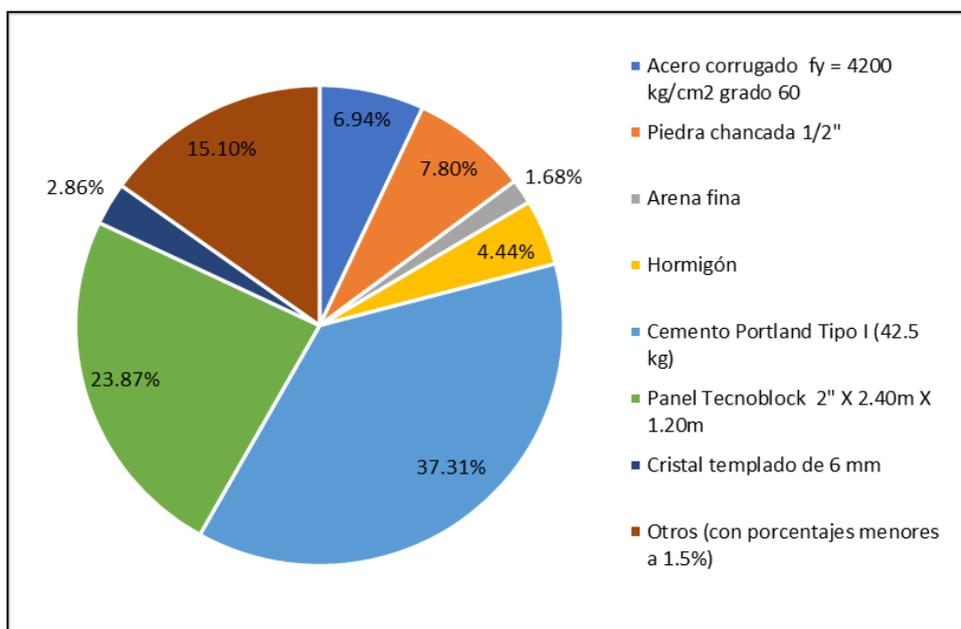


Figura 145: Materiales que generan mayores emisiones de tCO₂e en la construcción de la vivienda ecológica

Fuente: Elaboración propia

5.7.2. Emisión de dióxido de carbono generado por la vivienda tradicional

En función al análisis de costos unitarios detallado en el Anexo 5 y al detalle de metrados descrito en el Anexo 6 se obtiene el listado y cantidad de materiales empleados en la construcción de la vivienda tradicional. Posteriormente, y de forma análoga a la vivienda ecológica, se estima la cantidad de toneladas de CO₂e generadas para la construcción de la vivienda tradicional, precisando que dicho parámetro considera solamente la emisión de CO₂e hasta la salida de fábrica de cada material.

Materiales	Unidad	Cantidad	Peso (Ton)	tCO ₂ e/ton	tCO ₂ e
ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.4092	0.00130	3.5865	0.00465
GRASA MULTIPLE EP	lbs	0.6899	0.00031	3.5865	0.00112
GASOLINA 84	gal	10.3484	0.03279	3.5865	0.11759
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	36.7420	0.03674	0.1460	0.00536
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	47.0004	0.04700	0.1460	0.00686
ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton	2.5850	2.58500	1.4600	3.77410
CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg	46.2971	0.04630	2.0300	0.09398
CONEXION A CAJA PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und	27.0000	0.00675	3.2300	0.02180
TEE PVC AGUA S.P 1/2"	und	6.0000	0.00150	3.2300	0.00485
CURVA PVC ELECTRICA SEL 3/4 X 45	und	81.0000	0.02025	3.2300	0.06541
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	38.1440	76.28800	0.0790	6.02675
ARENA FINA	m3	4.5079	9.91738	0.0600	0.59504
ARENA GRUESA	m3	25.9604	58.15130	0.0051	0.29657
HORMIGON	m3	10.5046	22.05966	0.0420	0.92651
AGUA PUESTA EN OBRA	m3	16.7887	16.78870	0.0003	0.00571
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	556.7952	23.66380	0.9500	22.48061
CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol	25.4457	0.76337	0.7800	0.59543
YESO	kg	48.6000	0.04860	0.1300	0.00632
FRAGUA	kg	5.2200	0.00522	0.1560	0.00081
CODO PVC AGUA DOBLE CAMPANA S.P 1/2" X 90	und	12.0000	0.00300	3.2300	0.00969
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X12.5X23 cm	mll	5.0160	13.54320	0.2400	3.25037
LADRILLO PARA TECHO 8H DE 12X30X30 cm	mll	0.7776	5.90976	0.2400	1.41834

Materiales	Unidad	Cantidad	Peso (Ton)	tCO ₂ e/ton	tCO ₂ e
PEGAMENTO PARA PVC	gal	0.1800	0.00129	0.1560	0.00020
PEGAMENTO PARA MAYOLICA EXTERIORES	kg	104.4000	0.10440	0.1560	0.01629
PEGAMENTO P/VINILICO	gal	0.9320	0.00670	0.1560	0.00105
CERAMICO BLANCO BRILLANTE 24X40CM	m2	21.9240	0.46040	0.7000	0.32228
LOSETA VINILICA 30 x 30 e=1.6 mm	m2	9.7860	0.20551	0.7000	0.14385
MADERA TORNILLO	p2	988.3047	2.33214	0.3100	0.72296
MADERA CEDRO	p2	131.0400	0.30922	0.3100	0.09586
TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln	16.3800	0.44226	0.4500	0.19902
MADERA ANDAMIAJE	p2	248.9991	0.58757	0.3100	0.18215
PINTURA LATEX VINILICA	gal	13.5669	0.06163	2.9100	0.17934
IMPRIMANTE (BOLSA DE 30KG)	bol	2.1951	0.06585	2.9100	0.19163
SELLADOR IMPRIMANTE BLANCO	gal	3.1878	0.01448	2.9100	0.04214
CRISTAL TEMPLADO DE 6 mm	m2	28.3500	0.42525	1.3500	0.57409
DESAGUE AUTOMATICO P/LAVATORIO	und	2.0000	0.00100	3.2300	0.00323
TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X1/2"	und	2.0000	0.00100	9.1600	0.00916
TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X7/8"	und	2.0000	0.00100	9.1600	0.00916
PAR DE UÑAS GALVANIZADAS PARA LAVATORIO	und	2.0000	0.00050	1.5400	0.00077
PERNOS DE ANCLAJE DE FIERRO GALVANIZADO CON CAPUCHON PLASTICO	und	2.0000	0.00100	1.5400	0.00154
TRAMPA P CROMADA P/LAVADERO 1¼"	und	2.0000	0.00050	9.1600	0.00458
LAVATORIO FONTANA BLANCO	und	2.0000	0.01248	0.7000	0.00874
ESTANQUE SIFON JET C/TAPA Y ACCESORIOS DE TANQUE BLANCO	und	2.0000	0.01800	0.7000	0.01260
TAZA SIFON JET C/ ASIENYO Y ACCESORIOS BLANCO	und	2.0000	0.03600	0.7000	0.02520
CAJA DE PASE OCTOGONAL F.G LIVIANA 4"	und	27.0000	0.00675	1.5400	0.01040
CABLE TW # 14 AWG	m	243.0000	0.02430	3.0200	0.07339
TUBO PVC ELECTRICO SEL 3/4 X 3M	und	40.5354	0.02554	3.2300	0.08249
UNION PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und	27.0000	0.00675	3.2300	0.02180
TUBO PVC AGUA S.P CLASE 10 1/2" X 5M	und	2.4720	0.00198	3.2300	0.00639
					42.64816

En la Tabla N°47 y la Figura N°146 se detallan los materiales que emiten una mayor cantidad de toneladas de CO₂e empleados en la construcción de la vivienda tradicional, observándose que solamente el cemento portland representa el 52.71% de estas emisiones, seguido de la piedra chancada y el acero corrugado con 14.13%, y 8.85% respectivamente. Asimismo, se precisa que los materiales con porcentajes inferiores a 1.5% no fueron considerados en este detalle.

Tabla 47: Materiales que generan mayores emisiones de tCO₂e en la construcción de la vivienda tradicional

Materiales con mayores emisiones de tCO ₂ e	Porcentaje de tCO ₂ e
Acero corrugado fy = 4200 kg/cm ² grado 60	8.85%
Piedra chancada 1/2"	14.13%
Hormigón	2.17%
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	52.71%
Ladrillo KK 18 Huecos 9X12.5X23 cm	7.62%
Ladrillo para techo 8H de 12X30X30 cm	3.33%
Madera tornillo	1.70%
Otros (con porcentajes menores a 1.5%)	9.49%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

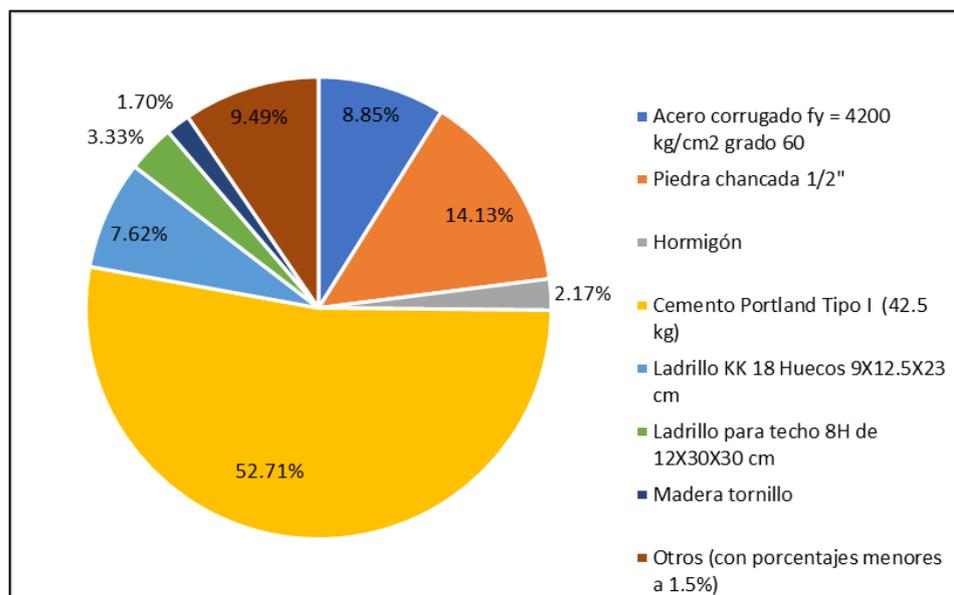


Figura 146: Materiales que generan mayores emisiones de tCO₂e en la construcción de la vivienda tradicional

Fuente: Elaboración propia

5.8. Presentación y análisis de resultados

5.8.1. Análisis preliminar de la situación actual y zona de investigación

El Distrito de la Florida, en la provincia de San Miguel departamento de Cajamarca, cuenta con 2165 habitantes, en su mayoría emplazados en el ámbito rural y según lo indicado en el Capítulo I de la presente investigación, es la Región Cajamarca conformante del grupo de mayor pobreza en el Perú, situación que se ve incrementada con los altos índices de desempleo a nivel país, impactando en la población, que ha recurrido a las construcciones artesanales ante las limitaciones económicas, sin considerar el cumplimiento de criterios sismo resistentes. Actualmente, en las viviendas de la Florida los muros son de adobe en el centro del distrito y de tapial en los caseríos aledaños.

El área de emplazamiento del proyecto ha sido determinada considerando que el distrito de la Florida es una zona productora de bambú guadua angustifolia y la población considera dicha materia prima como principal fuente de ingreso económico.

Según el Estudio de Suelos realizado por la empresa Cimenta JBM E.I.R.L (2019) se determinaron los parámetros del mismo, al estar principalmente constituido por arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), obteniéndose una capacidad portante de 0.71 Kg/cm^2 .

La zona de la investigación fue tipificada según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (2018) como zona 3, como un factor de zona igual a 0.35 y según el tipo de suelo con una clasificación S3.

Por el tipo y características de la edificación se determinaron los parámetros numéricos correspondientes al uso de la misma, al factor de amplificación sísmica y al coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

Con los parámetros anteriormente determinados se realizó el análisis de la vivienda ecológica.

5.8.2. Análisis de la vivienda ecológica con Csi Etabs

Se realizó la asignación de cargas correspondientes al peso propio de la cubierta tecknoblock, vigas y viguetas, así como la sobrecarga recomendada por el fabricante de la cubierta, como se observa en la Figura N°147.

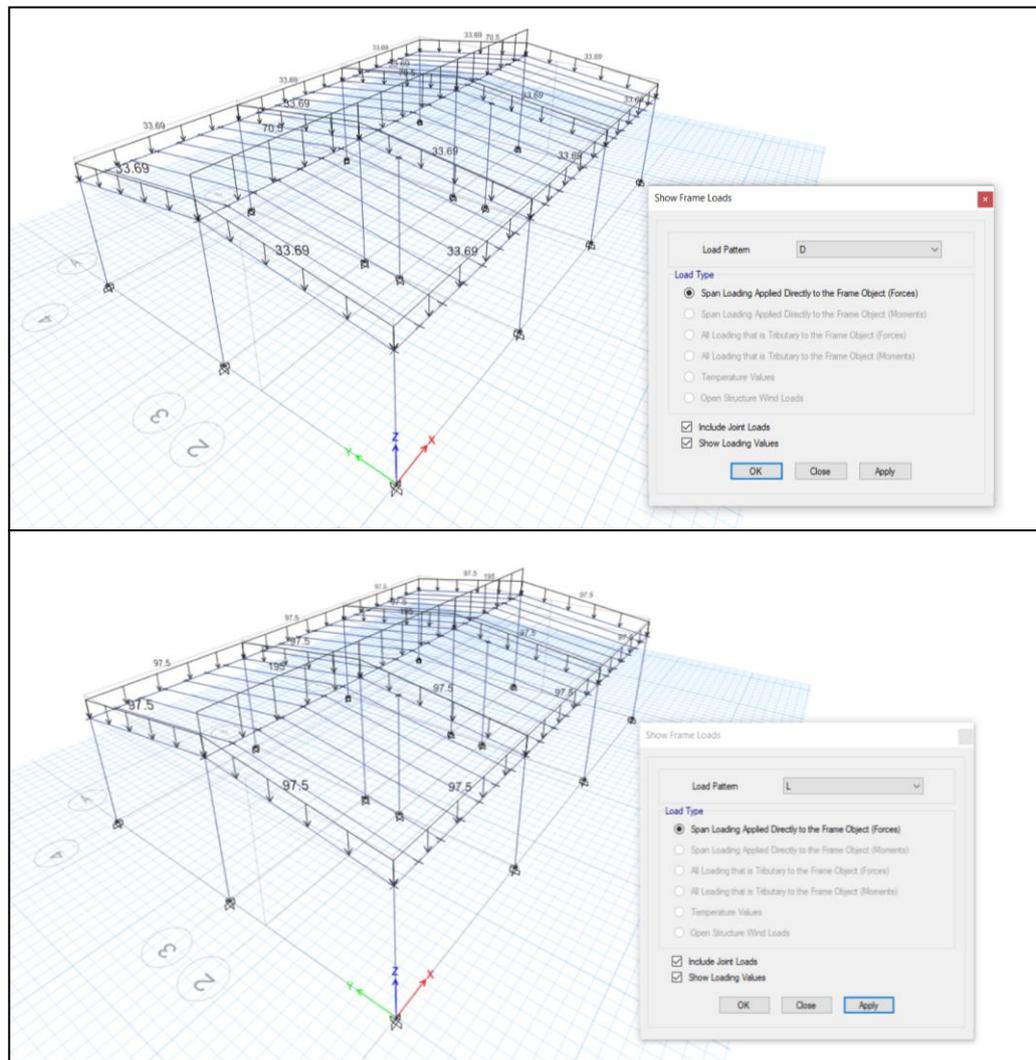


Figura 147 : Asignación de cargas

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Posteriormente, se realizó la creación de las condiciones para sismo estático y dinámico para los ejes x e y, en la Figura N°148 se presenta la creación de dichas condiciones en el eje x, siendo análogamente realizado para el eje y, para finalmente obtener los esfuerzos cortantes, momentos y derivas respectivas, como se observa en la Figura N°149, Figura N°150 y Tabla N°48.

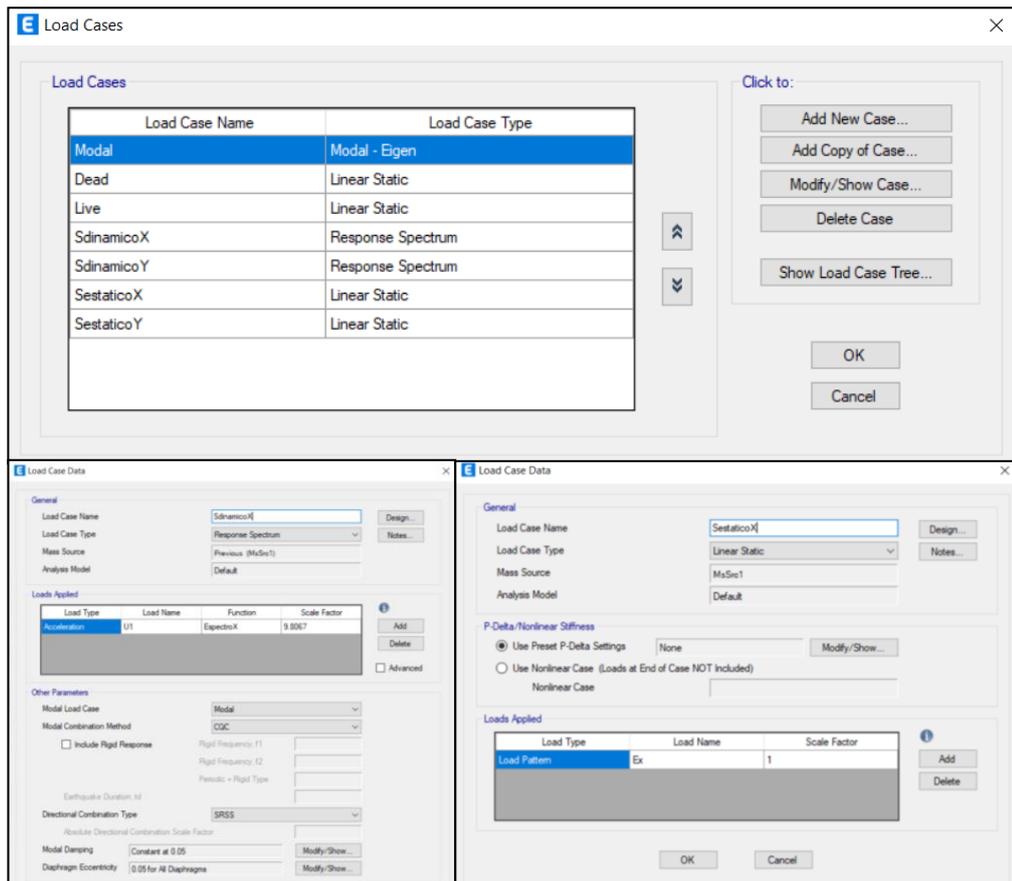


Figura 148 : Creación de condiciones de sismo estático y dinámico en el eje x
Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

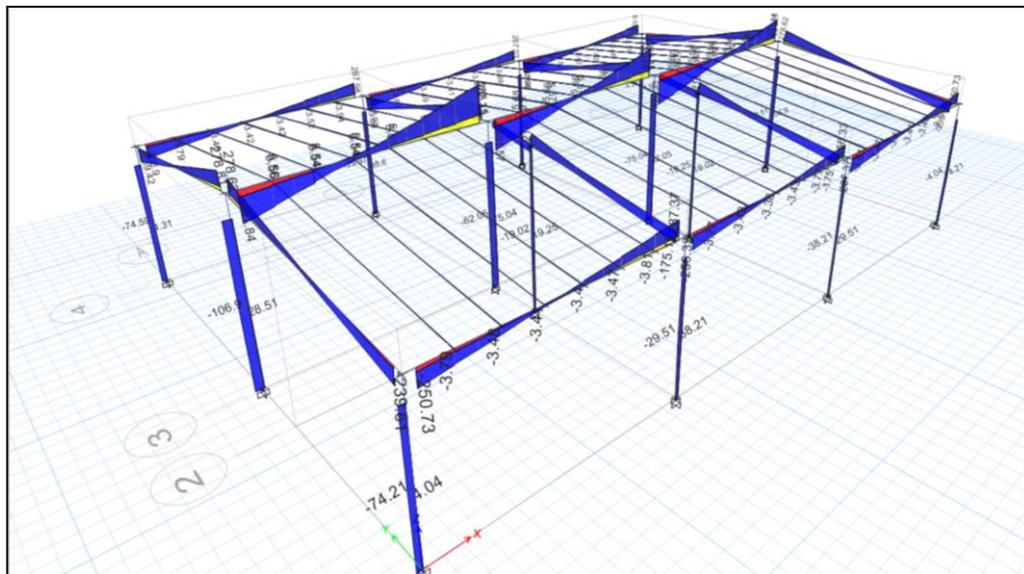


Figura 149: Diagrama de esfuerzos cortantes obtenido con la envolvente de combinaciones de cargas

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

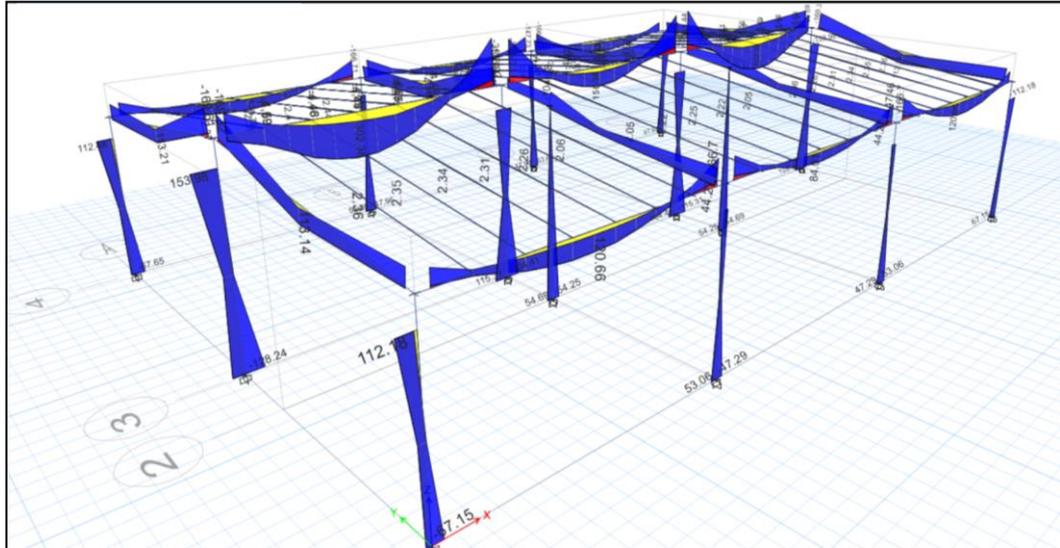


Figura 150 : Diagrama de momentos obtenido con la envolvente de combinaciones de cargas

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Tabla 48: Derivas obtenidas del modelamiento

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Drift	X	Y	Z	R	Deriva inelástica	Deriva inelástica	Limite para distorsión del entrepiso
			mm	mm	mm		%		
Story2	SdinamicoX	0.001205	7950	4050	3000	7	0.00632625	0.63%	0.01
Story2	SdinamicoY	0.000844	7950	4050	3000	7	0.004431	0.44%	0.01
Story2	SestaticoX	0.001229	4050	4050	3000	7	0.00645225	0.65%	0.01
Story2	SestaticoX	0.001229	4050	4050	3000	7	0.00645225	0.65%	0.01
Story2	SestaticoX	0.001229	4050	4050	3000	7	0.00645225	0.65%	0.01
Story2	SestaticoY	0.000797	4050	4050	3000	7	0.00418425	0.42%	0.01
Story2	SestaticoY	0.000797	4050	4050	3000	7	0.00418425	0.42%	0.01
Story2	SestaticoY	0.000797	4050	4050	3000	7	0.00418425	0.42%	0.01
Story1	SdinamicoX	0.000555	7950	8100	2500	7	0.00291375	0.29%	0.01
Story1	SdinamicoY	0.001011	4050	8100	2500	7	0.00530775	0.53%	0.01
Story1	SestaticoX	0.000688	4050	8100	2500	7	0.003612	0.36%	0.01
Story1	SestaticoX	0.000688	4050	8100	2500	7	0.003612	0.36%	0.01
Story1	SestaticoX	0.000688	4050	8100	2500	7	0.003612	0.36%	0.01
Story1	SestaticoY	0.000954	4050	8100	2500	7	0.0050085	0.50%	0.01
Story1	SestaticoY	0.000954	4050	8100	2500	7	0.0050085	0.50%	0.01
Story1	SestaticoY	0.000954	4050	8100	2500	7	0.0050085	0.50%	0.01

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

En función a los valores obtenidos en la Tabla N°48, se verificó que la vivienda ecológica cuenta con desplazamientos laterales relativos admisibles, al ser menores al límite de distorsión del entrepiso para estructuras de madera indicado en la Norma E030 Sismos igual a 0.010.

Adicionalmente, se consideró el arriostramiento propio de los paneles interiores y exteriores como parte del modelamiento, como se observa en la Figura N°151, con el propósito de cuantificar su influencia en los desplazamientos laterales relativos, como se observa en la Tabla N°49.

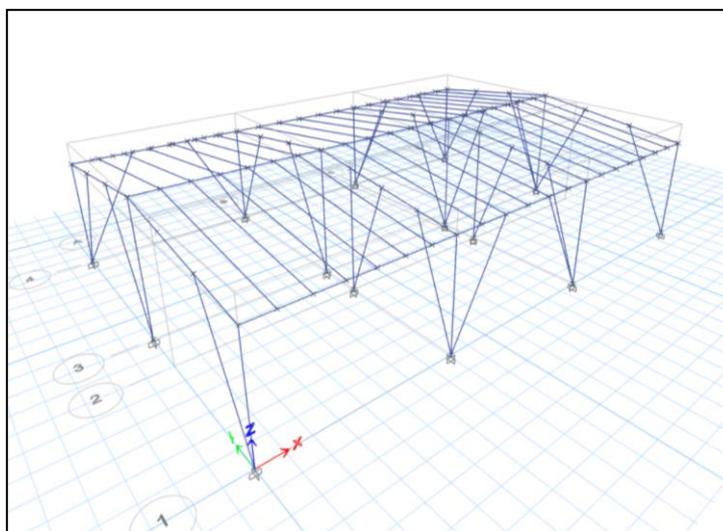


Figura 151: Modelamiento considerando el arriostramiento de paneles

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Tabla 49 : Derivas obtenidas del modelamiento considerando el arriostramiento de paneles

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Drift	X	Y	Z	R	Deriva inelástica	Deriva inelástica	Limite para distorsión del entrepiso
			mm	mm	mm		%		
Story2	SdinamicoX	0.000665	0	4050	3000	7	0.00349125	0.35%	0.01
Story2	SdinamicoY	0.000539	9300	4050	3000	7	0.00282975	0.28%	0.01
Story2	SestaticoX	0.000666	0	4050	3000	7	0.0034965	0.35%	0.01
Story2	SestaticoX	0.000666	0	4050	3000	7	0.0034965	0.35%	0.01
Story2	SestaticoX	0.000666	0	4050	3000	7	0.0034965	0.35%	0.01
Story2	SestaticoY	0.000488	9300	4050	3000	7	0.002562	0.26%	0.01
Story2	SestaticoY	0.000488	9300	4050	3000	7	0.002562	0.26%	0.01
Story2	SestaticoY	0.000488	9300	4050	3000	7	0.002562	0.26%	0.01
Story1	SdinamicoX	0.000239	0	0	2500	7	0.00125475	0.13%	0.01
Story1	SdinamicoY	0.000654	9300	8100	2500	7	0.0034335	0.34%	0.01
Story1	SestaticoX	0.000381	0	0	2500	7	0.00200025	0.20%	0.01
Story1	SestaticoX	0.000381	0	0	2500	7	0.00200025	0.20%	0.01
Story1	SestaticoX	0.000381	0	0	2500	7	0.00200025	0.20%	0.01
Story1	SestaticoY	0.00059	9300	8100	2500	7	0.0030975	0.31%	0.01
Story1	SestaticoY	0.00059	9300	8100	2500	7	0.0030975	0.31%	0.01
Story1	SestaticoY	0.00059	9300	8100	2500	7	0.0030975	0.31%	0.01

Fuente: Elaborado para la investigación con software CSI Etabs 2019

Al considerar el arriostamiento de los paneles como parte del modelamiento se observa una reducción de como mínimo un 35% y hasta un 57% en las derivas inelásticas, como se observa en la Figura N°152.

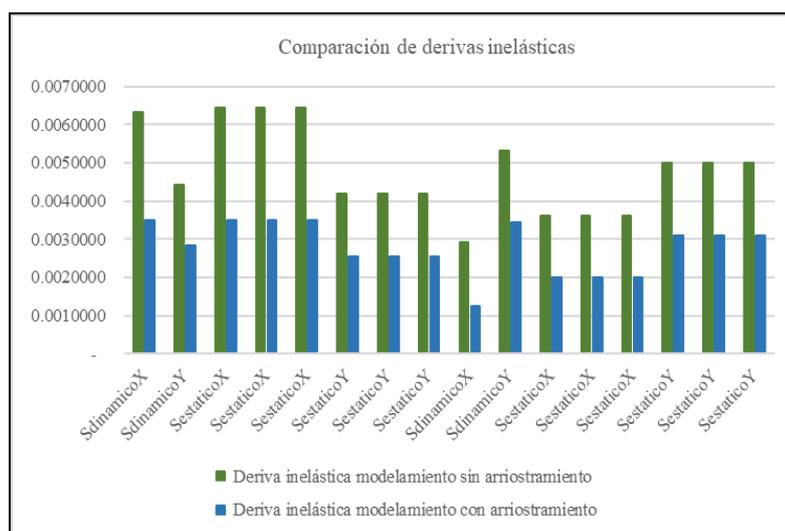


Figura 152: Comparación de derivas inelásticas

Fuente: Elaboración propia

5.8.3. Análisis de pruebas de laboratorio

De los ensayos de corte realizados se obtuvo un valor promedio igual a 5.2Mpa, estando dentro de la tendencia de valores obtenidos en investigaciones anteriores, como se observa en la Tabla N°50 y en la Figura N°153.

Tabla 50 : Valores de resistencia al corte registrados en diversas investigaciones

Autor	País	Corte (Mpa)
Ing. Raúl Prieto (2004)	Colombia	6.76
Ing. Sergio Gutierrez (2010)	Perú	6.4
Ing. Pedro Córdova (2014)	Ecuador	7.17
Ing. Bandy Salvatierra (2019)	Perú	5.34
Bach. Vega Casas Bach. Hurtado Hermoza (2021)	Perú	5.2

Fuente: Elaboración propia

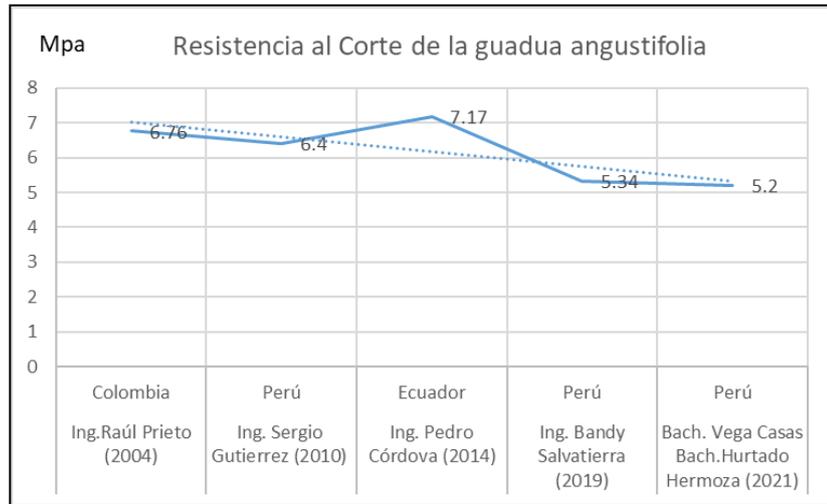


Figura 153: Tendencia de valores obtenidos en ensayos de corte

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se comparó el valor obtenido con el valor establecido en la Norma Técnica E.100 Bambú para efectos de diseño, siendo 5 veces mayor el registrado en la presente investigación, como se observa en la Figura N°154.

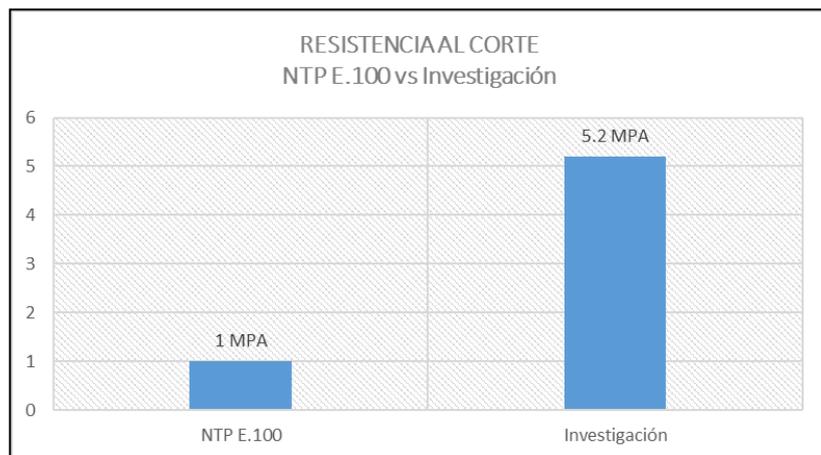


Figura 154: Comparación entre valores de resistencia al corte obtenidos en la investigación y los establecidos en la NTP E.100

Fuente: Elaboración propia

De los ensayos de compresión realizados se obtuvo un valor promedio igual a 39.93Mpa, estando dentro de la tendencia de valores obtenidos en investigaciones anteriores, como se observa en la Tabla N°51 y en la Figura N°155.

Tabla 51: Valores de resistencia a la compresión de diversas investigaciones

Autor	País	Compresión paralela a la Fibra (Mpa)
Ing. Raúl Prieto (2004)	Colombia	42.94
Ing. Sergio Gutierrez (2010)	Perú	44.37
Ing. Dimas Estacio (2013)	Perú	30.96
Ing. Pedro Córdova (2014)	Ecuador	37.76
Ing. Bandy Salvatierra (2019)	Perú	35.44
Bach. Vega Casas Bach. Hurtado Hermoza (2021)	Perú	38.93

Fuente: Elaboración propia

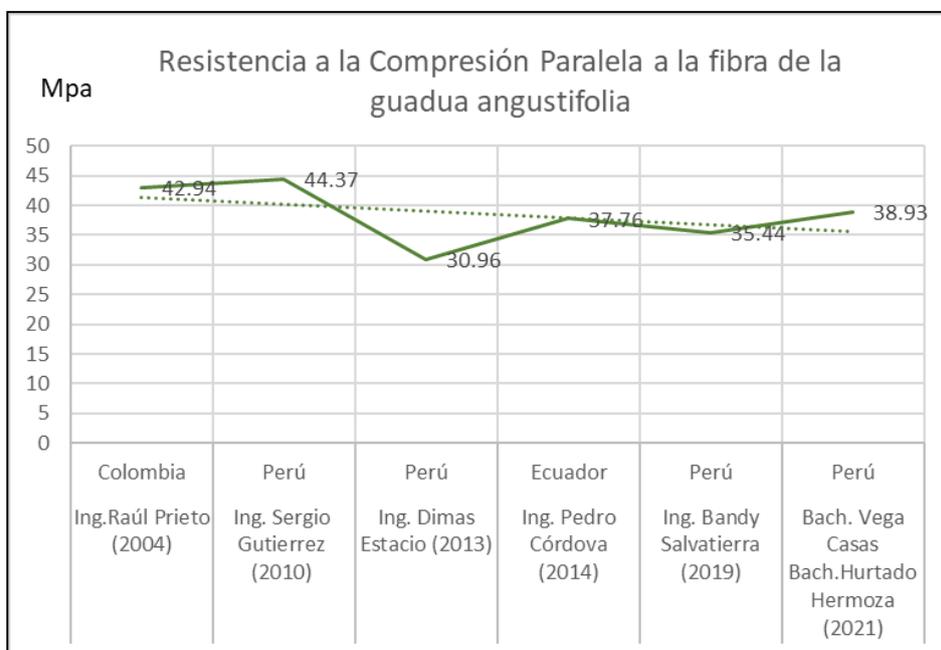


Figura 155: Tendencia de valores obtenidos en ensayos a la compresión

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se comparó el valor obtenido con el valor establecido en la Norma Técnica E.100 Bambú para efectos de diseño, siendo 3 veces mayor el registrado en la presente investigación, como se observa en la Figura N°156.

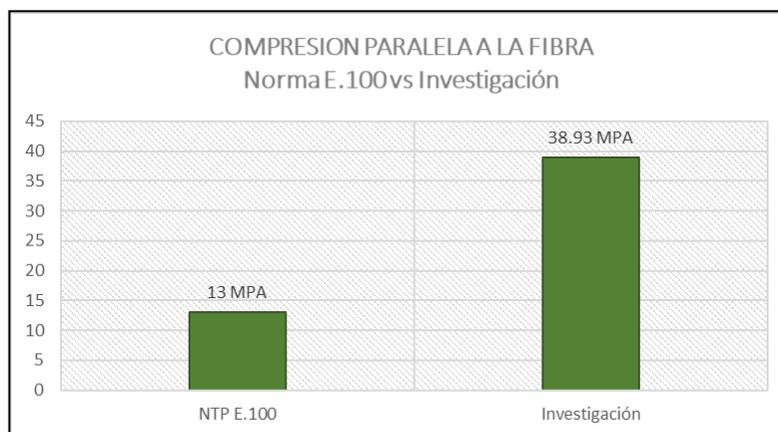


Figura 156: Comparación entre valores de resistencia a la compresión obtenidos en la investigación y los establecidos en la NTP E.100

Fuente: Elaboración propia

De los ensayos de tensión realizados se obtuvo un valor promedio igual a 109.3Mpa, estando dentro de la tendencia de valores obtenidos en investigaciones anteriores, como se observa en la Tabla N°52 y en la Figura N°157.

Tabla 52: Valores de resistencia a la tensión registrados en diversas investigaciones

Autor	País	Tensión (Mpa)
Ing. Raúl Prieto (2004)	Colombia	161.47
Ing. Sergio Gutierrez (2010)	Perú	107.69
Ing. Pedro Córdova (2014)	Ecuador	117.6
Ing. Bandy Salvatierra (2019)	Perú	126.38
Bach. Vega Casas Bach. Hurtado Hermezo (2021)	Perú	109.3

Fuente: Elaboración propia

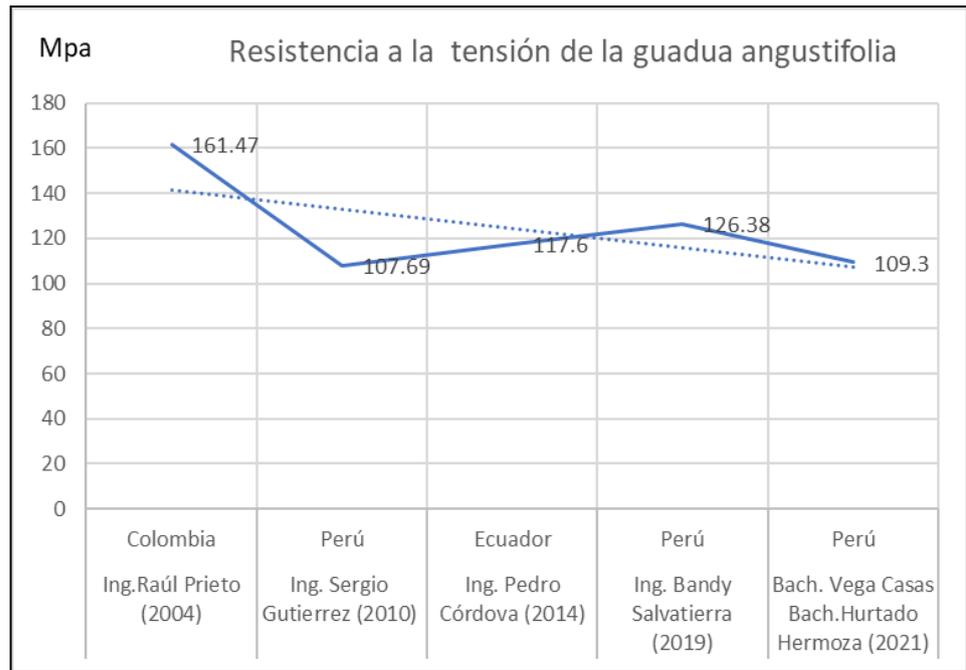


Figura 157: Tendencia de valores obtenidos en ensayos de tensión

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se comparó el valor obtenido con el valor establecido en la Norma Técnica E.100 Bambú para efectos de diseño, siendo casi 7 veces mayor el registrado en la presente investigación, como se observa en la Figura N°158.

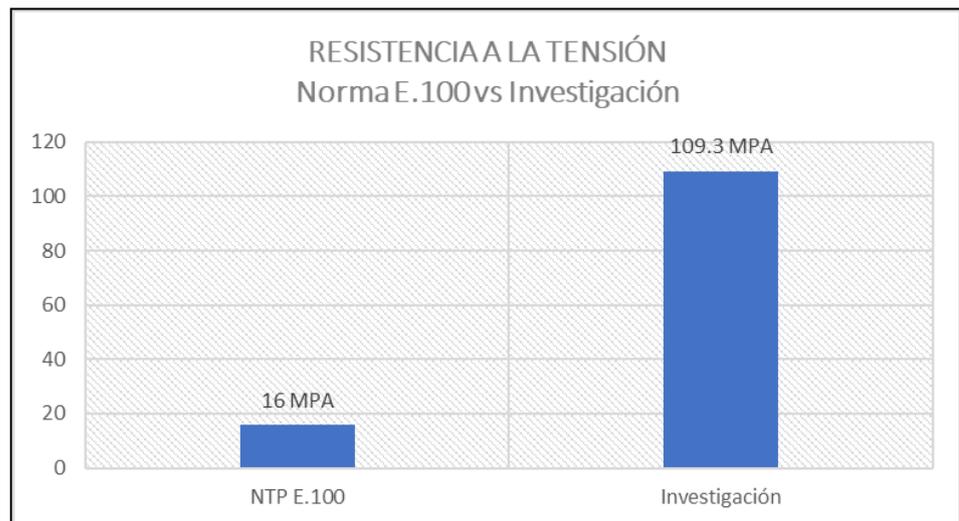


Figura 158: Comparación entre valores de resistencia a la tensión obtenidos en la investigación y los establecidos en la NTP E.100

Fuente: Elaboración propia

5.8.4. Comparativo de costos entre la vivienda ecológica y la tradicional

De la comparación entre las viviendas diseñadas, ambas con un área total de 97.20m², se observa según la Tabla N°53 que existe un ahorro del 30% en la construcción de la vivienda ecológica.

Tabla 53 : Comparación del costo entre la vivienda ecológica y la tradicional

Costo de la Vivienda Ecológica		Costo de la Vivienda Tradicional	
S/	63,115.85	S/	90,592.31

Fuente: Elaboración propia

Las principales diferencias de la vivienda tradicional con respecto a la vivienda ecológica involucran una cimentación de mayores dimensiones (0.80 x 0.40m), columnas de concreto, vigas de concreto de mayores dimensiones (0.40 x 0.30m), muro de ladrillo KK de soga con mezcla C:C:A 1:2:9, losa aligerada de concreto de 0.20m, además de tarrajeo y pintura vinílica tanto interior como exterior, cuyo detalle de metrados se encuentra en el Anexo 6.

Tabla 54: Partidas con diferencias significativas en el costo entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional

Partidas con diferencias significativas	Costo de la Vivienda Ecológica		Costo de la Vivienda Tradicional		Ahorro por partidas con la vivienda ecológica
Movimiento de Tierras	S/	932.92	S/	2,041.60	54.3%
Viga de cimentación	S/	6,191.77	S/	14,144.63	56.2%
Columnas	S/	3,974.80	S/	7,672.26	48.2%
Vigas y Techo	S/	10,494.20	S/	23,831.24	56.0%
Muros	S/	18,118.71	S/	20,588.04	12.0%
Total	S/	39,712.40	S/	68,277.77	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°54 se ha detallado las partidas que presentan diferencias significativas en relación al costo entre la vivienda tradicional y la vivienda ecológica, observándose ahorros significativos en la construcción de la vivienda ecológica en rubros tales como la cimentación, vigas y techo, movimiento de tierras, columnas y muros. Asimismo, se precisa que las partidas no consideradas en dicha tabla no presentaron diferencias significativas.

En la Figura N°159 se observa el análisis comparativo de partidas con diferencias significativas en el costo entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.

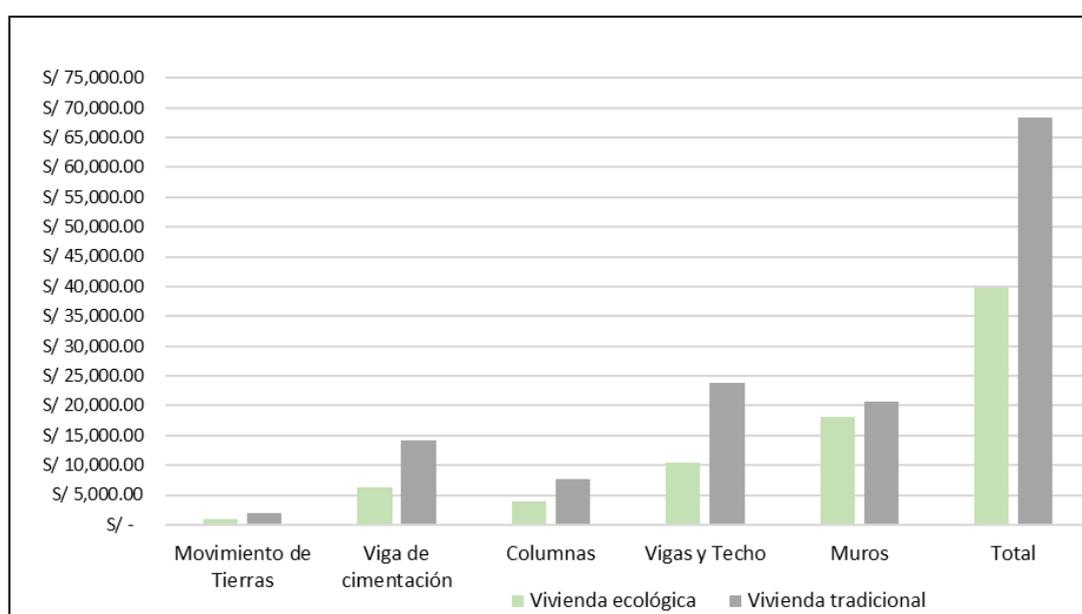


Figura 159: Análisis comparativo de partidas con diferencias significativas en el costo entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°160 se muestra un análisis comparativo de costos por metro cuadrado entre diversas viviendas que utilizaron bambú como material estructural en el Perú y el extranjero y la vivienda diseñada como parte de la presente investigación, que contó con un valor de S/649.34 por m², estando un 19% sobre el valor promedio.

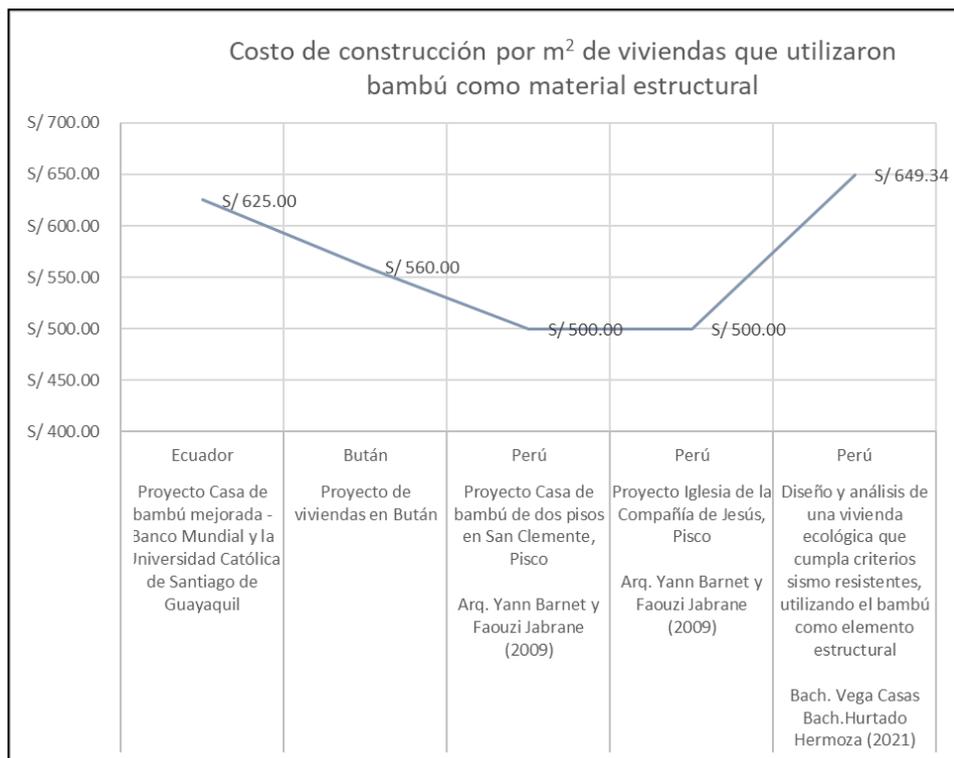


Figura 160 : Costo de construcción por m² (en Soles) de viviendas que utilizaron bambú como material estructural

Fuente: Elaboración propia

5.8.5. Comparativo de plazos entre la vivienda ecológica y la tradicional

De la comparación entre las viviendas diseñadas, ambas con un área total de 97.20m², se observa según la Tabla N°55 que existe una optimización del 67% del plazo en la construcción de la vivienda ecológica.

Tabla 55: Comparación del plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional

Plazo de construcción de la Vivienda Ecológica (días)	Plazo de construcción de la Vivienda Tradicional (días)
32.50	97.50

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de comparar las partidas con diferencias significativas en el plazo de construcción se tomó en consideración aquellas que pudiesen ser materia de comparación al no presentar tiempos muertos que desvirtuasen los resultados, precisando además que dichos tiempos son parte del proceso constructivo en viviendas tradicionales, tales como los tiempos de fraguado del concreto. Bajo esta premisa se obtuvo una diferencia significativa en la partida de acabados con una optimización del 90.2% en el plazo de construcción de la vivienda ecológica, seguida de la partida de techos con una optimización del 66.7%, como se observa en la Tabla N°56.

Tabla 56: Partidas con diferencias significativas en el plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional

Partidas con diferencias significativas	Plazo de construcción de la Vivienda Ecológica (días)	Plazo de construcción de la vivienda Tradicional (días)	Optimización de plazos en la vivienda ecológica
Movimiento de Tierras	3.50	7.00	50.0%
Viga de cimentación	3.00	6.00	50.0%
Muros	8.00	8.00	0.0%
Techo	3.00	9.00	66.7%
Acabados	2.00	20.50	90.2%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°161 se observa el análisis comparativo de partidas con diferencias significativas en el plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.

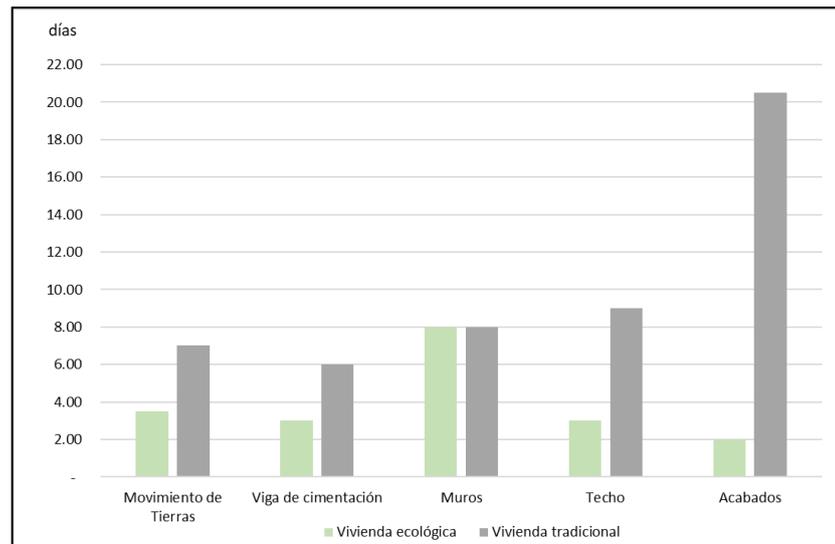


Figura 161: Análisis comparativo de partidas con diferencias significativas en el plazo de construcción entre la vivienda ecológica y la tradicional

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°162 se muestra un análisis comparativo de plazos de construcción entre diversas viviendas que utilizaron bambú como material estructural en el Perú y la vivienda diseñada como parte de la presente investigación, cuyo plazo fue de 32.5 días, estando dentro del valor promedio recopilado.

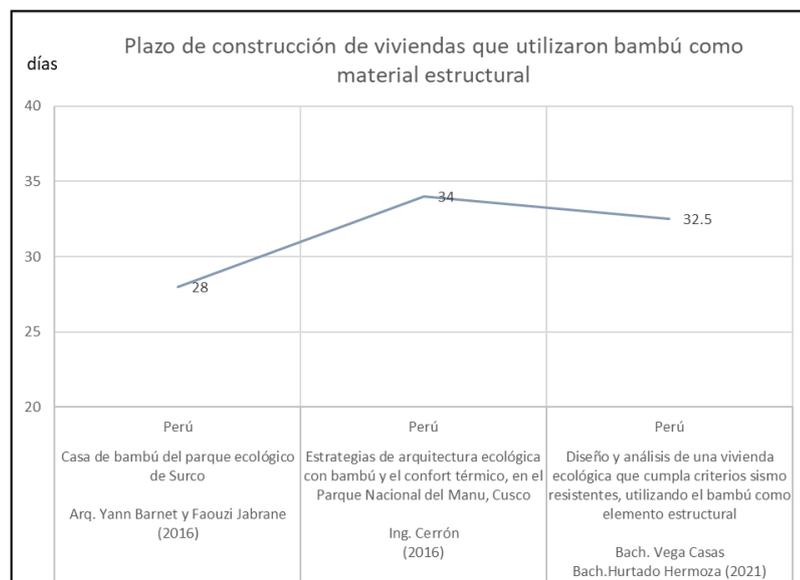


Figura 162: Plazo de construcción de viviendas que utilizaron bambú como material estructural

Fuente: Elaboración propia

5.8.6. Comparativo de CO₂ entre la vivienda ecológica y la tradicional

De la comparación entre las viviendas diseñadas, ambas con un área total de 97.20m² se observa según la Tabla N°57 que existe una diferencia del 53% en la emisión de dióxido de carbono generado entre ambas viviendas.

Tabla 57: Comparación de la emisión tCO₂e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional

Emisiones de tCO ₂ e de la Vivienda Ecológica	Emisiones de tCO ₂ e de la Vivienda Tradicional
20.0907	42.6482

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°58 se detallan los materiales que presentan diferencias significativas en relación a la emisión de tCO₂e generado entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional, observándose ahorros significativos en la emisión de tCO₂e de la vivienda ecológica en materiales tales como el cemento portland y la piedra chancada, componentes principales del concreto, así como en el acero corrugado.

Tabla 58: Materiales con diferencias significativas en la emisión de tCO₂e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional

Materiales con diferencias significativas	tCO ₂ e de la Vivienda Ecológica	tCO ₂ e de la Vivienda Tradicional	Ahorro de tCO ₂ e con la vivienda ecológica
Acero corrugado fy = 4200 kg/cm ² grado 60	1.3934	3.7741	63.08%
Piedra chancada 1/2"	1.5661	6.0268	74.01%
Hormigón	0.8914	0.9265	3.79%
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	7.4953	22.4806	66.66%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°163 se observa el análisis comparativo de materiales con diferencias significativas en relación a la emisión de tCO₂e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional.

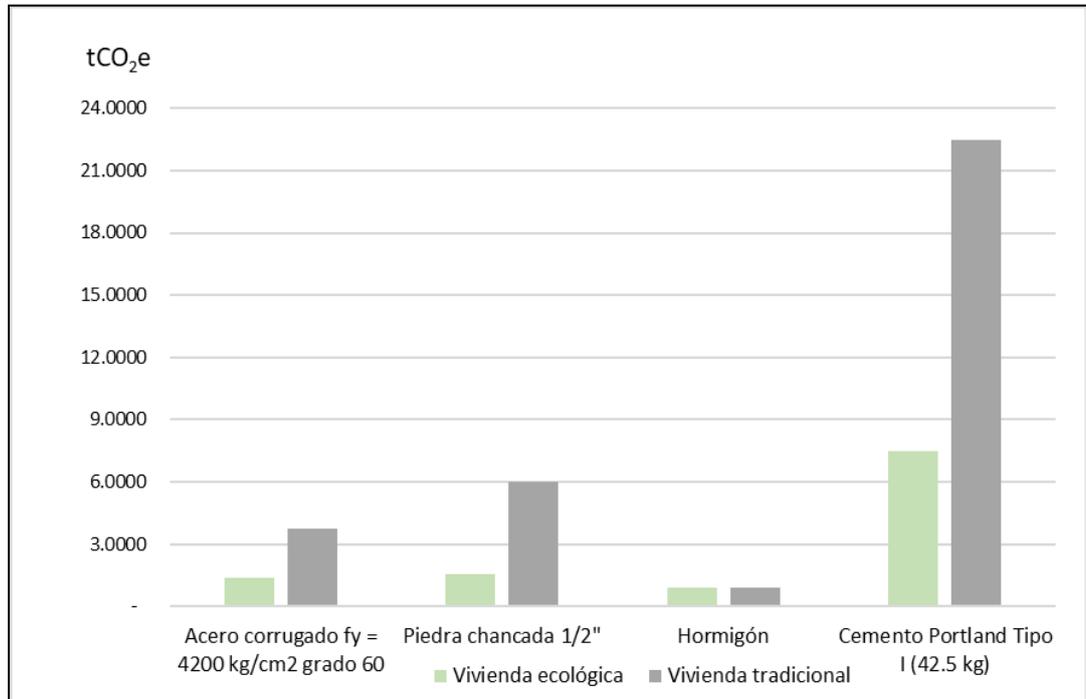


Figura 163: Análisis comparativo de materiales con diferencias significativas en relación a la emisión de tCO₂e entre la vivienda ecológica y la vivienda tradicional

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El bambú cumplió criterios sísmo resistentes como elemento estructural en la vivienda ecológica, además de contar con una óptima respuesta en relación al costo, plazo e impacto ambiental generado.
2. El bambú contó con características físicas y mecánicas que lo hicieron óptimo para el diseño de la vivienda ecológica, debido a que las muestras utilizadas en los ensayos de corte, compresión y tensión dieron como resultado valores promedio iguales a 5.2Mpa, 38.93Mpa y 109.3Mpa respectivamente, siendo 5, 3 y 7 veces mayores a los valores establecidos por la NTP E.100.
3. La vivienda diseñada al ser simétrica y no contar con irregularidades en planta, según el criterio mencionado en la Norma E.030, favoreció el diseño sísmo resistente, el diseño de columnas se optimizó al haberse considerado la correcta unión con las vigas a través de un sistema empernado, precisándose que el bambú al ser un elemento versátil cuenta con la facilidad para diversos tipos de uniones, incluidos los amarres, así como cortes especiales y maquinado de elementos, por otro lado, el diseño arquitectónico de la vivienda consideró una adecuada ventilación de los ambientes, siendo este aspecto positivo para la preservación del bambú y confort de sus ocupantes, se consideraron además aleros en el techo a dos aguas para la protección del bambú instalado en muros y columnas frente a posibles precipitaciones y un sardinel de 0.20m, con el propósito de proteger al bambú del contacto directo con el suelo de fundación y la humedad aportada por este, por ende el diseño estructural y arquitectónico de la vivienda ecológica tuvo resultados óptimos al utilizar bambú en su composición.
4. El modelamiento de la vivienda ecológica tuvo resultados óptimos cumpliendo criterios sísmo resistentes, debido a que el desplazamiento lateral relativo obtenido fue igual a 0.006452, el cual es inferior al límite máximo establecido por la NTP E.030 igual a 0.010 para estructuras en madera, asimismo el

arriostramiento de los paneles reduce adicionalmente hasta en un 57% los desplazamientos laterales de la estructura, las vigas cumplieron las comprobaciones por flexión, corte y aplastamiento, finalmente las columnas cumplieron las comprobaciones de flexo con tensión axial y flexo compresión, siguiendo los lineamientos establecidos en la normativa E.100 con los valores obtenidos del programa CSI Etabs v19.1.0.

5. El costo de construcción de la vivienda ecológica fue menor al de una vivienda de similares características que consideró métodos tradicionales de construcción, tal es así que el costo de la vivienda ecológica ascendió a S/ 63,115.85, mientras que el costo de la vivienda tradicional ascendió a S/.90,592.31, obteniéndose un ahorro del 30% en el costo de construcción de la vivienda ecológica, entre las partidas que presentaron una mayor incidencia en el presupuesto de la vivienda ecológica se encuentran los muros con un 28.71%, seguida de las estructuras de viga y techo con un 16.63%, mientras que la partida movimiento de tierras solo representó el 1.48% del presupuesto, ya que por ser una estructura ligera requirió un volumen mínimo de excavación.
6. El plazo de construcción de la vivienda ecológica fue menor al de una vivienda de similares características que consideró métodos tradicionales de construcción, tal es así que el plazo de construcción la vivienda ecológica ascendió a 32.5 días, mientras que el plazo de construcción de la vivienda tradicional ascendió a 97.5 días, obteniéndose una optimización del 67% en el plazo de construcción de la vivienda ecológica, siendo la construcción de muros la actividad con mayor incidencia en la programación, ya que esta considera la colocación de mortero como parte de su composición, favoreciendo la etapa de acabados, reduciéndola a tan solo dos días.
7. Los beneficios ambientales de la construcción de la vivienda ecológica fueron mayores al de una vivienda de similares características que consideró métodos tradicionales de construcción, tal es así, que la emisión de dióxido de carbono generada por los materiales utilizados en la construcción de la vivienda ecológica ascendió a 20.10 tCO₂e, mientras que la generada por los materiales

utilizados en la construcción de la vivienda tradicional ascendió a 42.6 tCO₂e, obteniéndose una optimización del 53% en las emisiones generadas por la vivienda ecológica, el cemento portland como parte de la vivienda ecológica aportó 7.5 tCO₂e y como parte de la vivienda tradicional aportó 22.48 tCO₂e, siendo en ambas viviendas el material con mayor aporte de dióxido de carbono, principal componente del gas de efecto invernadero y el calentamiento global, por otro lado el tCO₂e generado por el panel tecnoblock al ser un elemento compuesto por poliestireno expandido ascendió a 4.80tCO₂e, representando el 23.87% de emisiones generadas por la vivienda ecológica, ocupando el segundo lugar después del cemento portland.

RECOMENDACIONES

1. Reevaluar los esfuerzos admisibles indicados en la NTP E.100, realizando pruebas de laboratorio de especies de guadua angustifolia de diversas zonas del país que validen los parámetros a establecer.
2. Evitar las irregularidades en planta y en elevación para el mejor cumplimiento de criterios sismo resistentes.
3. Considerar los tipos de uniones y conexiones óptimas para el diseño de los elementos estructurales con bambú.
4. Considerar en el diseño arquitectónico la protección de los elementos estructurales que utilizan bambú en su composición, a fin de preservarlos de las precipitaciones y la humedad.
5. Contar con un adecuado estudio de suelos que determine la presencia de nivel freático para así considerar una correcta altura de sardinel.
6. Verificar los parámetros sísmicos de la zona de emplazamiento, para realizar un adecuado diseño sismo resistente y el correcto modelamiento en el programa CSI Etabs v19.1.0 u otro similar.
7. Realizar un adecuado metrado de cargas que considere todas las posibles contribuciones por factores climatológicos y ambientales vinculados a la zona de emplazamiento, cumpliendo con las combinaciones de carga dadas por la NTP E.020.
8. Los costos y plazos asociados a las partidas con bambú pueden ser optimizados de considerarse la sistematización para la fabricación y montaje de estructuras, asimismo la mano de obra calificada puede mejorar los rendimientos impactando favorablemente en los costos unitarios.
9. Considerar las viviendas ecológicas como una alternativa de construcción en zonas productoras de bambú guadua angustifolia, debido a que los costos asociados a las partidas que involucran al bambú en su composición podrían verse afectados de forma favorable por ser un producto local.
10. Se sugiere la difusión del contacto de negocios locales de la zona de la Florida que suministren bambú preservado para fines comerciales o de investigación.

11. Se recomienda la capacitación de personal local en técnicas de construcción con guadua angustifolia, para así contar con mano de obra calificada con el propósito de optimizar los tiempos de construcción mejorando los rendimientos.
12. Utilizar como material alternativo una cobertura a base de caucho reciclado, una alternativa ligera, económica y ambientalmente sostenible u otra similar, con el propósito de reducir las emisiones de dióxido de carbono generadas por el panel tecnoblock.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (FIN) NDP/MAO (13 de noviembre de 2020) ¿Por qué debemos reducir a cero las emisiones de carbono? *Andina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-minam-por-debemos-reducir-a-cero-las-emisiones-carbono-821431.aspx>
- Agencia Internacional de Energía –IEA. (2019). *Perspectivas energéticas mundiales 2019*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/electricity>
- Anónimo (30 de septiembre del 2017). Organizaciones harán casas de bambú para damnificados en Puebla. *NOTIMEX*. Recuperado de <https://www.proquest.com/docview/1944670299/DE574ED14E014F73PQ/5?accountid=45097>
- Anónimo (s.a). El CO₂ derivado de la construcción y el papel captador del bambú guadua como material alternativo. *EcoHabitar*. Recuperado de <https://ecohabitar.org/el-co2-derivado-de-la-construccion-y-el-papel-captador-del-bambu-gadua-como-material-alternativo/>
- Anónimo. (03 de diciembre de 2017) Chan Chan: una ciudad hecha de adobe y piedra. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/conoce-festejos-aniversario-31-chan-chan-patrimonio-unesco-noticia-477967-noticia/?ref=ecr>
- Anónimo. (20 de noviembre del 2011) Un incendio destruye más de 100 casas en Guayaquil. *El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/america/2009/11/20/noticias/1258742796.html>
- Anónimo. (23 de diciembre 2019) Cambio climático: los gráficos animados que muestran los 15 países que más CO₂ emitieron en los últimos 20 años. *BBC News Mundo*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-50811389>
- Arboccó, H. (2020, julio). Sistema constructivo no convencional SCNC – Cañacreto. *Bambucyt*. Recuperado de

http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/revistas/CIB/BAMBUCYT_TERCERA_EDICION.pdf

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS. (s.a). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. Recuperado de https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/MANUAL%20BAHAREQUE.pdf

Banco Central de Reserva del Perú– BCR. (2019). *Informe Económico y Social Región Cajamarca*. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2019/cajamarca/ies-cajamarca-2019.pdf>

Barnet, Y. (2020, julio). Logros y desafíos de la construcción con bambú en el Perú. *Bambucyt*. Recuperado de http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/revistas/CIB/BAMBUCYT_TERCERA_EDICION.pdf

Bedoya, C. (enero-junio 2018). Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material. *Revista de Arquitectura*. Recuperado de <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/1193/1875>

Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%c3%b3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

Blackman, R., & Carter, I. (Ed.). (2009) *Sostenibilidad Ambiental*. Inglaterra, Reino Unido: Editorial Tearfund. Obtenido de <https://learn.tearfund.org/-/media/learn/resources/series/roots/roots-13-s-complete-book.pdf>

Bonilla, D., & Merino, J. (2017). *Estudio de las Propiedades Físicas de la Caña Guadúa y su Aplicación como Refuerzo en la Construcción de Estructuras de Adobe* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17267>

- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo, Perú. Recuperado de https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil?from_action=save
- Camacho, M., & De La Cruz, L. (2019). *Diagnostico Situacional de la Producción del Bambú (Guadua Angustifolia K.) en el Distrito de la Florida, de la Provincia San Miguel Región Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3628>
- Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO (2020). *Informe Económico de la Construcción- Edición 32*. Recuperado de http://www.construccionindustria.com/iec/descarga/IEC32_0820.pdf
- Canavan, S., Richardson, D., Visser, V., Le Roux, J., Vorontsova, M., y Wilson, J. (2017). The global distribution of bamboos: Assessing correlates of introduction and Invasión. *AoB PLANTS*. doi :10.1093/aobpla/plw078
- Carazas, W. y Rivero, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica. Recuperado de <https://reconstruir.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/guia-de-construccion-bahareque-parasismica.pdf>
- Carpio, P., & Vásquez, J. (2016). *Características Físicas y Mecánicas del Bambú para Fines Estructurales* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Lima. Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4462>
- Cassandro, R. (2017). *Muro panel compuesto en guadua para vivienda– Modelo experimental de muro de panel en guadua para vivienda en la zona cafetera* (Tesis de maestría). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15387>
- Centro Regional de Sismología para América del Sur – Misión CERESIS / UNESCO (2007). *Estudio de la zona afectada por el terremoto de Pisco. Intensidades y daños del terremoto*. Recuperado de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2411/doc2411-contenido.pdf>

- Cerrón, T. (2016). *Estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco* (tesis de Maestría). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/977>
- Chavez, J., & Cueva, J. (2020) *Propuesta de vivienda modular sostenible mediante la utilización de paneles de quincha prefabricada para atención de las demandas de refugio en Sondorillo, Huancabamba, Piura* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653227>
- Chinchayán, L. (2016). *Aportes de mano de obra y materiales, para la creación de partidas en la construcción con bambú (Guadua angustifolia)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2049>
- Cimenta JBM E.I.R.L. (2019). *Estudio de Mecánica de Suelos del Proyecto Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua Potable y Saneamiento en los caseríos de Limoncito, Carrizal, Vista Alegre, Ajosmayo, Montecristo y los anexos de el Palmo, Sequez Bajo, Guarani, Piedra Angosta, La Cueva, y Hualanguito, en el Distrito de la Florida – San Miguel – Cajamarca*.
- Circulo de Investigación del Bambú - CIB. (2020). *Manual Técnico de Identificación del Bambú*. Recuperado de <https://circulodeinvestigaciondelbambuperu.blogspot.com/2020/12/manuales-tecnicos-para-la.html>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. (2021). *Panorama Social de América Latina 2020*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46687-panorama-social-america-latina-2020>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. (2021). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe 2020*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46501-balance-preliminar-economias-america-latina-caribe-2020>

- Comisión Nacional Forestal (2002). *Manual para la construcción Sustentable con Bambú*. Recuperado de [https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL PARA LA CONSTRUCCION SUSTENTABLE CON BAMBU.PDF](https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF)
- Coto, M. (1991). Características Generales del Bambú. En Centro Interamericano de Artesanías y Artes Populares. (Ed.), Revista Artesanías de América N° 36 (57-72). Cuenca, Ecuador: Editorial CIDAP. Recuperado de [http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1301/1/Revista%2036 Completa.pdf](http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1301/1/Revista%2036_Completa.pdf)
- Cuji, I. (2016). *Análisis de la caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23506>
- Estacio, D. (2013). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del bambú – Bagua – Amazonas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/364>
- Fúquene, A. (2019). *Diseño de una morfología estructural en bambú Guadua angustifolia Kunth para la construcción de equipamientos públicos con luces no mayores a 24 metros en Colombia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75860>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F, México. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hidalgo, O. (1974) *Bambú su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía*. Cali, Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Recuperado de <https://1library.co/document/q2nm64pq-bambu-cultivo-aplicaciones-fabricacion-construccion-arquitectura-ingenieria-artesania.html>

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2007). *NTC-5525:2007 Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.* Recuperado de <https://www.icontec.org/rules/metodos-de-ensayo-para-determinar-las-propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-la-guadua-angustifolia-kunth/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2016). *NTC-5405:2016 Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.* Recuperado de <https://www.icontec.org/rules/propagacion-vegetativa-de-guadua-angustifolia-kunth/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2018). *NTC-5407:2018 Uniones de Estructuras con Guadua Angustifolia.* Recuperado de <https://www.icontec.org/rules/uniones-de-estructuras-con-guadua-angustifolia-kunth/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2019). *NTC-5458:2019 Elaboración de Muebles con Culmo Maduro de Guadua Angustifolia Kunth.* Recuperado de <https://www.icontec.org/rules/uniones-de-estructuras-con-guadua-angustifolia-kunth/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2020). *NTC-5300:2020 Cosecha y Post Cosecha del Culmo de Guadua Angustifolia Kunth.* Recuperado de <https://www.icontec.org/rules/cosecha-y-postcosecha-del-culmo-de-guadua-angustifolia-kunth/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2018). *Cajamarca. Resultados Definitivos.* Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1558/
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2018). *Censos 2017: Departamento de Cajamarca cuenta con 1 341 012 habitantes.* Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/censos-2017-departamento-de-cajamarca-cuenta-con-1-341-012-habitantes-11069/>

- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2018). *Informe Nacional Perú - Perfil Sociodemográfico 2017*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2019). *Perú Anuario de Estadísticas ambientales 2019*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf
- Juárez, D. (2019). *Uso y rentabilidad del Bambú como Material Estructural de Construcción* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP, Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15946>
- Londoño, X. (2005). Aspectos Generales de los Bambúes Americanos. En Conferencia Magistral presentada en el I Congreso Mexicano del Bambú- Xalapa (Ed.), Editorial BIO BAMBU. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/93373986/ASPECTOS-GENERALES-BAMBUES>
- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social – MIDIS. (2019). *¿Dónde invertir para incluir? Seguimiento de las brechas de acceso a servicios básicos*. Recuperado de <https://sdv.midis.gob.pe/RedInforma/Upload/publicacion/Boletin%20de%20Brechas%20Servicios%20Basicos.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2016). *Estructuras de Guadua*. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial (1997). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). *Norma Técnica E.100 Bambú*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/DS-011-2012-VIVIENDA.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismo resistente*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/anexo-de-rm-n-355-2018-vivienda-mediante-la-cual-se-modi-anexo-rm>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/resoluciones-ministeriales-que-modifican-la-norma-tecnica-em-resolucion-ministerial-ns-400-y-406-2018-vivienda-1718935-1>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Norma Técnica E.020 Cargas*. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/15atg-9w0OEXjR5C1m6IXUFihwYeUh1aN/view>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Ministerio de Vivienda alista propuesta para reducir riesgos en viviendas construidas sin asistencia técnica*. Recuperado de <https://www.gob.pe/cn/institucion/vivienda/noticias/502324-ministerio-de-vivienda-alista-propuesta-para-reducir-riesgos-en-viviendas-construidas-sin-asistencia-tecnica>
- Ministerio del Ambiente (2015). *El primer Parque Temático sobre Cambio Climático en Sudamérica fue inaugurado hoy gracias al MINAM y a Municipalidad de Surco*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/vocesporclima/2015/12/21/el-primer-parque-tematico-sobre-cambio-climatico-en-sudamerica-fue-inaugurado-hoy-gracias-al-minam-y-a-municipalidad-de-surco/>
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., y Valdivia, R. (2018). Cambio climático. *La construcción sostenible en el Perú*, 39. Recuperado de <https://www.cies.org.pe/es/articulo/la-construccion-sostenible-en-el-peru>

- Moreira, E., Toala, M. & Loor, J. (2019, diciembre). Construcciones sostenibles: materiales ecológicos en viviendas de interés social (VIS) como aporte al hábitat urbano. *Daya*. Recuperado de <http://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/issue/view/40>
- Municipalidad Distrital La Florida, San Miguel, Cajamarca. (14 de noviembre del 2019). Proyecto de pistas y veredas en La Florida [Álbum de fotos]. Recuperado de <https://www.facebook.com/Municipalidad-Distrital-La-Florida-San-Miguel-Cajamarca-982652738789581/photos/a.1189108661477320/1189109938143859>
- Naciones Unidas. (2018). *World Urbanization Prospects 2018*. Recuperado de <https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO (2020). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020*. Recuperado de <http://www.fao.org/documents/card/es/c/ca9825es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). Vocabulario. Recuperado de <http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/page/concept7775>
- Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2014). *El bambú: un recurso estratégico para que los países reduzcan los efectos del cambio climático*. Recuperado de https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/informe-de-sintesis-de-politicas-1-el-bambu-un-recurso-estrategico-para-que-los-paises-reduzcan-los-efectos-del-cambio-climatico-spanish/
- Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2014). *Estudio de vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el Norte del Perú*. Recuperado de [https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio de vulnerabilidad de las viviendas.pdf](https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_de_las_viviendas.pdf)
- Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2014). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (guadua angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú*. Recuperado de

https://usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf

Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2015). *Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) - Manual de Construcción*. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf

Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (Guadua Angustifolia) en el Perú*. Recuperado de https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/estudio-de-la-cadena-desde-la-produccion-al-consumo-del-bambu-guadua-angustifolia-en-peru/

Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2016). *Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado*. Recuperado de https://www.inbar.int/es/resources/inbar_publications/guia-de-diseno-para-la-vivienda-de-bahareque-encementado-spanish/

Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2016). *Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú y recomendaciones para la reconstrucción con bambú en la Costa Ecuatoriana*. Recuperado de https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/reporte-post-sismo-sobre-estructuras-de-bambu-y-recomendaciones-para-la-reconstruccion-con-bambu-en-la-costa-ecuatoriana-spanish/

Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2017). *Las artes y técnicas de tejidos de la construcción de bambú*. Recuperado de <https://bambu.com.ec/project/las-artes-y-tecnicas-de-tejidos-de-la-construccion-de-bambu/>

Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2018). *El bambú y el Ratán para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado de https://www.inbar.int/es/resources/inbar_publications/el-bambu-y-el-ratan-para-el-desarrollo-sostenible-spanish/

- Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2019). *Razones para pensar en Bambú*. Recuperado de https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/razones-para-pensarenbambu-hoja-informativa-spanish/
- Organización Internacional de bambú y ratán – INBAR. (2020). *Bambú y ratán para los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas*. Recuperado de https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/04/INBAR_brochure_SP1.pdf
- Pedreño, A. (2014). *Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción* (Tesis de postgrado). Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4526/tfm446.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Presidencia del Consejo de ministros – PCM. (2019). *Programa presupuestal de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres – PREVAED*. Recuperado de http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/PP0068_6-5-19_FINAL.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – UNEP – PNUMA. (2020). *El mundo registra concentración record de dióxido de carbono a pesar de la Covid-19*. Recuperado de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-mundo-registra-concentracion-record-de-dioxido-de-carbono-pesar>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española* (23.a ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/>
- Romero, J. (2016). *Procesos de Construcción con bambú, casa habitación* (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, Tecamachalco, México. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/25221>
- Salvatierra, B. (2019). *Aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete* –

2019. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46380>
- Sánchez, M. y Espuna, J. (2017). Bambucreto: una alternativa para la edificación sustentable. Tamaulipas, México: Pearson. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/113246>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción –SENCICO. (2014). *Manual de Construcción de Estructuras con Bambú*. Recuperado de https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/MANUAL_DE_CONSTRUCCION_DE_ESTRUCTURAS_DE_BAMBU.pdf
- Sistema Nacional de Información Ambiental – SINIA – MINAM. (2018). *Indicador: Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/931>
- Takeuchi, C., Luna, P., Estrada, M., Linero, D., Lizarazo, J. y Rojas, J. (2016). *Comportamiento mecánico de elementos estructurales fabricados con guadua laminada pegada prensada*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/130006>
- The International Organization for Standardization. (2019). *ISO 22157:2019 Estructuras de bambú. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los tallos de bambú. Métodos de ensayo*. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/65950.html>
- Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. (2013). *Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas*. Recuperado de <http://www.si3ea.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=6G1VGDdWfHc%3D&tabid=90&mid=449&language=en-US>
- Vargas, W. (2016). *Vigas de Concreto Reforzado con Bambú (Guadua Angustifolia) para Construcciones Rurales* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria

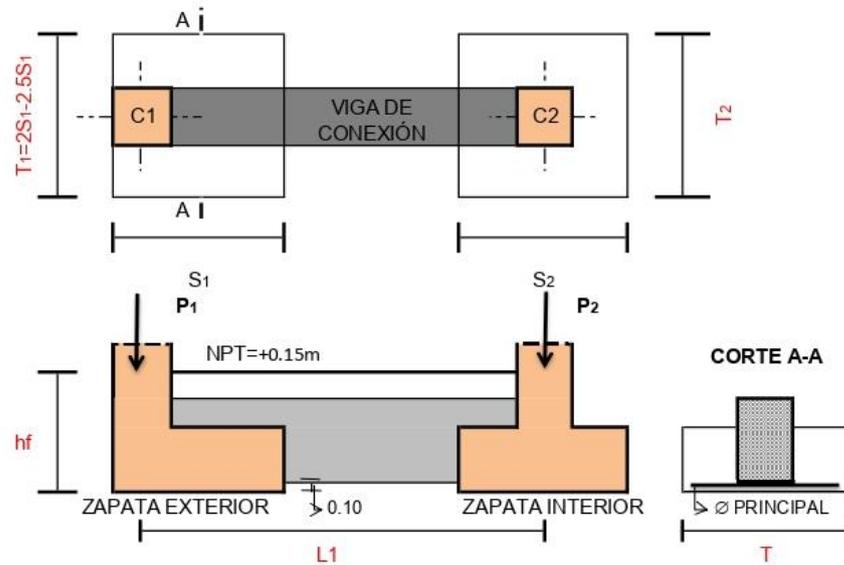
La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2488>

Zapatero, J. (2010). *Fundamentos de Investigación para estudiantes de ingeniería*. México D.F, México. Recuperado de <https://vdocuments.es/fundamentos-de-investigacion-para-estudiantes-de-ingenieriaead-12-el-campo.html>

Zuleta, G. (julio-diciembre 2011). La arquitectura en tierra: una alternativa para la construcción sostenible. *Revista Hábitat Sustentable*. Recuperado de https://issuu.com/revistahabitatsustentable/docs/v1n1_diciembre_2011

ANEXOS

Anexo 1 : Análisis y diseño de zapatas y vigas de conexión



DATOS

ZAPATA EXTERIOR

$$P_1 = P_{D1} + P_{L1}$$

$$P_{D1} = 1.2 \quad T_n$$

$$P_{L1} = 0.5 \quad T_n$$

$$\sigma = 0.71 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$h_f = 1.20 \quad \text{m}$$

$$\gamma_m = 1.55 \quad \text{Tn/m}^3$$

ZAPATA INTERIOR

$$P_2 = P_{D2} + P_{L2}$$

$$P_{D2} = 1.2 \quad T_n$$

$$P_{L2} = 0.5 \quad T_n$$

$$S/C \text{ piso} = 0.20 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$f_c = 245 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \quad \text{kg/cm}^2$$

DIMENSION DE COLUMNAS

C1:

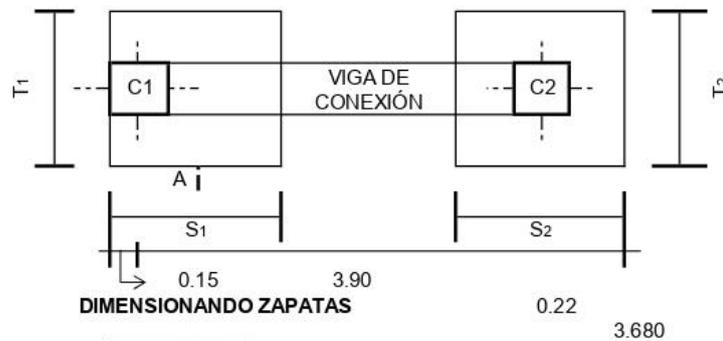
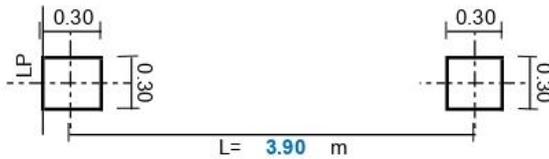
$$t_1 = 0.30 \quad \text{m}$$

$$t_2 = 0.30 \quad \text{m}$$

C2:

$$t_1 = 0.30 \quad \text{m}$$

$$t_2 = 0.30 \quad \text{m}$$



DIMENSIONANDO ZAPATAS

$$A_z = \frac{1.20P_1}{\sigma_n}$$

$$P_1 = 1.7 \quad T_n$$

$$\sigma_n = 5.04 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$\rightarrow A_z = 0.395 \quad \text{m}^2$$

$$S = 0.44 \quad \text{m}$$

VIGA DE CONEXIÓN

$$h = \frac{L}{7} = 0.557 \text{ m}$$

$$b = \frac{P_1}{31 \cdot L} = 0.014 \text{ m} \quad h/2 = 0.2786$$

Usar: $b \times h = 0.30 \times 0.30 \text{ m}^2$

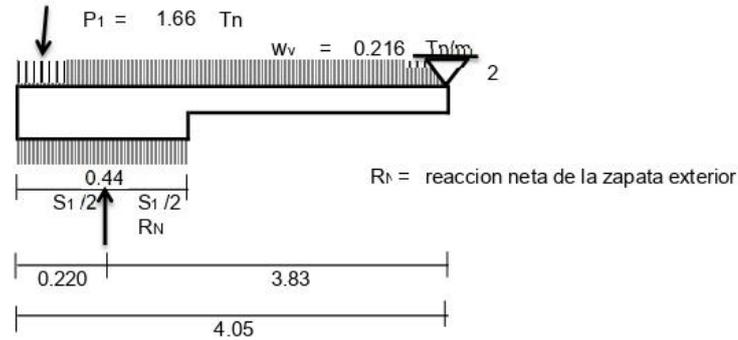
DIMENSION DE ZAPATA EXTERIOR

$$w_v = 0.3 \cdot 0.3 \cdot 2.4 = 0.216 \text{ Tn/m}$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$R_N \cdot (3.83) = P_1 \cdot 3.9 + 0.216 \cdot 4.05^2 / 2$$

$$R_N = 2.1529 \text{ Tn}$$



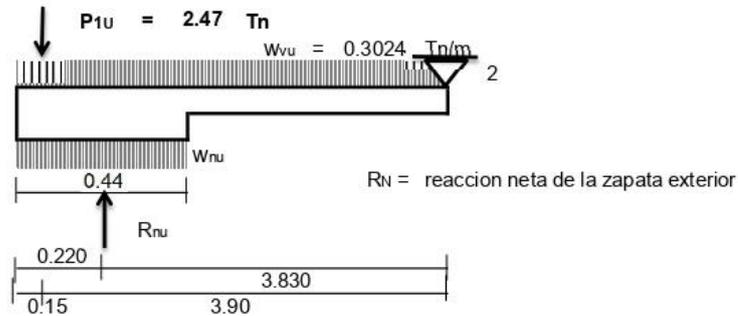
$$A_z = \frac{R_n}{\sigma_n} = 0.43 \text{ m}^2$$

$$S_1 = 0.44$$

$$0.427 = T_2 \cdot 0.44 = 0.970 \text{ m}$$

Usar: $T_1 \times S_1 = 0.60 \times 0.60 \text{ m}^2$

DISEÑO DE LA VIGA DE CONEXIÓN



$$P_{1U} = 2.47 \text{ Tn}$$

$$W_{vu} = 0.3024 \text{ Tn/m}$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$R_{NU} \cdot 3.83 = P_{1U} \cdot 3.9 + 0.3024 \cdot 4.05^2 / 2$$

$$R_{NU} = 3.1668 \text{ Tn}$$

$$W_{NU} = \frac{R_{NU}}{S_1} = 7.1972 \text{ Tn/m}$$

SECCION DE MOMENTO MAXIMO, $X_o \leq S$

$V_x = (W_{nu} - W_{vu})X_o - P_{1U} = 0$

$$X_o = 0.359 \text{ m} < S = 0.44 \text{ m} \quad \text{CONFORME}$$

$$M_{umax} = (W_{nu} - W_{vu}) \frac{X_o^2}{2} - P1U \left(X_o - \frac{t1}{2} \right)$$

$$M_{umax} = -0.0728 \text{ Tn-m}$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \rightarrow A_s = 0.0939 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 0.06 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.064 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.043 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.064 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.043 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.064 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.043 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.064 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.043 \text{ cm}$$

CONFORME

USAR: 2 Ø 5/8 "

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \rightarrow \rho = 0.0044$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} \rightarrow \rho_{min} = 0.0033$$

$\rho > \rho_{min}$ CONFORME

REFUERZO EN LA CARGA INFERIOR

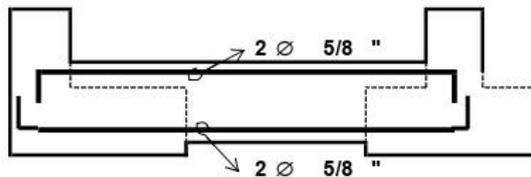
$$A_s^+ = \left[\frac{A_s^-}{3}, \frac{A_s^-}{2} \right] \geq A_{smin}$$

$$A_s = 1.9793 \text{ cm}^2$$

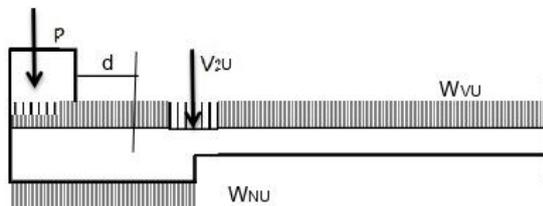
$$A_{smin} = 2.25 \text{ cm}^2$$

COMO $A_s < A_{smin} \Rightarrow$ USAR: 2 Ø 5/8 "

ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE ACERO



DISEÑO POR CORTE



$$V1U = (W_{nU} - W_{vU})(t1 + d) - P1U$$

$$V1U = 1.1651 \text{ Tn}$$

$$V2U = (W_{nU} - W_{vU}) * S - P1U$$

$$V_{2U} = 0.5597 \text{ Tn}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{0.56}{0.75} = 0.7463 \text{ Tn}$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 5.6694 \text{ Tn} \Rightarrow V_c < V_n \text{ CONFORME}$$

USAR :Estribo de montaje $\Rightarrow S \leq 36*\phi \rightarrow S \leq 68.76 \text{ cm}$
 Estribo: $\phi \text{ 3/8" @ 0.65 m}$

DISEÑO DE LA ZAPATA EXTERIOR

$$W_{NU} = \frac{R_{NU}}{T_1}$$

$$\rightarrow W_{NU} = 5.2779 \text{ Tn/m}$$

$$M_{u_{max}} = \frac{W_{nu} * l_v^2}{2}$$

$$M_{u_{max}} = 0.0594 \text{ Tn/m}$$

$$M_U = \phi * f'_c * b * d^2 * \omega(1 - 0.59\omega)$$

$$\rho = 0.004 \rightarrow \omega = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

$$\text{Si: } w = 0.0686$$

$$b = 44$$

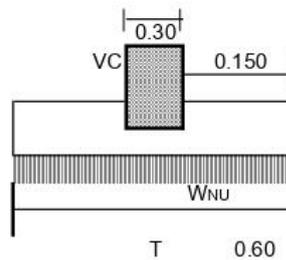
Despejando

$$d = \sqrt{\frac{M_U}{\phi * f'_c * b * \omega(1 - 0.59\omega)}}$$

$$\rightarrow d = 3.05 \text{ cm}$$

$$\text{USAR: } h = 20 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow d = 11.55 \text{ cm}$$



DISEÑO POR CORTE

$$V_{ud} = W_{Nu}(l_v - d)$$

$$V_{ud} = 0.1824 \text{ Tn}$$

$$V_n = \frac{V_{ud}}{\phi} = 0.2431 \text{ Tn}$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 5.7465 \text{ Tn} \Rightarrow V_c < V_n \text{ CONFORME}$$

DISEÑO POR FLEXION

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$\rightarrow A_s = 0.1512 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * S}$$

$$\rightarrow a = 0.05 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.1364 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.046 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.1363 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.046 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.136 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.046 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.136 \text{ cm}^2 \rightarrow a = 0.046 \text{ cm} \text{ CONFORME}$$

$$\text{USAR: } 4 \phi \text{ 3/8 " @ 0.15 m}$$

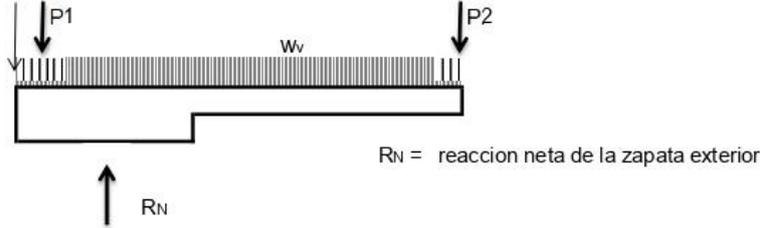
REFUERZO TRANSVERSAL

$$4S_{temp} = 0.0018 * b * t$$

$$\rightarrow A_{STemp} = 2.16 \text{ cm}^2$$

$$\text{USAR: } 4 \text{ } \varnothing \text{ } 3/8 \text{ " @ } 0.15 \text{ m}$$

DISEÑO DE LA ZAPATA INTERIOR



$$P_{2efectivo} = -P_2 - P_1 - W_v * l_v + R_N$$

$$P_{2efectivo} = -2.081936 \text{ Tn}$$

$$P_{2Uefectivo} = -P_2U - P_1U - W_vU * L_{vu} + R_{nu}$$

$$P_{2Uefectivo} = -3.06 \text{ Tn}$$

$$A_z = \frac{P_{2efectivo}}{\sigma_t}$$

$$\rightarrow A_z = 0.41 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 0.643 \text{ m} \quad T_2 = 0.643$$

$$\text{Usar: } T_2 \times S_2 = 0.60 \times 0.60 \text{ m}^2$$

$$W_{nu} = \frac{P_{2efectivo}}{A_z} = 7.41 \text{ Tn/m}^2$$

$$l_v = \frac{T_2 - t_2}{2} \rightarrow l_v = 0.15 \text{ m}$$

$$M_{u_{max}} = \frac{W_{nu} * l_v^2}{2}$$

$$M_{u_{max}} = 0.05003 \text{ Tn/m}$$

$$\text{USAR: } h_{min} = 0.50 \text{ m} \Rightarrow d_{pr} = 0.4059$$

VERIFICANDO POR PUNZONAMIENTO

$$V_u = P_{U_{efectivo}} - W_{nu}(m)(n)$$

$$m = 0.653 \text{ m}$$

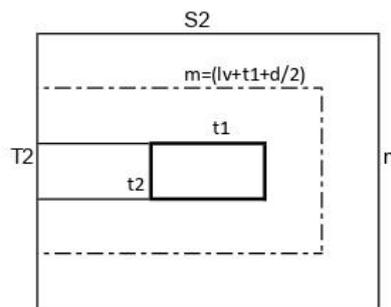
$$n = 0.906 \text{ m}$$

$$V_u = -1.323 \text{ Tn}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = -1.556 \text{ Tn}$$

$$V_c = 1.06 * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

$$b_o = 2 * m + n = 2.2118$$



$$\rightarrow V_c = 148.95 \text{ Tn}$$

$$\Rightarrow V_c > V_n$$

CONFORME

VERIFICACION POR CORTE

$$V_{ud} = (W_{nu} * L)(l_v - d)$$

$$V_{ud} = -1.138 \text{ Tn}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = -1.339 \text{ Tn}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 20.204 \text{ Tn}$$

⇒ $V_c > V_n$
CONFORME

DISEÑO POR FLEXIÓN

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

→ $A_s = 0.0362 \text{ cm}^2$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * S}$$

→ $a = 0.01 \text{ cm}$

$A_s = 0.0326 \text{ cm}^2$ → $a = 0.011 \text{ cm}$

$A_s = 0.0326 \text{ cm}^2$ → $a = 0.011 \text{ cm}$

$A_s = 0.033 \text{ cm}^2$ → $a = 0.011 \text{ cm}$

$A_s = 0.033 \text{ cm}^2$ → $a = 0.011 \text{ cm}$

CONFORME

USAR: 4 Ø 3/8 " @ 0.15 m

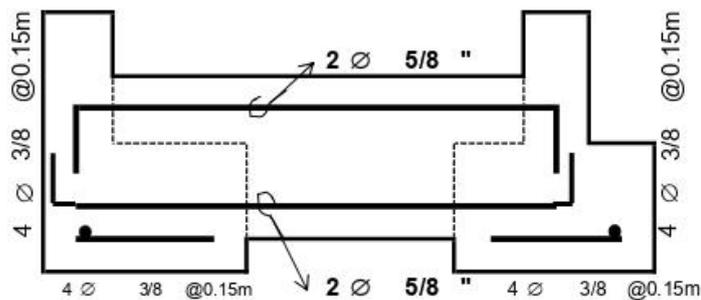
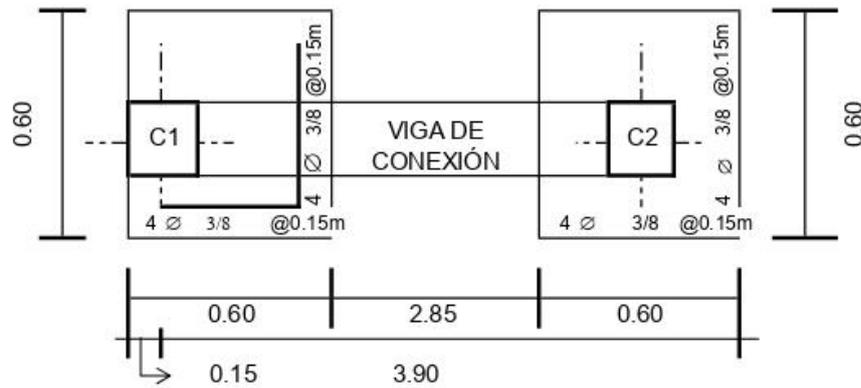
REFUERZO TRANSVERSAL

$$A_{strans} = A_s * \frac{T}{S}$$

$A_{strans} = 0.033 \text{ cm}^2$

USAR: 4 Ø 3/8 " @ 0.15 m

ESQUEMA DE ARMADO



Anexo 2: Resultados de pruebas de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : HURTADO LILIAM - STEFANY VEGA
Obra : VIVIENDA ECOLÓGICA - LA FLORIDA
Ubicación : LA FLORIDA, SAN MIGUEL - CAJAMARCA
Asunto : Ensayo de Resistencia al Corte Paralelo a las Fibras en Culmos de Bambú
Expediente N° : 21-1885-2
Recibo N° : 75474
Fecha de emisión : 17/09/2021

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 06 probetas de bambú de la especie Guadua Angustifolia.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ZWICK ROELL
 Certificado de Calibración: CMC-050-2021
3. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTC 5525-2007
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	PRESENCIA DE NUDO	LARGO PROMEDIO (mm)	ESPESOR PROMEDIO (mm)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A CORTE (MPa)
1	CR-1	Inferior	13/09/2021	15/09/2021	Sí	97.92	8.30	2260	6.8
2	CR-1	Inferior	13/09/2021	15/09/2021	No	98.01	7.86	1670	5.3
3	CR-2	Inferior	13/09/2021	15/09/2021	Sí	99.82	8.15	4360	13.1
4	CR-2	Inferior	13/09/2021	15/09/2021	No	98.90	8.10	1740	5.3
5	CR-3	Inferior	13/09/2021	15/09/2021	Sí	119.99	11.23	8120	14.7
6	CR-3	Inferior	13/09/2021	15/09/2021	No	119.37	10.99	2710	5.0

5. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Elaborado por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. A.S.V.




Ing. Rafael Cachay Huamán
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : HURTADO LILIAM - STEFANY VEGA
 Obra : VIVIENDA ECOLÓGICA - LA FLORIDA
 Ubicación : LA FLORIDA, SAN MIGUEL - CAJAMARCA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión Paralelo a las Fibras en Culmos de Bambú
 Expediente N° : 21-1885-1
 Recibo N° : 75474
 Fecha de emisión : 17/09/2021

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 03 probetas de bambú de la especie Guadua Angustifolia.
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ZWICK ROELL
 Certificado de Calibración: CMC-050-2021
 3. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTC 5525-2007
 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO PROMEDIO (mm)	ESPESOR PROMEDIO (mm)	ÁREA NETA DE LA SECCIÓN (mm ²)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (MPa)
1	C1	Superior	13/09/2021	15/09/2021	96.66	7.60	2127.05	7170	33.0
2	C2	Superior	13/09/2021	15/09/2021	92.35	7.35	1961.37	8510	42.5
3	C3	Superior	13/09/2021	15/09/2021	114.96	10.65	3487.39	14700	41.3

5. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Elaborado por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. A.S.V.



Ing. Rafael Cachay Huamán
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : HURTADO LILIAM - STEFANY VEGA
 Obra : VIVIENDA ECOLÓGICA - LA FLORIDA
 Ubicación : LA FLORIDA, SAN MIGUEL - CAJAMARCA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Tensión Paralelo a las Fibras en Culmos de Bambú
 Expediente N° : 21-1885-3
 Recibo N° : 75474
 Fecha de emisión : 17/09/2021

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 03 probetas de bambú de la especie Guadua Angustifolia.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ZWICK ROELL
 Certificado de Calibración: CMC-050-2021
3. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTC 5525-2007
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO PROMEDIO (mm)	ESPESOR PROMEDIO (mm)	ÁREA DE ENSAYO (mm ²)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA TENSIÓN (MPa)
1	T-1	Medio	14/09/2021	17/09/2021	18.54	7.17	124.23	1430	112.8
2	T-2	Medio	14/09/2021	17/09/2021	18.49	7.33	136.51	1474	105.8
3	T-3	Medio	14/09/2021	17/09/2021	19.60	9.63	189.85	1578	81.5

5. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Elaborado por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. A.S.V.



Ing. Rafael Cachay Huamán
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : HURTADO LILIAM - STEFANY VEGA
 Obra : VIVIENDA ECOLÓGICA - LA FLORIDA
 Ubicación : LA FLORIDA, SAN MIGUEL - CAJAMARCA
 Asunto : Ensayo de Contenido de Humedad y Densidad en Cuímos de Bambú
 Expediente N° : 21-1885-4
 Recibo N° : 75474
 Fecha de emisión : 17/09/2021

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 probetas de bambú de la especie Guadua Angustifolia.
2. DEL EQUIPO : Horno N°8 y Balanza N°5
 Certificados de Calibración: IM-1183-2020 y IM-14946-2020
3. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTC 5525-2007
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (mm)			VOLUMEN VERDE (cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
				LARGO	ANCHO	ESPESOR			
1	C-1	01/09/2021	16/09/2021	24.91	24.82	7.82	4.835	16.7%	620.50
2	CR-1 sin nudo	01/09/2021	16/09/2021	25.11	25.18	8.02	5.071	13.8%	571.90
3	CR-1 con nudo	01/09/2021	16/09/2021	24.92	25.07	7.47	4.667	17.2%	621.41
4	C-2	01/09/2021	16/09/2021	24.91	24.81	8.1	5.006	17.9%	559.34
5	CR-2 sin nudo	01/09/2021	16/09/2021	25.24	24.83	7.91	4.957	18.8%	645.52
6	CR-2 con nudo	01/09/2021	16/09/2021	25.02	25.26	7.24	4.576	20.6%	743.05
7	C-3	01/09/2021	16/09/2021	25.07	25.36	10.52	6.688	16.7%	717.67
8	CR-3 sin nudo	01/09/2021	16/09/2021	24.92	24.74	11.02	6.794	17.0%	691.78
9	CR-3 con nudo	01/09/2021	16/09/2021	25.06	25.48	10.63	6.788	17.0%	780.84

5. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Elaborado por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. A.S.V.



Ing. Rafael Cachay Huamán
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 3: Análisis de precios unitarios - Vivienda ecológica con bambú

Presupuesto	1101001 VIVIENDA ECOLOGICA CON BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA				Fecha presupuesto	02/09/2021	
Subpresupuesto	001 VIVIENDA ECOLOGICA CON BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA						
Partida	01.01	Trazado y Replanteo s/equipo					
Rendimiento	m2/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m2	4.19		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0533	16.79	0.89
							1.60
	Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0050	5.85	0.03
0213030001	YESO		kg		0.5000	4.66	2.33
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		0.0264	6.20	0.16
0276010010	WINCHA METALICA		und		0.0005	33.81	0.02
							2.54
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.60	0.05
							0.05
Partida	01.02	Refine, Nivel y Compact./terreno Normal/con Pison Manual					
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m2	6.26		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0800	28.19	2.26
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0800	23.49	1.88
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0800	16.79	1.34
							5.48
	Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0500	6.00	0.30
							0.30
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	5.48	0.27
0301470002	PISON MANUAL		hm	1.0000	0.0800	2.60	0.21
							0.48
Partida	02.01	Excav. zanjas p/viga de cimentación Mat.suel.h=1.00 m.					
Rendimiento	m3/DIA	4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : m3	41.18		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.2000	28.19	5.64
0101010005	PEON		hh	1.0000	2.0000	16.79	33.58
							39.22
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	39.22	1.96
							1.96
Partida	02.02	Excav. Zapatas Mat.suelto h=1.00 m					
Rendimiento	m3/DIA	3.5000	EQ. 3.5000	Costo unitario directo por : m3	47.06		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.2286	28.19	6.44
0101010005	PEON		hh	1.0000	2.2857	16.79	38.38
							44.82
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	44.82	2.24
							2.24
Partida	02.03	Eliminación Material - Manual Dh=30 M.(distancia Promedio)					
Rendimiento	m3/DIA	6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por : m3	27.46		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.1333	28.19	3.76
0101010005	PEON		hh	1.0000	1.3333	16.79	22.39
							26.15
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	26.15	1.31
							1.31

Partida	03.01	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado				
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ 100.0000	Costo unitario directo por : m2		27.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0160	28.19	0.45
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.1600	23.49	3.76
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.57	1.49
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.6400	16.79	10.75
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.0800	24.30	1.94
18.39						
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0010	37.41	0.04
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0020	10.38	0.02
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.0300	14.27	0.43
0207030001	HORMIGON	m3		0.0650	41.00	2.67
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0081	6.00	0.05
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1515	18.92	2.87
6.08						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	18.39	0.92
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.0800	26.21	2.10
3.02						
Partida	03.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Viga Cimentacion				
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ 20.0000	Costo unitario directo por : m3		408.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0800	28.19	2.26
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	23.49	18.79
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.57	7.43
0101010005	PEON	hh	8.0000	3.2000	16.79	53.73
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	0.8000	24.30	19.44
101.65						
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0050	37.41	0.19
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0100	10.38	0.10
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.1500	14.27	2.14
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.8000	54.15	43.32
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5000	48.31	24.16
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1800	6.00	1.08
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		11.5000	18.92	217.58
288.57						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	101.65	5.08
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.4000	6.86	2.74
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.4000	26.21	10.48
18.30						
Partida	03.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia				
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ 300.0000	Costo unitario directo por : kg		5.94
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50
1.21						
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	3.94	0.08
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton		0.0011	4,111.72	4.52
4.60						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.21	0.06
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA	hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03
0.13						
Partida	04.01	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado				
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ 100.0000	Costo unitario directo por : m2		27.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0160	28.19	0.45
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.1600	23.49	3.76
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.57	1.49
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.6400	16.79	10.75
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.0800	24.30	1.94
18.39						

Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0010	37.41	0.04	
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0020	10.38	0.02	
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.0300	14.27	0.43	
0207030001	HORMIGON	m3		0.0650	41.00	2.67	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0081	6.00	0.05	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1515	18.92	2.87	
						6.08	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	18.39	0.92	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.0800	26.21	2.10	
						3.02	
Partida	04.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Zapata					
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m3		384.04	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	28.19	1.80	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	23.49	15.03	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	18.57	5.94	
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.5600	16.79	42.98	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	0.6400	24.30	15.55	
						81.30	
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0040	37.41	0.15	
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0080	10.38	0.08	
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.1200	14.27	1.71	
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.8000	54.15	43.32	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5000	48.31	24.16	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1800	6.00	1.08	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		11.5000	18.92	217.58	
						288.08	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	81.30	4.07	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3200	6.86	2.20	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3200	26.21	8.39	
						14.66	
Partida	04.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia					
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : kg		5.94	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50	
						1.21	
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	3.94	0.08	
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton		0.0011	4,111.72	4.52	
						4.60	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.21	0.06	
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04	
0301440005	DOBLADORA	hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03	
						0.13	
Partida	05.01	Concreto F'c 175 Kg/cm2 Sobrecimiento Reforzado					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3		429.49	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	28.19	1.88	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	23.49	31.32	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.57	12.38	
0101010005	PEON	hh	8.0000	5.3333	16.79	89.55	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	1.3333	24.30	32.40	
						167.53	
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0083	37.41	0.31	
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0167	10.38	0.17	
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.2500	14.27	3.57	
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.8000	54.15	43.32	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5000	48.31	24.16	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1800	6.00	1.08	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.4000	18.92	158.93	
						231.54	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	167.53	8.38	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.6667	6.86	4.57	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	26.21	17.47	
						30.42	

Partida	05.02 Acero Fy=4,200 Kg/cm ² Rend:300 Kg/día					
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : kg		5.94
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50
						1.21
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	3.94	0.08
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60	ton		0.0011	4,111.72	4.52
						4.60
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.21	0.06
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA	hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03
						0.13
Partida	05.03 Encofrado y desencofrado normal sobrecimiento reforzado					
Rendimiento	m ² /DIA	16.0000	EQ. 16.0000	Costo unitario directo por : m ²		46.30
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0500	28.19	1.41
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	23.49	11.75
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.57	9.29
						22.45
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2600	3.94	1.02
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.1600	5.85	0.94
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		3.3500	6.20	20.77
						22.73
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	22.45	1.12
						1.12
Partida	06.01 Falsopiso de 3" con Mezcl.1:8 C:h					
Rendimiento	m ² /DIA	125.0000	EQ. 125.0000	Costo unitario directo por : m ²		26.41
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0128	28.19	0.36
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.1280	23.49	3.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0640	18.57	1.19
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.3840	16.79	6.45
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.0640	24.30	1.56
						12.57
Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0008	37.41	0.03
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0016	10.38	0.02
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.0240	14.27	0.34
0207030001	HORMIGON	m3		0.0975	41.00	4.00
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0122	6.00	0.07
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.3653	18.92	6.91
						11.37
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	12.57	0.63
03010600020008	REGLA DE MADERA	p2		0.0600	2.60	0.16
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.0640	26.21	1.68
						2.47
Partida	07.01 Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 2.5m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto					
Rendimiento	und./DIA	2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		281.44
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.8000	28.19	22.55
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	18.57	74.28
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ	hh	1.0000	4.0000	24.00	96.00
						192.83
Materiales						
02040100030002	ALAMBRE GALVANIZADO N° 16	kg		0.3320	3.94	1.31
02041200010009	CLAVOS DE 3"	kg		0.3320	5.85	1.94
0207010011	PIEDRA 3/8"	m3		0.0182	54.15	0.99
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0114	42.37	0.48
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0041	6.00	0.02
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2097	18.92	3.97
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		10.0000	4.33	43.30
0272080002	VARILLA J INVERTIDA DE 3/8"	und		4.0000	4.24	16.96
0290180010	SEPARADOR RETENEDOR METÁLICO	und		1.0000	10.00	10.00
						78.97

0301010006	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES		%mo	5.0000	192.83	9.64	
							9.64
Partida	07.02	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 3.0m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto					
Rendimiento	und/DIA	2.0000	EQ 2.0000	Costo unitario directo por : und		290.10	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.8000	28.19	22.55
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	4.0000	18.57	74.28
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ		hh	1.0000	4.0000	24.00	96.00
							192.83
	Materiales						
02040100030002	ALAMBRE GALVANIZADO N° 16		kg		0.3320	3.94	1.31
02041200010009	CLAVOS DE 3"		kg		0.3320	5.85	1.94
0207010011	PIEDRA 3/8"		m3		0.0182	54.15	0.99
02070200010001	ARENA FINA		m3		0.0114	42.37	0.48
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0041	6.00	0.02
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.2097	18.92	3.97
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)		m		12.0000	4.33	51.96
0272080002	VARILLA J INVERTIDA DE 3/8"		und		4.0000	4.24	16.96
0290180010	SEPARADOR RETENEDOR METÁLICO		und		1.0000	10.00	10.00
							87.63
0301010006	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES		%mo	5.0000	192.83	9.64	
							9.64
Partida	08.01	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x3) para viga principal, incluye conexión con pernos a columna					
Rendimiento	und/DIA	1.5000	EQ 1.5000	Costo unitario directo por : und		410.47	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	1.0667	28.19	30.07
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	5.3333	18.57	99.04
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ		hh	1.0000	5.3333	24.00	128.00
							257.11
	Materiales						
0231000003	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=12CM)		m		24.3000	4.33	105.22
0271050139	ESPARRAGO 3/8"		und		12.0000	2.54	30.48
0271050140	ARANDELA 3/8"		und		24.0000	0.11	2.64
0272010087	TUERCA 3/8"		und		24.0000	0.09	2.16
							140.50
0301010006	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES		%mo	5.0000	257.11	12.86	
							12.86
Partida	08.02	Suministro e instalación de bambú (configuración 1x3) para vigas secundarias, incluye conexión con pernos a columna					
Rendimiento	und/DIA	2.5000	EQ 2.5000	Costo unitario directo por : und		235.16	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.6400	28.19	18.04
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	3.2000	18.57	59.42
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ		hh	1.0000	3.2000	24.00	76.80
							154.26
	Materiales						
0231000002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)		m		12.1500	4.33	52.61
0271050139	ESPARRAGO 3/8"		und		7.0000	2.54	17.78
0271050140	ARANDELA 3/8"		und		14.0000	0.11	1.54
0272010087	TUERCA 3/8"		und		14.0000	0.09	1.26
							73.19
0301010006	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES		%mo	5.0000	154.26	7.71	
							7.71
Partida	08.03	Suministro e instalación de bambú (configuración 1x1) para viguetas, incluye conexión con pernos a columna					
Rendimiento	und/DIA	8.0000	EQ 8.0000	Costo unitario directo por : und		74.04	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.2000	28.19	5.64
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	1.0000	18.57	18.57
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ		hh	1.0000	1.0000	24.00	24.00

48.21

Materiales					
023100002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m	4.0500	4.33	17.54
0271050139	ESPARRAGO 3/8"	und	2.0000	2.54	5.08
0271050140	ARANDELA 3/8"	und	4.0000	0.11	0.44
0272010087	TUERCA 3/8"	und	4.0000	0.09	0.36
23.42					

Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	48.21	2.41
2.41					

Partida 09.01 Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y caña chancada) para muros perimetrales, incluye diagonal

Rendimiento	umd/DIA	2.5000	EQ. 2.5000	Costo unitario directo por : und	316.70	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.6400	28.19
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	3.2000	18.57
0101010007	CARPINTERO ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION CON BAMBÚ		hh	1.0000	3.2000	24.00
						154.26

Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.8000	5.85	4.68
023100002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		7.8000	4.33	33.77
0231000004	CAÑA CHANCADA	m2		6.0000	12.12	72.72
02310900010002	SOLERA DE MADERA SUPERIOR 11/2"	m		1.2000	18.51	22.21
02310900010003	SOLERA DE MADERA INFERIOR 1"	m		1.2000	11.89	14.27
0272080003	VARILLA DE 3/8"	und		4.0000	2.54	10.16
						157.81

Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	154.26	4.63
						4.63

Partida 09.02 Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y latilla de bambú) para tabiquería interior, incluye diagonal

Rendimiento	umd/DIA	2.5000	EQ. 2.5000	Costo unitario directo por : und	324.02	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.6400	28.19
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	3.2000	18.57
0101010007	CARPINTERO ESPECIALIST		hh	1.0000	3.2000	24.00
						154.26

Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.8000	5.85	4.68
023100002	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA PRESERVADO (D=11CM)	m		7.8000	4.33	33.77
0231000005	LATILLA DE BAMBÚ	m2		6.0000	13.34	80.04
02310900010002	SOLERA DE MADERA SUPERIOR 11/2"	m		1.2000	18.51	22.21
02310900010003	SOLERA DE MADERA INFERIOR 1"	m		1.2000	11.89	14.27
0272080003	VARILLA DE 3/8"	und		4.0000	2.54	10.16
						165.13

Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	154.26	4.63
						4.63

Partida 09.03 Colocación de mortero (Mez.c.c.c.a 1:2:9,e=1.5 Cm.) sobre malla de gallinero

Rendimiento	m2/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m2	25.72	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0533	28.19
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5333	23.49
0101010005	PEON		hh	0.3300	0.1760	16.79
						16.99

Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.0010	5.85	0.01
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0143	42.37	0.61
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0043	6.00	0.03
0210030003	MALLA AL GALVANIZADA GALLINERO 1/2"X0.90M	m2		1.0000	4.66	4.66
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO 1 (42.5 kg)	bol		0.0562	18.92	1.06
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol		0.0562	13.14	0.74
0231110001	MADERA ANDAMIAJE	p2		0.2010	3.50	0.70
						7.81

Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	16.99	0.85
03010600020008	REGLA DE MADERA	p2		0.0250	2.60	0.07
						0.92

Partida	10.01	Salida de Techo C/tub.sel(3/4) Cable Tw14,cajas Livianas					
Rendimiento	umd/DIA	5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : und		96.49	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1600	28.19	4.51	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	23.49	37.58	
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	16.79	26.86	
						68.95	
	Materiales						
02050400010011	CONEXION A CAJA PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.42	0.42	
02051700010014	CURVA PVC ELECTRICA SEL 3/4 X 45	und		3.0000	0.42	1.26	
0241020001	CINTA AISLANTE	ril		0.1000	5.93	0.59	
0268040002	CAJA DE PASE OCTOGONAL F.G LIVIANA 4"	und		1.0000	1.02	1.02	
0270010238	CABLE TW # 14 AWG	m		9.0000	1.61	14.49	
0272010088	TUBO PVC ELECTRICO SEL 3/4 X 3M	und		1.5000	3.81	5.72	
0272010089	UNION PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.59	0.59	
						24.09	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	68.95	3.45	
						3.45	
Partida	10.02	Salida de Pared C/tub.sel(3/4) Cable Tw 14,caja Liviana					
Rendimiento	pto/DIA	5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : pto		96.49	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1600	28.19	4.51	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	23.49	37.58	
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	16.79	26.86	
						68.95	
	Materiales						
02050400010011	CONEXION A CAJA PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.42	0.42	
02051700010014	CURVA PVC ELECTRICA SEL 3/4 X 45	und		3.0000	0.42	1.26	
0241020001	CINTA AISLANTE	ril		0.1000	5.93	0.59	
0268040002	CAJA DE PASE OCTOGONAL F.G LIVIANA 4"	und		1.0000	1.02	1.02	
0270010238	CABLE TW # 14 AWG	m		9.0000	1.61	14.49	
0272010088	TUBO PVC ELECTRICO SEL 3/4 X 3M	und		1.5000	3.81	5.72	
0272010089	UNION PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.59	0.59	
						24.09	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	68.95	3.45	
						3.45	
Partida	11.01	Suministro y colocacion de Aparatos Sanitarios					
Rendimiento	umd/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und		645.15	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	28.19	22.55	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	23.49	187.92	
0101010005	PEON	hh	0.5000	4.0000	16.79	67.16	
						277.63	
	Materiales						
0222100001	SILICONA	und		0.0070	11.94	0.08	
0241030001	CINTA TEFLON	und		0.0400	1.53	0.06	
02460100020002	DESAGUE AUTOMATICO PLAVATORIO	und		1.0000	10.65	10.65	
02460300010003	TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X1/2"	und		1.0000	21.10	21.10	
02460300010004	TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X7/8"	und		1.0000	23.64	23.64	
0246040002	PAR DE UÑAS GALVANIZADAS PARA LAVATORIO	und		1.0000	3.31	3.31	
02460700010003	PERNOS DE ANCLAJE DE FIERRO GALVANIZADO CON CAPUCHON PLASTICO	und		1.0000	3.31	3.31	
02460800010002	TRAMPA P CROMADA PLAVADERO 1 1/4"	und		1.0000	35.43	35.43	
0246140001	ANILLO DE CERA PARA INODORO	und		1.0000	6.69	6.69	
02470100020017	LAVATORIO FONTANA BLANCO	und		1.0000	43.14	43.14	
0247020001	ESTANQUE SIFON JET C/TAPA Y ACCESORIOS DE TANQUE BLANCO	und		1.0000	27.88	27.88	
0247020003	TAZA SIFON JET C/ ASIENTO Y ACCESORIOS BLANCO	und		1.0000	137.37	137.37	
02560400010005	LLAVE DE LAVATORIO	und		1.0000	46.53	46.53	
						359.19	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	277.63	8.33	
						8.33	
Partida	11.02	Ceramico Pared Blanco Brillante 24x40 Cm De Ira. (interior, Junta 2mm)					
Rendimiento	m2/DIA	6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por : m2		71.01	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1333	28.19	3.76	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	23.49	31.32	
0101010005	PEON	hh	0.3300	0.4400	16.79	7.39	
						42.47	

Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	0.0063	6.00	0.04	
0213070001	FRAGUA	kg	0.2500	4.15	1.04	
0222080017	PEGAMENTO PARA MAYOLICA EXTERIORES	kg	5.0000	1.17	5.85	
0225020133	CERAMICO BLANCO BRILLANTE 24X40CM	m2	1.0500	18.22	19.13	
0271050141	CRUCETA 2MM (100 UND)	bol	0.0533	6.69	0.36	
						26.42
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	42.47	2.12	2.12
Partida	11.03	Piso Loseta Vinilica 1.6 Mm. 30.5x30.5 Cm				
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : m2	30.05	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0200	28.19	0.56
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	23.49	4.70
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.1000	16.79	1.68
						6.94
Materiales						
0222080018	PEGAMENTO P/VINILICO	gal		0.1000	29.66	2.97
0228120001	LOSETA VINILICA 30 x 30 e=1.6 mm	m2		1.0500	18.98	19.93
						22.90
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.94	0.21
						0.21
Partida	11.04	Salida de agua Fria pvc inc.tuberia y accesorios 1/2"				
Rendimiento	pto/DIA	3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por : pto	107.15	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.2667	28.19	7.52
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	23.49	62.64
0101010005	PEON	hh	0.5000	1.3333	16.79	22.39
						92.55
Materiales						
02051100020007	TEE PVC AGUA S.P 1/2"	und		1.0000	1.53	1.53
02150200020005	CODO PVC AGUA DOBLE CAMPANA S.P 1/2" X 90	und		2.0000	0.59	1.18
0222080012	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0300	204.52	6.14
0272010090	TUBO PVC AGUA S.P CLASE 10 1/2" X 5M	und		0.4120	7.20	2.97
						11.82
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	92.55	2.78
						2.78
Partida	12.01	Cubierta Tecnoblock E=2" (2.40 X 120m) S/acabados Apoyos @0.60m				
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2	37.67	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0400	28.19	1.13
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	23.49	9.40
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	16.79	6.72
						17.25
Materiales						
02041200010001	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 1"	kg		0.0104	10.00	0.10
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1037	4.80	0.50
0210030004	MALLA CUADRADA 1/2"	m2		0.2667	3.92	1.05
0228030002	PANEL TECNOBLOCK 2" X 2.40M X 1.20M	pza		0.3472	50.42	17.51
0271050142	GRAPA 3/4 (BLS 500GR)	bol		0.0729	5.51	0.40
						19.56
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	17.25	0.86
						0.86
Partida	13.01	Pintura Muros Exteriores Vinilica 2 Manos C/imprimante P/gal				
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2	12.15	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0320	28.19	0.90
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	23.49	7.52
						8.42
Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.0010	5.85	0.01
0231110001	MADERA ANDAMIAJE	p2		0.2010	3.50	0.70
0238010001	LIJA PARA MADERA	hja		0.1000	1.69	0.17
0240010014	PINTURA LATEX VINILICA	gal		0.0500	40.10	2.01
02401500020003	SELLADOR IMPRIMANTE BLANCO	gal		0.0333	17.80	0.59
						3.48
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.42	0.25
						0.25

Partida	13.02	Pintura Muros Interiores Vinilica-2 Manos C/imprimante P/kg.					
Rendimiento	m2/DIA	28.0000	EQ. 28.0000	Costo unitario directo por : m2		9.72	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0286	28.19	0.81
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.2857	23.49	6.71
7.52							
Materiales							
0238010001	LIJA PARA MADERA		hja		0.1000	1.69	0.17
0240010014	PINTURA LATEX VINILICA		gal		0.0400	40.10	1.60
02401500010007	IMPRIMANTE (BOLSA DE 30KG)		bol		0.0100	20.34	0.20
1.97							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	7.52	0.23
0.23							
Partida	14.01	Puertas Contraplacadas E=35 Mm C/triplay Lupuna 4 mm.					
Rendimiento	m2/DIA	3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por : m2		220.39	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2500	0.6667	28.19	18.79
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	2.6667	23.49	62.64
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	2.6667	18.57	49.52
130.95							
Materiales							
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0520	5.85	0.30
0222110001	COLA SINTETICA		gal		0.0800	18.56	1.48
0231020001	MADERA CEDRO		p2		8.0000	5.30	42.40
02310500010001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm		pln		1.0000	27.00	27.00
0238010001	LIJA PARA MADERA		hja		1.0000	1.69	1.69
72.87							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	130.95	3.93
03010800030002	SIERRA CIRCULAR		hm	0.5000	1.3333	5.48	7.31
0301080007	CEPILLADORA		hm	0.5000	1.3333	4.00	5.33
16.57							
Partida	14.02	Vidrio Templado Incoloro 6mm					
Rendimiento	m2/DIA	30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m2		157.19	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0267	28.19	0.75
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.2667	23.49	6.26
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.5333	18.57	9.90
16.91							
Materiales							
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0100	5.85	0.06
0231110001	MADERA ANDAMIAJE		p2		2.1600	3.50	7.56
0243010012	CRISTAL TEMPLADO DE 6 mm		m2		1.0500	125.99	132.29
139.91							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		2.1600	16.91	0.37
0.37							

Anexo 4 : Metrados de vivienda ecológica

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
Obras preliminares								
OE.1.1.9.11	Trazado y Replanteo s/equipo	m2	1	12		8.1	97.20	97.20
OE.2.1.1.12	Refine, Nivel y Compact/terreno Normal/con Pison Manual	m2	1	12		8.1	97.20	97.20
Movimiento de tierras								
OE.2.1.2.11	Excav. zanjas p/viga de cimentación Mat.suel.h=1.00 m. Eje A, B y D	m3	5	3.15	0.35	0.3	1.65	6.44
	Eje C		3	3.3	0.35	0.3	1.04	
	Eje a, b, c y d		2	3.3	0.35	0.3	0.69	
	Eje i		8	3.15	0.35	0.3	2.65	
	Eje i		1	3.9	0.35	0.3	0.41	
OE.2.1.2.41	Excav. zapatas Mat.suelto h=1.00 m Eje A, B y D	m3	12	0.6	1.05	0.6	4.54	5.29
	Eje C		2	0.6	1.05	0.6	0.76	
Viga de cimentación 30x30								
OE.2.2.3.12	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2						18.41
	Eje A, B y D		5	3.15		0.3	4.73	
	Eje C		3	3.3		0.3	2.97	
	Eje a, b, c y d		2	3.3		0.3	1.98	
	Eje i		8	3.15		0.3	7.56	
	Eje i		1	3.9		0.3	1.17	
OE.2.3.3.36	Concreto Fc 245 Kg/cm2 Viga Cimentacion	m3						
	Eje A, B y D		5	3.15	0.3	0.3	1.42	
	Eje C		3	3.3	0.3	0.3	0.89	
	Eje a, b, c y d		2	3.3	0.3	0.3	0.59	
	Eje i		8	3.15	0.3	0.3	2.27	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/día	Kg				kg/ml		577.55
	Eje A y D fe Ø 5/8"		8	12.00		1.552	148.99	
	Eje B y C fe Ø 5/8"		8	8.10		1.552	100.57	
	Eje a, b, c y d fe Ø 5/8"		16	8.10		1.552	201.14	
	Eje i fe Ø 5/8"		4	3.90		1.552	24.21	
	Eje A, B y D fe Ø 1/4"		90	1.20		0.249	26.89	
	Eje C fe Ø 1/4"		54	1.20		0.249	16.14	
	Eje a, b, c y d fe Ø 1/4"		36	1.20		0.249	10.76	
	Eje i fe Ø 1/4"		144	1.20		0.249	43.03	
	Eje i fe Ø 1/4"		19.5	1.20		0.249	5.83	

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
Zapata de columnas								
OE.2.3.3.12	Concreto C'h 1:12 E=2"-solado	m2						5.04
	Eje A, B y D		12	0.6		0.6	4.32	
	Eje C		2	0.6		0.6	0.72	
OE.2.3.2.37	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Zapata	m3						5.29
	Zapata							
	Eje A, B y D		12	0.6	1	0.6	4.32	
	Eje C		2	0.6	1	0.6	0.72	
	Pedestal							
	Eje A, B y D		12	0.3	0.2	0.3	0.22	
	Eje C		2	0.3	0.2	0.3	0.04	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300	Kg				kg/ml		173.90
	Kg/dia							
	fe Ø 5/8"		56	1.4		1.552	121.68	
	fe Ø 1/4"		70	1.2		0.249	20.92	
	fe Ø 3/8"		112	0.5		0.559	31.30	
Sobrecimientos 15x20								
OE.2.3.5.35	Concreto F'c 175 Kg/cm2 Sobrecimiento Reforzado	m3						1.58
	Eje A		2	3.6	0.2	0.15	0.22	
	Eje B		1	2.8	0.2	0.15	0.08	
	Eje C		1	0.55	0.2	0.15	0.02	
			1	2.65	0.2	0.15	0.08	
	Eje D		3	3.6	0.2	0.15	0.32	
	Eje a,b y c		3	3.6	0.2	0.15	0.32	
			4	2.7	0.2	0.15	0.32	
	Eje d		2	3.6	0.2	0.15	0.22	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300	Kg				kg/ml		116.22
	Kg/dia							
	fe Ø 3/8"		2	52.8		0.559	59.03	
	fe Ø 1/4"		264	0.87		0.249	57.19	
OE.2.3.5.81	Encofrado y desencofrado normal sobrecimiento reforzado	m2						28.85
	Eje A		2	7.2	0.25		3.60	
	Eje B		1	2.8	0.25		0.70	
	Eje C		2	0.55	0.25		0.28	
			2	2.65	0.25		1.33	
	Eje D		2	10.8	0.25		5.40	
	Eje a,b y c		2	10.8	0.25		5.40	
			2	10.8	0.25		5.40	
	Eje d		2	7.2	0.25		3.60	
	Pedestal de columnas		14	0.9	0.25		3.15	
Piso de concreto								
OE.2.2.9.12	Falsopiso de 3" con Mezc.1:8 C:h	m2						88.02
			1	12		8.1	97.20	
	Eje A		-2	3.6		0.15 -	1.08	
	Eje B		-1	2.8		0.15 -	0.42	
	Eje C		-1	0.55		0.15 -	0.08	
			-1	2.65		0.15 -	0.40	
	Eje D		-3	3.6		0.15 -	1.62	
	Eje a,b y c		-3	3.6		0.15 -	1.62	
			-4	2.7		0.15 -	1.62	
	Eje d		-2	3.6		0.15 -	1.08	
	Pedestal de columnas		-14	0.3		0.3 -	1.26	

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
Columnas								
	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 2.5m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto	Und	10				10.00	10.00
	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x2) para columnas de 3.0m, incluye varilla de conexión a pedestal de concreto	Und	4				4.00	4.00
Vigas								
	Suministro e instalación de bambú (configuración 2x3) para viga principal, incluye conexión con pernos a columna	Und	3				3.00	3.00
	Suministro e instalación de bambú (configuración 1x3) para vigas secundarias, incluye conexión con pernos a columna	Und	10				10.00	10.00
	Suministro e instalación de bambú (configuración 1x1) para viguetas, incluye conexión con pernos a columna	Und	34				34.00	34.00
Mampostería								
	Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y caña chancada) para muros perimetrales, incluye diagonal	Und	30				30.00	30.00
	Suministro e instalación de paneles de bambú (compuestos de bambú rollizo y latilla de bambú) para tabiquería interior, incluye diagonal	Und	9				9.00	9.00
	Colocación de mortero (Mez.c.c.a 1:2:9,e=1.5 Cm.) sobre malla de gallinero	m2						167.50
	Perimetrales							
	Eje A		1	14.4	2.5		36.00	
	Eje D		1	7.2	2.5		18.00	
	Eje a		1	12.6	2.5		31.50	
	Eje d		1	14.4	2.5		36.00	
	SSH		1	18.4	2.5		46.00	
Instalaciones eléctricas								
OE.5.2.1.13	Salida de Techo C/tub.sel(3/4) Cable Tw14,cajas Livianas	Und	9				9.00	9.00
OE.5.2.1.23	Salida de Pared C/tub.sel(3/4) Cable Tw 14,caja Liviana	Und	18				18.00	18.00

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
Instalaciones sanitarias								
OE.4.1.3.11	Suministro y colocacion de Aparatos Sanitarios	Und	2				2.00	2.00
OE.3.4.2.51	Ceramico Pared Blanco Brillante 24x40 Cm De 1ra. (interior, Junta 2mm)	m2						20.88
			4	2.4	1.2		11.52	
			1	2.4	2.5		6.00	
			1	2.8	1.2		3.36	
OE.3.4.2.21	Piso Loseta Vinilica 1.6 Mm. 30.5x30.5 Cm	m2						9.32
			1	2.7		1.2	3.24	
			1	2.7		2.25	6.08	
OE.4.2.1.11	Salida de agua Fria pvc inc.tuberia y accesorios 1/2"	Und	6				6.00	6.00
Cobertura								
OE.3.6.9.13	Cubierta Tecnoblock E=2" (2.40 X 120m) S/acabados Apoyos @0.60m	m2						116.64
			1.2	12		8.1	116.64	
Acabados								
OE.3.11.1.21	Pintura Muros Exteriores Vinilica 2 Manos C/imprimante P/gal	m2						60.75
	Perimetales							
	Eje A		1	7.2	2.5		18.00	
	Eje D		1	3.6	2.5		9.00	
	Eje a		1	6.3	2.5		15.75	
	Eje d		1	7.2	2.5		18.00	
OE.3.11.1.14	Pintura Muros Interiores Vinilica-2 Manos C/imprimante P/kg.	m2						67.42
	Eje A		1	7.2	2.5		18.00	
	Eje D		1	2	1.3		2.60	
	Eje a		1	6.3	2.5		15.75	
	Eje d		1	7.2	2.5		18.00	
	SSHH							
			3	2.4	1.3		9.36	
			1	2.85	1.3		3.71	
Otros								
OE.3.7.1.11	Puertas Contraplacadas E=35 Mm C/triplay Lupuna 4 mm.	m2						16.38
	Principal, Dormitorio secundario		2	0.9	2.1		3.78	
	Dormitorio principal, SSHH (2)		3	0.8	2.1		5.04	
	Taller		1	3.6	2.1		7.56	
OE.3.10.3.11	Vidrio Templado Incoloro 6mm	m2						27.00
			3	3.6	2.5		27.00	

Anexo 5 : Análisis de precios unitarios - Vivienda tradicional

Presupuesto	1102001 VIVIENDA TRADICIONAL				Fecha presupuesto	04/09/2021	
Subpresupuesto	001 VIVIENDA TRADICIONAL						
Partida	01.01	Trazado y Replanteo s/equipo					
Rendimiento	m2/DIA	300.0000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : m2	4.19	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0533	16.79	0.89
							1.60
	Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0050	5.85	0.03
0213030001	YESO		kg		0.5000	4.66	2.33
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		0.0264	6.20	0.16
0276010010	WINCHA METALICA		und		0.0005	33.81	0.02
							2.54
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.60	0.05
							0.05
Partida	01.02	Refine, Nivel y Compact./terreno Normal/con Pison Manual					
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ.	100.00	Costo unitario directo por : m2	6.26	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0800	28.19	2.26
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0800	23.49	1.88
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0800	16.79	1.34
							5.48
	Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0500	6.00	0.30
							0.30
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	5.48	0.27
0301470002	PISON MANUAL		hm	1.0000	0.0800	2.60	0.21
							0.48
Partida	02.01	Excav. zanjas p/viga de cimentación Mat.suel.h=1.00 m.					
Rendimiento	m3/DIA	4.0000	EQ.	4.00	Costo unitario directo por : m3	41.18	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.2000	28.19	5.64
0101010005	PEON		hh	1.0000	2.0000	16.79	33.58
							39.22
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	39.22	1.96
							1.96
Partida	02.02	Excav. Zapatas Mat. suelto h=1.00 m					
Rendimiento	m3/DIA	3.5000	EQ.	3.50	Costo unitario directo por : m3	47.06	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.2286	28.19	6.44
0101010005	PEON		hh	1.0000	2.2857	16.79	38.38
							44.82
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	44.82	2.24
							2.24
Partida	02.03	Eliminacion Material - Manual Dh=30 M.(distancia Promedio)					
Rendimiento	m3/DIA	6.0000	EQ.	6.00	Costo unitario directo por : m3	27.46	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.1333	28.19	3.76
0101010005	PEON		hh	1.0000	1.3333	16.79	22.39
							26.15

Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	26.15	1.31	1.31
Partida 03.01 Concreto C:h 1:12 E=2"-solado							
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ.	100.00	Costo unitario directo por : m2	27.49	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0160	28.19	0.45
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.1600	23.49	3.76
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0800	18.57	1.49
0101010005	PEON		hh	8.0000	0.6400	16.79	10.75
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000	0.0800	24.30	1.94
18.39							
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W		gal		0.0010	37.41	0.04
0201020012	GRASA MULTIPLE EP		lbs		0.0020	10.38	0.02
02010300010001	GASOLINA 84		gal		0.0300	14.27	0.43
0207030001	HORMIGON		m3		0.0650	41.00	2.67
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0081	6.00	0.05
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.1515	18.92	2.87
6.08							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	18.39	0.92
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm		1.0000	0.0800	26.21	2.10
3.02							
Partida 03.02 Concreto F'c 245 Kg/cm2 Viga Cimentacion							
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.00	Costo unitario directo por : m3	408.52	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0800	28.19	2.26
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	23.49	18.79
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.4000	18.57	7.43
0101010005	PEON		hh	8.0000	3.2000	16.79	53.73
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO		hh	2.0000	0.8000	24.30	19.44
101.65							
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W		gal		0.0050	37.41	0.19
0201020012	GRASA MULTIPLE EP		lbs		0.0100	10.38	0.10
02010300010001	GASOLINA 84		gal		0.1500	14.27	2.14
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m3		0.8000	54.15	43.32
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5000	48.31	24.16
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1800	6.00	1.08
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		11.5000	18.92	217.58
288.57							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	101.65	5.08
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm		1.0000	0.4000	6.86	2.74
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm		1.0000	0.4000	26.21	10.48
18.30							
Partida 03.03 Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia							
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : kg	5.94	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50
1.21							
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0200	3.94	0.08
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		ton		0.0011	4,111.72	4.52
4.60							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	1.21	0.06
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm		0.3300	0.0088	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA	hm		0.3300	0.0088	3.78	0.03
0.13							
Partida 04.01 Concreto C:h 1:12 E=2"-solado							
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ.	100.00	Costo unitario directo por : m2	27.49	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0160	28.19	0.45
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.1600	23.49	3.76
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0800	18.57	1.49
0101010005	PEON		hh	8.0000	0.6400	16.79	10.75
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000	0.0800	24.30	1.94
18.39							

Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0010	37.41	0.04		
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs	0.0020	10.38	0.02		
02010300010001	GASOLINA 84	gal	0.0300	14.27	0.43		
0207030001	HORMIGON	m3	0.0650	41.00	2.67		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	0.0081	6.00	0.05		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	0.1515	18.92	2.87		
						6.08	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	18.39	0.92		
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.0800	26.21	2.10	
						3.02	
Partida	04.02	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Zapata					
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.00	Costo unitario directo por : m3	384.04	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	28.19	1.80	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	23.49	15.03	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	18.57	5.94	
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.5600	16.79	42.98	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	0.6400	24.30	15.55	
						81.30	
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.41	0.15		
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs	0.0080	10.38	0.08		
02010300010001	GASOLINA 84	gal	0.1200	14.27	1.71		
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.8000	54.15	43.32		
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	0.5000	48.31	24.16		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	0.1800	6.00	1.08		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	11.5000	18.92	217.58		
						288.08	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	81.30	4.07		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3200	6.86	2.20	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3200	26.21	8.39	
						14.66	
Partida	04.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia					
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : kg	5.94	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50	
						1.21	
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	0.0200	3.94	0.08		
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton	0.0011	4,111.72	4.52		
						4.60	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	1.21	0.06		
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04	
0301440005	DOBLADORA	hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03	
						0.13	
Partida	05.01	Concreto F'c 175 Kg/cm2 Sobrecimiento Reforzado					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.00	Costo unitario directo por : m3	429.49	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	28.19	1.88	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	23.49	31.32	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.57	12.38	
0101010005	PEON	hh	8.0000	5.3333	16.79	89.55	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	1.3333	24.30	32.40	
						167.53	
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0083	37.41	0.31		
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs	0.0167	10.38	0.17		
02010300010001	GASOLINA 84	gal	0.2500	14.27	3.57		
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.8000	54.15	43.32		
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	0.5000	48.31	24.16		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	0.1800	6.00	1.08		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	8.4000	18.92	158.93		
						231.54	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	5.0000	167.53	8.38		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.6667	6.86	4.57	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	26.21	17.47	
						30.42	
Partida	05.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia					

Rendimiento	kg/DIA	300.000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : kg	5.94		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08	
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50	
		Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0200	3.94	0.08	
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		ton		0.0011	4,111.72	4.52	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.21	0.06	
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO		hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04	
0301440005	DOBLADORA		hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03	
							0.13	
Partida	05.03	Encofrado y desencofrado normal sobrecimiento reforzado						
Rendimiento	m2/DIA	16.000	EQ.	16.00	Costo unitario directo por : m2	46.30		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0500	28.19	1.41	
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5000	23.49	11.75	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.5000	18.57	9.29	
		Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0.2600	3.94	1.02	
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.1600	5.85	0.94	
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		3.3500	6.20	20.77	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	22.45	1.12	
							1.12	
Partida	06.01	Falsopiso de 3" con Mezc.1:8 C:h						
Rendimiento	m2/DIA	125.0000	EQ.	125.00	Costo unitario directo por : m2	26.41		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0128	28.19	0.36	
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.1280	23.49	3.01	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0640	18.57	1.19	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.3840	16.79	6.45	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000	0.0640	24.30	1.56	
		Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W		gal		0.0008	37.41	0.03	
0201020012	GRASA MULTIPLE EP		lbs		0.0016	10.38	0.02	
02010300010001	GASOLINA 84		gal		0.0240	14.27	0.34	
0207030001	HORMIGON		m3		0.0975	41.00	4.00	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0122	6.00	0.07	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.3653	18.92	6.91	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	12.57	0.63	
03010600020008	REGLA DE MADERA		p2		0.0600	2.60	0.16	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.0640	26.21	1.68	
							2.47	
Partida	07.01	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Columna						
Rendimiento	m3/DIA	10.000	EQ.	10.00	Costo unitario directo por : m3	543.80		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.1600	28.19	4.51	
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	23.49	37.58	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	18.57	14.86	
0101010005	PEON		hh	12.0000	9.6000	16.79	161.18	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO		hh	2.0000	1.6000	24.30	38.88	
		Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W		gal		0.0100	37.41	0.37	
0201020012	GRASA MULTIPLE EP		lbs		0.0200	10.38	0.21	
02010300010001	GASOLINA 84		gal		0.3000	14.27	4.28	
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m3		0.8000	54.15	43.32	
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5000	48.31	24.16	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1800	6.00	1.08	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.2000	18.92	174.06	
							247.48	

Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	257.01	12.85
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	6.86	5.49
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.8000	26.21	20.97
							39.31
Partida	07.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia					
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : kg		5.94
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50
							1.21
	Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0200	3.94	0.08
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60		ton		0.0011	4,111.72	4.52
							4.60
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.21	0.06
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO		hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA		hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03
							0.13
Partida	07.03	Encofrado y Desencofrado Normal Columna					
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ.	10.00	Costo unitario directo por : m2		66.99
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0800	28.19	2.26
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	23.49	18.79
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	18.57	14.86
							35.91
	Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0.3000	3.94	1.18
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO		kg		0.3100	5.85	1.81
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		4.2400	6.20	26.29
							29.28
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	35.91	1.80
							1.80
Partida	08.01	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Viga					
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.00	Costo unitario directo por : m3		393.21
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0800	28.19	2.26
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	23.49	18.79
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.4000	18.57	7.43
0101010005	PEON		hh	12.0000	4.8000	16.79	80.59
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO		hh	2.0000	0.8000	24.30	19.44
							128.51
	Materiales						
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W		gal		0.0050	37.41	0.19
0201020012	GRASA MULTIPLE EP		lbs		0.0100	10.38	0.10
02010300010001	GASOLINA 84		gal		0.1500	14.27	2.14
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m3		0.8000	54.15	43.32
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5000	48.31	24.16
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1800	6.00	1.08
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.2000	18.92	174.06
							245.05
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	128.51	6.43
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.4000	6.86	2.74
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.4000	26.21	10.48
							19.65
Partida	08.02	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia					
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : kg		5.94
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50
							1.21
	Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0200	3.94	0.08
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60		ton		0.0011	4,111.72	4.52
							4.60

Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.21	0.06
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04
0301440005	DOBLADORA	hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03
						0.13

Partida	08.03	Encofrado y Desencofrado Normal Vigas Rectas				
Rendimiento	m2/DIA	9.0000	EQ.	9.00	Costo unitario directo por : m2	75.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0889	28.19	2.51
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	23.49	20.88
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.8889	16.79	14.92
						38.31
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	3.94	0.39
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D PROMEDIO	kg		0.2400	5.85	1.40
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		5.4100	6.20	33.54
						35.33
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	38.31	1.92
						1.92

Partida	09.01	Muro Ladr. K-k De Soga Mezclada 1:2:9 C.v., tipo Iv				
Rendimiento	m2/DIA	7.2000	EQ.	7.20	Costo unitario directo por : m2	87.79
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1111	28.19	3.13
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.1111	23.49	26.10
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.5556	16.79	9.33
						38.56
Materiales						
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D PROMEDIO	kg		0.0020	5.85	0.01
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0186	48.31	0.90
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0048	6.00	0.03
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0729	18.92	1.38
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol		0.0678	13.14	0.89
02160100010002	LADRILLO KK 18 HUECOS 9X12.5X23 cm	mll		0.0440	970.00	42.68
0231110001	MADERA ANDAMIAJE	p2		0.4030	3.50	1.41
						47.30
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	38.56	1.93
						1.93

Partida	10.01	Salida de Techo C/tub.sel(3/4) Cable Tw14,cajas Livianas				
Rendimiento	und/DIA	5.0000	EQ.	5.00	Costo unitario directo por : und	96.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1600	28.19	4.51
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	23.49	37.58
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	16.79	26.86
						68.95
Materiales						
02050400010011	CONEXION A CAJA PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.42	0.42
02051700010014	CURVA PVC ELECTRICA SEL 3/4 X 45	und		3.0000	0.42	1.26
0241020001	CINTA AISLANTE	rll		0.1000	5.93	0.59
0268040002	CAJA DE PASE OCTOGONAL F.G LIVIANA 4"	und		1.0000	1.02	1.02
0270010288	CABLE TW # 14 AWG	m		9.0000	1.61	14.49
0272010088	TUBO PVC ELECTRICO SEL 3/4 X 3M	und		1.5000	3.81	5.72
0272010089	UNION PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.59	0.59
						24.09
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	68.95	3.45
						3.45

Partida	10.02	Salida de Pared C/tub.sel(3/4) Cable Tw 14,caja Liviana				
Rendimiento	pto/DIA	5.0000	EQ.	5.00	Costo unitario directo por : pto	96.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1600	28.19	4.51
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	23.49	37.58
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	16.79	26.86
						68.95
Materiales						
02050400010011	CONEXION A CAJA PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.42	0.42
02051700010014	CURVA PVC ELECTRICA SEL 3/4 X 45	und		3.0000	0.42	1.26
0241020001	CINTA AISLANTE	rll		0.1000	5.93	0.59
0268040002	CAJA DE PASE OCTOGONAL F.G LIVIANA 4"	und		1.0000	1.02	1.02
0270010288	CABLE TW # 14 AWG	m		9.0000	1.61	14.49
0272010088	TUBO PVC ELECTRICO SEL 3/4 X 3M	und		1.5000	3.81	5.72
0272010089	UNION PVC ELECTRICA SEL 3/4"	und		1.0000	0.59	0.59
						24.09

Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	68.95	3.45	3.45
Partida	11.01	Suministro y colocacion de Aparatos Sanitarios					
Rendimiento	umd/DIA	1.0000	EQ.	1.00	Costo unitario directo por : umd	645.15	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.8000	28.19	22.55
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	8.0000	23.49	187.92
0101010005	PEON		hh	0.5000	4.0000	16.79	67.16
							277.63
	Materiales						
0222100001	SILICONA		umd		0.0070	11.94	0.08
0241030001	CINTA TEFLON		umd		0.0400	1.53	0.06
02460100020002	DESAGUE AUTOMATICO P/LAVATORIO		umd		1.0000	10.65	10.65
02460300010003	TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X1/2"		umd		1.0000	21.10	21.10
02460300010004	TUBO DE ABASTO ALUMINIO TRENZADO 1/2"X7/8"		umd		1.0000	23.64	23.64
0246040002	PAR DE UÑAS GALVANIZADAS PARA LAVATORIO		umd		1.0000	3.31	3.31
02460700010003	PERNOS DE ANCLAJE DE FIERRO GALVANIZADO CON		umd		1.0000	3.31	3.31
02460800010002	TRAMPA P CROMADA P/LAVADERO 1 1/2"		umd		1.0000	35.43	35.43
0246140001	ANILLO DE CERA PARA INODORO		umd		1.0000	6.69	6.69
02470100020017	LAVATORIO FONTANA BLANCO		umd		1.0000	43.14	43.14
0247020001	ESTANQUE SIFON JET C/TAPA Y ACCESORIOS DE TAN		umd		1.0000	27.88	27.88
0247020003	TAZA SIFON JET C/ASIENTO Y ACCESORIOS BLANCO		umd		1.0000	137.37	137.37
02560400010005	LLAVE DE LAVATORIO		umd		1.0000	46.53	46.53
							359.19
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	277.63	8.33	8.33
Partida	11.02	Ceramico Pared Blanco Brillante 24x40 Cm De Ira. (interior, Junta 2mm)					
Rendimiento	m2/DIA	6.0000	EQ.	6.00	Costo unitario directo por : m2	71.01	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.1333	28.19	3.76
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	1.3333	23.49	31.32
0101010005	PEON		hh	0.3300	0.4400	16.79	7.39
							42.47
	Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0063	6.00	0.04
0213070001	FRAGUA		kg		0.2500	4.15	1.04
0222080017	PEGAMENTO PARA MAYOLICA EXTERIORES		kg		5.0000	1.17	5.85
0225020133	CERAMICO BLANCO BRILLANTE 24X40CM		m2		1.0500	18.22	19.13
0271050141	CRUCETA 2MM (100 UND)		bol		0.0533	6.69	0.36
							26.42
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	42.47	2.12	2.12
Partida	11.03	Piso Loseta Vinilica 1.6 Mm. 30.5x30.5 Cm					
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ.	40.00	Costo unitario directo por : m2	30.05	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0200	28.19	0.56
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.2000	23.49	4.70
0101010005	PEON		hh	0.5000	0.1000	16.79	1.68
							6.94
	Materiales						
0222080018	PEGAMENTO P/VINILICO		gal		0.1000	29.66	2.97
0228120001	LOSETA VINILICA 30 x 30 e=1.6 mm		m2		1.0500	18.98	19.93
							22.90
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.94	0.21	0.21
Partida	11.04	Salida de agua Fria pvc inc.tuberia y accesorios 1/2"					
Rendimiento	pto/DIA	3.0000	EQ.	3.00	Costo unitario directo por : pto	107.15	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.2667	28.19	7.52
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	2.6667	23.49	62.64
0101010005	PEON		hh	0.5000	1.3333	16.79	22.39
							92.55
	Materiales						
02051100020007	TEE PVC AGUA S.P 1/2"		umd		1.0000	1.53	1.53
02150200020005	CODO PVC AGUA DOBLE CAMPANA S.P 1/2" X 90		umd		2.0000	0.59	1.18
0222080012	PEGAMENTO PARA PVC		gal		0.0300	204.52	6.14
0272010090	TUBO PVC AGUA S.P CLASE 10 1/2" X 5M		umd		0.4120	7.20	2.97
							11.82

Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	92.55	2.78	2.78	
Partida	12.01	Ladrillo Arcilla Para Techo 12x30x30 Cm					
Rendimiento	umd/DIA	2,000.0000	EQ.	2,000.00	Costo unitario directo por : umd	3.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0004	28.19	0.01	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0040	23.49	0.09	
0101010005	PEON	hh	9.0000	0.0360	16.79	0.60	
						0.70	
Materiales							
0216010004001	LADRILLO PARA TECHO 8H DE 12X30X30 cm	mll		0.0010	2,360.00	2.36	
						2.36	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	0.70	0.02	0.02	
						0.02	
Partida	12.02	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Losa Aligerada					
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.00	Costo unitario directo por : m3	369.54	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	28.19	1.80	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	23.49	15.03	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	18.57	11.88	
0101010005	PEON	hh	12.0000	3.8400	16.79	64.47	
0101010006	OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	0.6400	24.30	15.55	
						108.73	
Materiales							
0201010022	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal		0.0100	37.41	0.37	
0201020012	GRASA MULTIPLE EP	lbs		0.0080	10.38	0.08	
02010300010001	GASOLINA 84	gal		0.1200	14.27	1.71	
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.8000	54.15	43.32	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5000	48.31	24.16	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1800	6.00	1.08	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.2000	18.92	174.06	
						244.78	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	108.73	5.44	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3200	6.86	2.20	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3200	26.21	8.39	
						16.03	
Partida	12.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia					
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.00	Costo unitario directo por : kg	5.94	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	28.19	0.08	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.57	0.50	
						1.21	
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0200	3.94	0.08	
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton		0.0011	4,111.72	4.52	
						4.60	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.21	0.06	
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3300	0.0088	4.77	0.04	
0301440005	DOBLADORA	hm	0.3300	0.0088	3.78	0.03	
						0.13	
Partida	12.04	Encofrado y Desencofrado Normal Losa Aligerada					
Rendimiento	m2/DIA	15.0000	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m2	48.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0533	28.19	1.50	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	23.49	12.53	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	18.57	9.90	
						23.93	
Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	3.94	0.39	
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO	kg		0.1000	5.85	0.59	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		3.5300	6.20	21.89	
						22.87	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	23.93	1.20	
						1.20	

Partida	13.01	Tarrajeo Muros Ext.frotachado Mez.c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.					
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ.	12.00	Costo unitario directo por : m2	27.79	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0667	28.19	1.88
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	23.49	15.66
0101010005	PEON		hh	0.3300	0.2200	16.79	3.69
		21.23					
		Materiales					
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0010	5.85	0.01
02070200010001	ARENA FINA		m3		0.0143	42.37	0.61
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0043	6.00	0.03
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.0562	18.92	1.06
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg		bol		0.0562	13.14	0.74
0231110001	MADERA ANDAMIAJE		p2		0.8500	3.50	2.98
		5.43					
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	21.23	1.06
03010600020008	REGLA DE MADERA		p2		0.0250	2.60	0.07
		1.13					
Partida	13.02	Tarrajeo Muros Int.frotachado Mez.c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.					
Rendimiento	m2/DIA	15.0000	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m2	21.06	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0533	28.19	1.50
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5333	23.49	12.53
0101010005	PEON		hh	0.3300	0.1760	16.79	2.96
		16.99					
		Materiales					
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0010	5.85	0.01
02070200010001	ARENA FINA		m3		0.0143	42.37	0.61
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0043	6.00	0.03
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.0562	18.92	1.06
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg		bol		0.0562	13.14	0.74
0231110001	MADERA ANDAMIAJE		p2		0.2010	3.50	0.70
		3.15					
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	16.99	0.85
03010600020008	REGLA DE MADERA		p2		0.0250	2.60	0.07
		0.92					
Partida	13.03	Pintura Muros Exteriores Vinilica 2 Manos C/imprimante P/gal					
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ.	25.00	Costo unitario directo por : m2	12.15	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0320	28.19	0.90
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.3200	23.49	7.52
		8.42					
		Materiales					
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0010	5.85	0.01
0231110001	MADERA ANDAMIAJE		p2		0.2010	3.50	0.70
0238010001	LJA PARA MADERA		hja		0.1000	1.69	0.17
0240010014	PINTURA LATEX VINILICA		gal		0.0500	40.10	2.01
02401500020003	SELLADOR IMPRIMANTE BLANCO		gal		0.0333	17.80	0.59
		3.48					
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	8.42	0.25
		0.25					
Partida	13.04	Pintura Muros Interiores Vinilica-2 Manos C/imprimante P/kg.					
Rendimiento	m2/DIA	28.0000	EQ.	28.00	Costo unitario directo por : m2	9.72	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0286	28.19	0.81
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.2857	23.49	6.71
		7.52					
		Materiales					
0238010001	LJA PARA MADERA		hja		0.1000	1.69	0.17
0240010014	PINTURA LATEX VINILICA		gal		0.0400	40.10	1.60
02401500010007	IMPRIMANTE (BOLSA DE 30KG)		bol		0.0100	20.34	0.20
		1.97					
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	7.52	0.23
		0.23					

Partida	14.01 Puertas Contraplacadas E=35 Mm C/triplay Lupuna 4 mm.						
Rendimiento	m2/DIA	3.0000	EQ.	3.00	Costo unitario directo por : m2	220.39	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2500	0.6667	28.19	18.79
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	2.6667	23.49	62.64
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	2.6667	18.57	49.52
							130.95
Materiales							
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0520	5.85	0.30
0222110001	COLA SINTETICA		gal		0.0800	18.56	1.48
0231020001	MADERA CEDRO		p2		8.0000	5.30	42.40
02310500010001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm		p1n		1.0000	27.00	27.00
0238010001	LUA PARA MADERA		hja		1.0000	1.69	1.69
							72.87
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	130.95	3.93
03010800030002	SIERRA CIRCULAR		hm	0.5000	1.3333	5.48	7.31
0301080007	CEPILLADORA		hm	0.5000	1.3333	4.00	5.33
							16.57
Partida	14.02 Vidrio Templado Incoloro 6mm						
Rendimiento	m2/DIA	30.0000	EQ.	30.00	Costo unitario directo por : m2	157.19	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0267	28.19	0.75
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.2667	23.49	6.26
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.5333	18.57	9.90
							16.91
Materiales							
0204120004	CLAVOS C/CABEZA P/CONSTRUCCION D.PROMEDIO		kg		0.0100	5.85	0.06
0231110001	MADERA ANDAMIAJE		p2		2.1600	3.50	7.56
0243010012	CRISTAL TEMPLADO DE 6 mm		m2		1.0500	125.99	132.29
							139.91
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		2.1600	16.91	0.37
							0.37

Anexo 6 : Metrados de vivienda tradicional

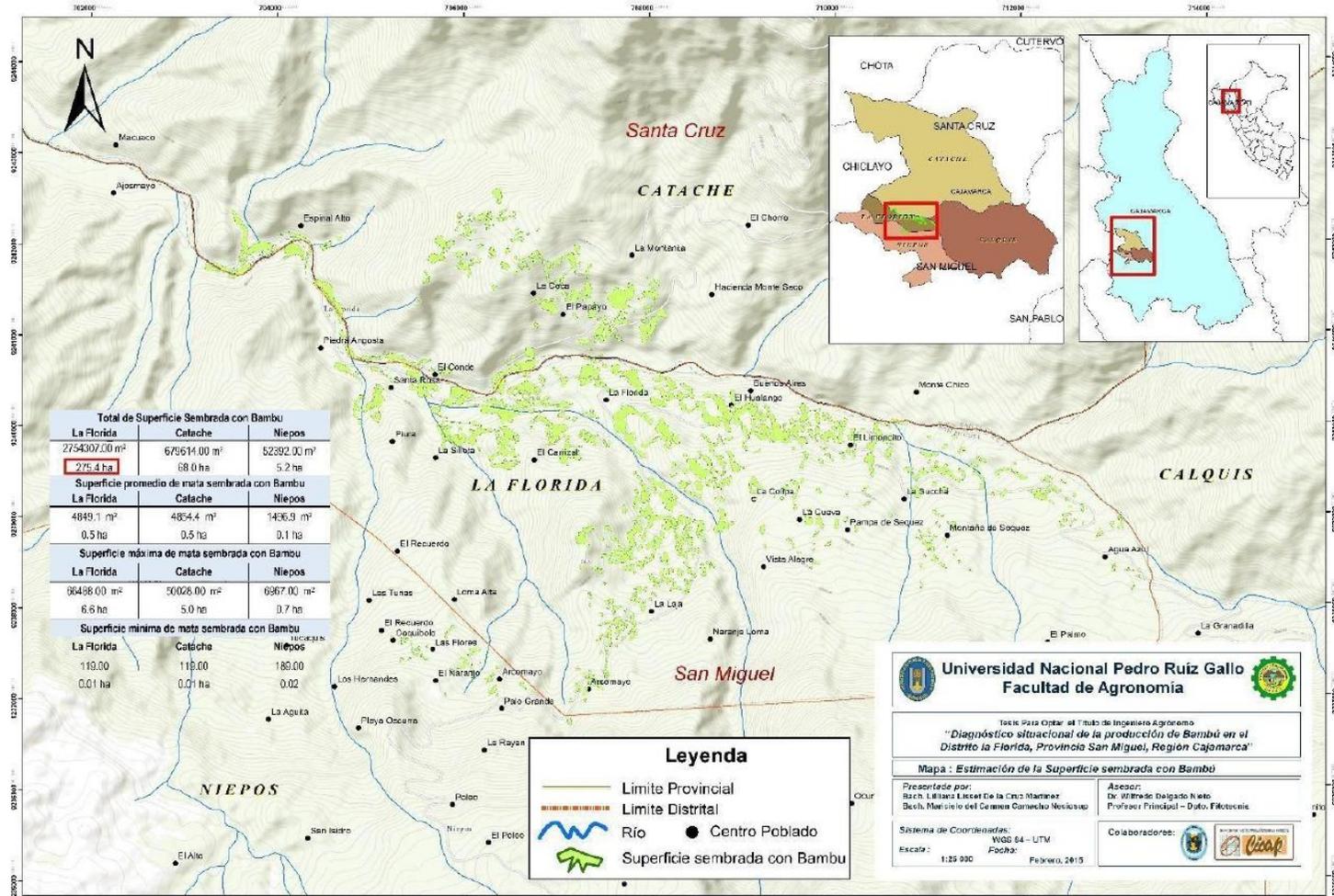
Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
Obras preliminares								
OE.1.1.9.11	Trazado y Replanteo s/equipo	m2	1	12		8.1	97.20	97.20
OE.2.1.1.12	Refine, Nivel.y Compact./terreno Normal/con Pison Manual	m2	1	12		8.1	97.20	97.20
Movimiento de tierras								
OE.2.1.2.11	Excav. zanjas p/viga de cimentación Mat.suel.h=1.00 m.	m3						20.86
	Eje A, B y D		5	3.15	0.85	0.4	5.36	
			3	3.3	0.85	0.4	3.37	
	Eje C		2	3.3	0.85	0.4	2.24	
	Eje a, b, c y d		8	3.15	0.85	0.4	8.57	
	Eje i		1	3.9	0.85	0.4	1.33	
OE.2.1.2.41	Excav. zapatas Mat.suelto h=1.00 m	m3						5.29
	Eje A, B y D		12	0.6	1.05	0.6	4.54	
	Eje C		2	0.6	1.05	0.6	0.76	
Viga de cimentación 40x80								
OE.2.2.3.12	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2						24.54
	Eje A, B y D		5	3.15		0.4	6.30	
			3	3.3		0.4	3.96	
	Eje C		2	3.3		0.4	2.64	
	Eje a, b, c y d		8	3.15		0.4	10.08	
	Eje i		1	3.9		0.4	1.56	
OE.2.3.3.36	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Viga Cimentacion	m3						19.63
	Eje A, B y D		5	3.15	0.8	0.4	5.04	
			3	3.3	0.8	0.4	3.17	
	Eje C		2	3.3	0.8	0.4	2.11	
	Eje a, b, c y d		8	3.15	0.8	0.4	8.06	
	Eje i		1	3.9	0.8	0.4	1.25	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia	Kg				kg/ml		917.64
	Eje A y D		12	12.00		1.552	223.49	
	Eje B y C		12	8.10		1.552	150.85	
	Eje a, b, c y d		24	8.10		1.552	301.71	
	Eje i		6	3.90		1.552	36.32	
	Eje A, B y D		90	2.40		0.249	53.78	
	Eje C		54	2.40		0.249	32.27	
	Eje a, b, c y d		36	2.40		0.249	21.51	
	Eje i		144	2.40		0.249	86.05	

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
	Eje i fe Ø 1/4"		19.5	2.40		0.249	11.65	
Zapata de columnas								
OE.2.2.3.12	Concreto C:h 1:12 E=2"-solado	m2						5.04
	Eje A, B y D		12	0.6		0.6	4.32	
	Eje C		2	0.6		0.6	0.72	
OE.2.3.2.37	Concreto F'c 245 Kg/cm2 Zapata	m3						5.04
	Zapata							
	Eje A, B y D		12	0.6	1	0.6	4.32	
	Eje C		2	0.6	1	0.6	0.72	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia fe Ø 3/8"	Kg				kg/ml		31.30
			112	0.5		0.559	31.30	
Sobrecimientos 15x20								
OE.2.3.5.35	Concreto F'c 175 Kg/cm2 Sobrecimiento Reforzado	m3						1.58
	Eje A		2	3.6	0.2	0.15	0.22	
	Eje B		1	2.8	0.2	0.15	0.08	
	Eje C		1	0.55	0.2	0.15	0.02	
			1	2.65	0.2	0.15	0.08	
	Eje D		3	3.6	0.2	0.15	0.32	
	Eje a,b y c		3	3.6	0.2	0.15	0.32	
			4	2.7	0.2	0.15	0.32	
	Eje d		2	3.6	0.2	0.15	0.22	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia fe Ø 3/8" fe Ø 1/4"	Kg				kg/ml		116.22
			2	52.8		0.559	59.03	
			264	0.87		0.249	57.19	
OE.2.3.5.81	Encofrado y desencofrado normal sobrecimiento reforzado	m2						25.70
	Eje A		2	7.2	0.25		3.60	
	Eje B		1	2.8	0.25		0.70	
	Eje C		2	0.55	0.25		0.28	
			2	2.65	0.25		1.33	
	Eje D		2	10.8	0.25		5.40	
	Eje a,b y c		2	10.8	0.25		5.40	
			2	10.8	0.25		5.40	
	Eje d		2	7.2	0.25		3.60	
Piso de concreto								
OE.2.2.9.12	Falsopiso de 3" con Mezc:1:8 C:h	m2						88.02
			1	12		8.1	97.20	
	Eje A		-2	3.6		0.15	1.08	
	Eje B		-1	2.8		0.15	0.42	
	Eje C		-1	0.55		0.15	0.08	
			-1	2.65		0.15	0.40	
	Eje D		-3	3.6		0.15	1.62	
	Eje a,b y c		-3	3.6		0.15	1.62	
			-4	2.7		0.15	1.62	
	Eje d		-2	3.6		0.15	1.08	
	Pedestal de columnas		-14	0.3		0.3	1.26	
Columnas								
OE.2.3.7.36	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Columna	m3						3.40
			14	0.3	2.7	0.3	3.40	

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
OE.2.3.8.1.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia fe Ø 5/8" fe Ø 1/4"	Kg	56 420	3.95 1.2		kg/ml 1.55 0.249	343.30 125.50	468.80
OE.2.3.7.81	Encofrado y Desencofrado Normal Columna	m2	14	1.2	2.7		45.36	45.36
Vigas								
OE.2.3.8.36	Concreto Fc 210 Kg/cm2 Viga	m3	17	3.6	0.4	0.3	7.34	7.34
OE.2.3.8.1.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/dia fe Ø 5/8" fe Ø 1/4"	Kg	4 306	61.2 1.4		kg/ml 1.55 0.25	379.93 106.67	486.60
OE.2.3.8.81	Encofrado y Desencofrado Normal Vigas Rectas	m2	1	61.2	1.1		67.32	67.32
Mamposteria								
OE.3.1.1.28	Muro Ladr. K-k De Soga Mezcla 1:2:9 C.v. tipo Iv	m2	3 5 1 1 4	3.6 3.6 2.8 3.2 2.7	2.5 2.5 2.5 2.5 2.5		27.00 45.00 7.00 8.00 27.00	114.00
Instalaciones eléctricas								
OE.5.2.1.13	Salida de Techo C/tub.sel(3/4) Cable Tw14,cajas Livianas	Und	9				9.00	9.00
OE.5.2.1.23	Salida de Pared C/tub.sel(3/4) Cable Tw 14,caja Liviana	Und	18				18.00	18.00
Instalaciones sanitarias								
OE.4.1.3.11	Suministro y colocacion de Aparatos Sanitarios	Und	2				2.00	2.00
OE.3.4.2.51	Ceramico Pared Blanco Brillante 24x40 Cm De 1ra. (interior, Junta 2mm)	m2	4 1 1	2.4 2.4 2.8	1.2 2.5 1.2		11.52 6.00 3.36	20.88
OE.3.4.2.21	Piso Loseta Vinifica 1.6 Mm. 30.5x30.5 Cm	m2	1 1	2.7 2.7		1.2 2.25	3.24 6.08	9.32
OE.4.2.1.11	Salida de agua Fria pvc inc.tuberia y accesorios 1/2"	Und	6				6.00	6.00
Losa aligerada								
OE.2.3.9.2.71	Ladrillo Arcilla Para Techo 12x30x30 Cm	Und	8	12		8.1		777.60

Código NT	Descripción	Und	Cant.	Largo	Alto	Ancho	Parcial	Total
OE.2.3.9.2.36	Concreto F'c 210 Kg/cm2 Losa Aligerada	m3						10.69
			1	12	0.08	8.1	7.78	
			30	8.1	0.12	0.1	2.92	
OE.2.3.81.03	Acero Fy=4,200 Kg/cm2 Rend:300 Kg/día fe Ø 3/8" fe Ø 1/4"	Kg				kg/ml		329.46
			30	8.1		0.559	135.84	
			48	8.1		0.25	96.81	
			32.4	12		0.25	96.81	
OE.2.3.9.2.74	Encofrado y Desencofrado Normal Losa Aligerada	m2						97.20
			1	12		8.1	97.20	
Acabados								
OE.3.2.3.15	Tarrajeo Muros Ext.frotachado Mez=c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.	m2						95.73
			1	40.2	3.1		124.62	
			-3	3.6	2.5		- 27.00	
			-1	0.9	2.1		- 1.89	
OE.3.2.2.15	Tarrajeo Muros Int.frotachado Mez.c:c:a 1:2:9,e=1.5 Cm.	m2						219.51
			1	40.2	3		120.60	
			-3	3.6	2.5		- 27.00	
			-1	0.9	2.1		- 1.89	
			4	3.6	3		43.20	
			6	2.7	3		48.60	
			2	2.8	3		16.80	
			2	3.2	3		19.20	
OE.3.11.1.21	Pintura Muros Exteriores Vmílca 2 Manos C/imprimante P/gal Perimetrales	m2						95.73
			1	40.2	3.1		124.62	
			-3	3.6	2.5		- 27.00	
			-1	0.9	2.1		- 1.89	
OE.3.11.1.14	Pintura Muros Interiores Vmílca-2 Manos C/imprimante P/kg.	m2						219.51
			1	40.2	3		120.60	
			-3	3.6	2.5		- 27.00	
			-1	0.9	2.1		- 1.89	
			4	3.6	3		43.20	
			6	2.7	3		48.60	
			2	2.8	3		16.80	
			2	3.2	3		19.20	
Otros								
OE.3.7.1.11	Puertas Contraplacadas E=35 Mm C/triplay Lupuna 4 mm.	m2						16.38
	Principal, Dormitorio secundario		2	0.9	2.1		3.78	
	Dormitorio principal, SSHH (2)		3	0.8	2.1		5.04	
	Taller		1	3.6	2.1		7.56	
OE.3.10.3.11	Vidrio Templado Incoloro 6mm	m2						27.00
			3	3.6	2.5		27.00	

Anexo 7 : Estimación de superficie sembrada con bambú en el Distrito de la Florida, San Miguel - Cajamarca



Fuente: "Diagnostico Situacional de la Producción del Bambú (*Guadua Angustifolia* K.) en el Distrito de la Florida, de la Provincia San Miguel Región Cajamarca", por Camacho, M., & De La Cruz, L. (2019).

Anexo 8 : Matriz de Consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS / INSTRUMENTOS
	Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	
DISEÑO Y ANÁLISIS DE UNA VIVIENDA ECOLÓGICA QUE CUMPLA CRITERIOS SISMO RESISTENTES, UTILIZANDO EL BAMBÚ COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL	¿Cuáles son los criterios sismo resistentes a considerar en una vivienda ecológica utilizando el bambú como elemento estructural y su relación con el plazo, costo e impacto ambiental generado?	Analizar una vivienda ecológica que cumpla criterios sismo resistentes utilizando el bambú como elemento estructural y su relación con el costo, plazo e impacto ambiental generado por este tipo de construcción en el distrito de La Florida, San Miguel – Cajamarca, con el propósito de dar a conocer una alternativa de vivienda segura, económica y sostenible ambientalmente.	El bambú cumple criterios sismo resistentes como elemento estructural en una vivienda ecológica, además de contar con una óptima respuesta en relación al costo, plazo e impacto ambiental generado	Observación directa: Como resultado del uso de softwares de diseño, tales como el CSI Etabs V19.1.0 empleado para el modelamiento de la vivienda ecológica.
	Preguntas específicas	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Análisis de documentos: Ya que adicionalmente a la observación directa, se utilizaron estudios e investigaciones previas.
	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas del bambú que permiten hacer óptimo el diseño de una vivienda ecológica? • ¿Cuál es el diseño estructural y arquitectónico sismo resistente óptimo de una vivienda ecológica utilizando bambú en su composición? • ¿Cómo es el modelamiento de una vivienda ecológica en CSI Etabs v19.1.0 que le permite la obtención de resultados sismo resistentes óptimos? • ¿En qué medida favorece una vivienda ecológica en el costo de construcción en comparación con una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción? • ¿En qué medida favorece una vivienda ecológica en el plazo de construcción en comparación con una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción? • ¿Cuáles son los beneficios ambientales que se originan con la construcción de una vivienda ecológica en comparación con los de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características físicas y mecánicas del bambú que hagan óptimo el diseño de una vivienda ecológica. • Diseñar estructural y arquitectónicamente una vivienda ecológica utilizando bambú en su composición. para la obtención de resultados sismo resistentes óptimos • Modelar una vivienda ecológica con el software CSI Etabs v19.1.0 para la obtención de resultados sismo resistentes óptimos • Determinar el costo de construcción de una vivienda ecológica comparándolo con el de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción. • Determinar el plazo de construcción de una vivienda ecológica comparándolo con el de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción • Determinar los beneficios ambientales generados por la construcción de una vivienda ecológica comparándolos con los de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • El bambú cuenta con características físicas y mecánicas que lo hacen óptimo para el diseño de una vivienda ecológica. • El diseño estructural y arquitectónico de una vivienda ecológica tendrá resultados sismo resistentes óptimos al utilizar bambú en su composición. • El modelamiento de una vivienda ecológica con el software CSI Etabs v19.1.0 tendrá resultados sismo resistentes óptimos. • El costo de construcción de una vivienda ecológica es menor al de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción. • El plazo de construcción de una vivienda ecológica es menor al de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción. • Los beneficios ambientales de la construcción de una vivienda ecológica son mayores al de una vivienda de similares características que considere métodos tradicionales de construcción. 	Elaboración de ensayos: Con el propósito de determinar las características físicas y mecánicas del bambú.