

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**EL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS SOCIALES DE UN NIVEL**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado académico de
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTORAS:

Asencio Roca, Joselyne Lucero

Lavarello Calderón, Milagros Karina

Llamarca Poncca Velarde, Elizabeth Cristina

AUTORES:

Huisa Valdivia, Maikol Jhordan

Vílchez Trujillo, Marco Antonio

ASESOR:

Hoyos Vertiz, Carlos Raul

Lima, diciembre de 2021

RESUMEN

Este documento es una investigación académica sobre el uso del bambú en el sector de la construcción, desde un punto de vista económico, y su respectiva rentabilidad como material en una vivienda social de 1 piso. La finalidad de esta investigación es informar sobre el bambú como material alternativo para la construcción de viviendas sociales con una reducción de costos y un menor impacto en el medio ambiente, en comparación con otros materiales convencionales. Además, de evidenciar los beneficios económicos para incitar aún más su industrialización y uso en la construcción, como material con mayor accesibilidad. Para ello, se recopiló información de diversas fuentes bibliográficas relacionadas a aspectos técnicos y económicos del uso del bambú en edificaciones; así como, de construcciones compuestas por materiales convencionales, tanto en el Perú como en el mundo.

Posteriormente, para realizar el análisis comparativo de costos, se realizó el metrado de elementos y el cálculo de costo por metro cuadrado construido de modelos similares de viviendas de un nivel edificadas con albañilería confinada y bambú. Con los valores totales de presupuesto, índice de ahorro y ratios obtenidos, se determinó la rentabilidad constructiva y la sustentabilidad de la vivienda estudiada.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| Capítulo 1: Generalidades..... | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Alcance..... | 2 |
| 1.3 Objetivos | 2 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 2 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.4 Metodología | 3 |
| Capítulo 2: Revisión de la Literatura | 4 |
| 2.1 Antecedentes | 4 |
| 2.2 Propiedades Mecánicas del Bambú Guadua Angustifolia | 4 |
| 2.2.1 Módulo de elasticidad | 5 |
| 2.2.2 Compresión paralela a la fibra | 7 |
| 2.2.3 Tracción paralela a la fibra | 9 |
| 2.3 Consideraciones del Diseño Estructural con Bambú Según Norma E.100..... | 10 |
| 2.4 Tipologías de Construcciones Hechas con Bambú | 14 |
| 2.4.1 Casa voces por el clima..... | 14 |
| 2.4.2 Fundación “escuela para la vida”..... | 17 |
| Capítulo 3: Análisis Comparativo de Costos | 20 |
| 3.1 Alcance..... | 20 |
| 3.2 Determinación del Costo por Metro Cuadrado Construido | 20 |
| 3.2.1 Ejemplo de vivienda de albañilería confinada de un nivel. | 20 |
| 3.2.2 Ejemplo de vivienda de bambú de un nivel. | 25 |
| 3.3 Análisis comparativo de la rentabilidad de la vivienda | 37 |
| 3.3.1 Análisis de costos unitarios de las viviendas | 37 |
| 3.3.2 Análisis de presupuesto total de las viviendas | 41 |

| | |
|---|----|
| Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones | 45 |
| 4.1 Conclusiones | 45 |
| 4.2 Recomendaciones..... | 46 |
| Bibliografía | 47 |
| Anexos: Análisis de precios unitarios de vivienda de bambú..... | 50 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Valores del módulo de elasticidad del bambú Guadua Angustifolia, según Martínez | 6 |
| Tabla 2. Valores del módulo de elasticidad del bambú Guadua Angustifolia, según Ghavanni & Marinho..... | 7 |
| Tabla 3. Resistencia máxima y módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra del Guadua Angustifolia | 8 |
| Tabla 4. Resistencia máxima en compresión paralela a la fibra del Guadua Angustifolia según diferentes autores | 9 |
| Tabla 5. Módulo de ruptura en tracción (MOR) del Guadua Angustifolia según diferentes autores | 10 |
| Tabla 6. Esfuerzos admisibles del bambú estructural | 12 |
| Tabla 7. Módulos de elasticidad admisibles del bambú estructural..... | 12 |
| Tabla 8. Esbeltez de columnas de bambú | 13 |
| Tabla 9. Presupuesto de obra de vivienda de albañilería confinada (1 nivel)..... | 22 |
| Tabla 10. Análisis de precios unitarios (APUs) para subcontratos de puertas..... | 33 |
| Tabla 11. Análisis de precios unitarios (APUs) para subcontratos de ventanas..... | 34 |
| Tabla 12. Análisis de precios unitarios (APUs) para columnas de bambú..... | 35 |
| Tabla 13. Análisis de precios unitarios (APUs) para paredes de bambú..... | 35 |
| Tabla 14. Precios de piezas de bambú de construcción | 36 |
| Tabla 15. Presupuesto de obra de vivienda de bambú (1 nivel) | 36 |
| Tabla 16. Análisis de precios unitarios de excavación de cimientos de la vivienda de bambú. | 39 |
| Tabla 17. Análisis de precios unitarios de columnas de bambú..... | 40 |
| Tabla 18. Análisis de precios unitarios de paredes de bloque de concreto..... | 41 |
| Tabla 19. Cuadro comparativo de costos de construcción entre vivienda de albañilería confinada y vivienda de bambú..... | 42 |

Tabla 20. Cuadro de precios referenciales por metro cuadrado de área construida de cada tipo de vivienda44



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Uniones con morteros, y uniones con pernos y tarugos | 14 |
| Figura 2. Plano de planta del primer nivel de la casa voces por el clima | 16 |
| Figura 3. Plano de planta del segundo nivel de la casa voces por el clima..... | 16 |
| Figura 4. Plano de corte longitudinal de la casa voces por el clima. | 17 |
| Figura 5. Armado de techos y muros de bambú. | 18 |
| Figura 6. Planos de cortes de la fundación escuela para la vida | 19 |
| Figura 7. Plano de distribución en planta de la vivienda de albañilería confinada | 21 |
| Figura 8. Plano de distribución en planta de la vivienda de bambú..... | 26 |
| Figura 9. Plano de cimentación de la vivienda de bambú..... | 28 |
| Figura 10. Plano de corte de la vivienda de bambú | 29 |
| Figura 11. Plano de instalaciones sanitarias de la vivienda de bambú..... | 30 |
| Figura 12. Plano de instalaciones eléctricas de la vivienda de bambú..... | 31 |
| Figura 13. Distribución de costos de construcción de vivienda de albañilería y bambú. | 44 |

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción

En el Perú, el 11.2% de los hogares presentan déficit habitacional, teniendo al área rural con un mayor impacto por déficit habitacional de 19.5 % mientras que el área urbana presenta el 8.7%. Este déficit habitacional muestra que nuestro país presenta carencias de viviendas para cubrir las necesidades habitacionales de los hogares y falta de calidad de las viviendas respecto a sus materiales, ambientes e instalaciones de servicios básicos (INEI, 2017). Este problema evidencia la necesidad de construir viviendas con análisis y diseños acorde con las exigencias y necesidades de la localidad. Sin embargo, actualmente es muy sabido que los materiales predominantes son el concreto y acero que, aunque se encuentran en gran medida difundidos y ofrecen seguridad, no están al alcance de la población más vulnerable.

Debido a ello, el presente trabajo propone dar a conocer el Bambú como un material de construcción que tenga la capacidad de solucionar de manera eficiente un porcentaje importante del déficit habitacional del país.

Entre las distintas especies de bambúes, sobresale la “*Guadua angustifolia*”, la cual no solo presenta notables características geométricas, ya que pueden llegar a medir hasta 30 m de altura, e importantes propiedades físico-mecánicas, sino que, además, consta de una gran ductilidad que le permite disipar la energía a manera de absorción durante un sismo. (Añazco, 2013). Estas peculiaridades hacen posible plantear el Bambú como un material sostenible para la construcción incluso en un país sísmico como el Perú.

Aunque, el uso del Bambú no es conocido por la mayoría de ingenieros y su norma es relativamente nueva, en la presente investigación se buscará realizar un análisis de costos comparativo de una edificación con material de Bambú y un material tradicional con el fin de

presentar el Bambú como alternativa para satisfacer las necesidades habitacionales de la población.

1.2 Alcance

La presente investigación se enfoca en el estudio de los tipos, propiedades físicas, mecánicas y ventajas del uso del bambú como material alternativo de construcción.

Asimismo, se evaluará la rentabilidad de este material en la implementación de estructuras sostenibles en el Perú y en el mundo tomando como ejemplo proyectos previos en el campo de la construcción cuya durabilidad y calidad arquitectónica real sea real y capaz de ser implementada en el Perú.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Promover el uso del bambú para el desarrollo de viviendas sostenibles a través de una investigación acerca de las características físicas, mecánicas y la comparativa de los impactos ambientales, proceso constructivo y costos de ejecución frente al sistema tradicional.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar las principales propiedades físico - mecánicas del Bambú de construcción
- Revisar las tipologías de viviendas sostenibles utilizando como materia prima el bambú Guadua bajo los lineamientos de la norma RNE E.100.
- Realizar un análisis comparativo de costos y rentabilidad del uso del Bambú en el diseño y construcción de viviendas de un nivel respecto al sistema tradicional

1.4 Metodología

En la primera etapa, este trabajo se sustentará por las consultas bibliográficas extraídas de fuentes confiables, como normas, reportes, libros e investigaciones realizadas. Adicional a ello, se buscará recursos visuales e informáticos que permitan referenciar la información expuesta lo más claro posible. Asimismo, otro aspecto que sustentará este trabajo viene a ser la asesoría de profesionales y expertos en el área, el cual brindarán información que complementa lo extraído de las referencias bibliográficas mediante sugerencias y datos obtenidos en base a la experiencia.

En la segunda etapa, este trabajo sintetiza la información obtenida a través de las fuentes bibliográficas para describir las características y propiedades físico - mecánicas del Bambú como densidad, resistencia al corte, tracción, compresión, entre otros. Además, se detallará los requerimientos para realizar un análisis y diseño estructural elemental partiendo desde las solicitudes y requerimientos mínimos especificados por la actual normativa técnica.

En la tercera etapa, se realizará un análisis económico comparativo del uso del Bambú como material sostenible respecto de otros materiales, considerados como convencionales dentro del rubro de la construcción. De esta manera, se identificarán las ventajas y desventajas del Bambú en el diseño y construcción de casas sostenibles en el Perú y el mundo.

Por último, la investigación expondrá las conclusiones del uso y rentabilidad que tiene el Bambú como material de construcción. Además, se expondrán sugerencias pertinentes y aspectos a tener en cuenta como aspectos económicos y ambientales. De esta manera, el Bambú podrá ser visto como un material óptimo y que debe ser promovido en uso para la construcción de viviendas sostenibles.

Capítulo 2: Revisión de la Literatura

2.1 Antecedentes

Durante muchos años, el bambú ha sido utilizado por la sociedad de diferentes formas: como alimento, fabricación de carbón, producción de alcohol, celulosa, etanol, muebles, etc. Para lo cual existe un amplio conocimiento e investigación acerca de este material en los países asiáticos. En cambio, existe muy poca información científica en el continente americano acerca del uso del bambú, principalmente como material dentro del sector construcción de viviendas (Orosco,2009).

Lo esencial de construir un prototipo de vivienda sostenible reside en cumplir las expectativas de vivienda de los habitantes y minimizar el impacto que genera las construcciones sobre el ambiente. Por eso el bambú se presenta como un material que promueve la conservación y la sostenibilidad ambiental que puede ser utilizado como opción sostenible para la construcción de viviendas (Rodríguez et al.,2020).

2.2 Propiedades Mecánicas del Bambú Guadua Angustifolia

Las propiedades mecánicas de cualquier caña de bambú, serán dependientes de factores como: especie; tipo de suelo donde creció; edad; condiciones climáticas; cantidad de humedad en la caña; época de sembrado y cosecha; ubicación de la muestra en relación a la longitud total de la caña; y la cantidad de nudos presentes. Asimismo, cabe resaltar que los resultados de sus propiedades también tendrán una variación que serpa influenciada por los tipos de ensayos que se realice en cada investigación.

Análisis estadísticos de las propiedades físicas y mecánicas de Guadua Angustifolia, así como los estudios científicos de los de pre y post tratamiento, conllevaron a que este material sea un material de ingeniería viable, económicamente, e incitaron en su

industrialización para la construcción, ya que se obtuvieron beneficios y características similares a los materiales convencionales, con muchas posibilidades de que éste sea industrializado, a diferencia de otras especies de bambú.

Las fibras y sílice presente en su estructura biológica caracterizan al bambú como un material muy resistente y flexible., similar al acero, y con mayor rigidez y fuerza que el concreto y la madera. Asimismo, la especie *Guadua Angustifolia* se caracteriza por presentar una mayor esbeltez debido a gracias a su forma tubular con mayor homogeneidad al largo de su longitud, superior a otras especies. Esta característica es ideal para evitar el pandeo ante los esfuerzos de compresión generados por fuerzas sísmicas, lo cual la califica como un material apto para construcciones sismo resistentes (Molina, 2020).

2.2.1 Módulo de elasticidad

La definición esta estandarizada a nivel mundial, conocida como la Ley de Hooke, que es el coeficiente adimensional que se obtiene como el cociente de dividir la fuerza debido a una carga y su respectiva deformación elástica. Este comportamiento, en todo cuerpo sólido, se mantiene hasta cierto límite, conocido como máximo desplazamiento elástico. A partir de que se supera este punto, se presentará un remanente de deformación que será permanente en el material, una vez que se deje de aplicar la carga (Molina, 2020).

Existen diversos análisis de ensayos de la especie tratada en esta investigación, de donde se obtuvieron valores similares, cuya variación se debe factor de condiciones de crecimiento y de la irregularidad de la caña de bambú. Según Martínez, el módulo de elasticidad decrece de 5 a 10 %, y el valor de decrecimiento dependerá la sección que se esté analizando, ya sea la interna, con menos presencia de fibras; o la externa, con mayor presencia de estas (Martinez, 2015). Los resultados de valores del módulo de elasticidad obtenidos por Martinez, se muestran en la tabla a seguir.

Tabla 1

Valores del módulo de elasticidad del bambú Guadua Angustifolia, según Martínez

| Ensayo | Promedio (MPa) | D. E. (MPa) | C. V. | |
|--------------------------------|----------------|-------------|-------|-----|
| Compresión paralela a la fibra | 19137 | 1625 | 9% | |
| Tracción paralela a la fibra | 17468 | 3655 | 21% | |
| Flexión | Radial | 9523 | 1100 | 12% |
| | Tangencial | 11456 | 1450 | 13% |

Nota. Tomado de “Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelación de una estructura tipo”, por Martínez, 2015.

Asimismo, Ghavami & Marinho realizaron ensayos de flexión y compresión a lo largo del tallo, es decir, las tres partes bien identificadas que son la base, el centro y el copo, de donde se consideraron la presencia y ausencia de nudos. En total fueron 6 muestras de análisis, que tuvieron los resultados promedios de módulo de elasticidad de 14.59 y 12.58 GPa para tracción y compresión, respectivamente (Ghavami & Marinho, 2005) (Ver tabla 2).

Tabla 2

Valores del módulo de elasticidad del bambú Guadua Angustifolia, según Ghavanni & Marinho

| Parte bambú | Módulo de elasticidad - E (Gpa) | |
|-----------------|---------------------------------|------------|
| | Tracción | Compresión |
| Base sin nudo | 16.25 | 14.65 |
| Base con nudo | 15.70 | 9.00 |
| Centro sin nudo | 18.10 | 12.25 |
| Centro con nudo | 11.10 | 12.15 |
| Copo sin nudo | 18.36 | 11.65 |
| Copo con nudo | 8.00 | 15.80 |
| Valor medio | 14.59 | 12.58 |
| Variación | 8.0-18.36 | 9.00-15.80 |

Nota. Tomado de “Propiedades físicas e mecánicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*”, por Ghavanni & Marinho, 2005.

2.2.2 Compresión paralela a la fibra

En su mayoría, el bambú es usado en la construcción como material para la construcción de elementos que soportan cargas que generan compresión axial como pilares o soportes. Según Ghavanni y Marinho, el valor de resistencia a la compresión es, en general, 3 veces menos que la resistencia a la tracción, para los ensayos con nudos y sin nudos (Ghavami & Marinho, 2005). Cabe resaltar que la humedad es uno de los principales factores por el cual el bambú pierde resistencia a compresión; asimismo, puede alterar la esbeltez que generará por problemas de pandeo (Martinez, 2015). Según los resultados de resistencia máxima (RM) y módulo de elasticidad (MOE), obtenidos por Takeuchi y González, para el ensayo de compresión, el valor medio en la zona de la cepa es ligeramente menor en relación a la zona media, más conocida como basa, tanto en resistencia última y en módulo de elasticidad (Ver tabla 3), sin embargo, de los ensayos y el análisis estadístico, se obtuvo que la desviación

estándar es mayor en la zona de la cepa, más que la zona de la basa o central (Takeuchi y González, 2007, como se citó en Molina, 2020).

Tabla 3

Resistencia máxima y módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra del Guadua Angustifolia

| Parámetro | RM (MPa) | | | MOE (GPa) | | |
|---------------------|----------|-------|--------|-----------|-------|--------|
| | Cepas | Basas | Total | Cepas | Basas | Total |
| Nº de muestras | 190 | 336 | 809 | 150 | 267 | 479 |
| Valor Máximo | 92.60 | 82.27 | 118.79 | 146.34 | 33.48 | 146.34 |
| Valor Mínimo | 29.45 | 31.68 | 29.45 | 4.24 | 6.57 | 4.24 |
| Valor Promedio | 50.63 | 56.42 | 56.21 | 17.42 | 18.13 | 17.86 |
| Desviación estándar | 9.03 | 9.35 | 10.16 | 11.93 | 4.19 | 7.53 |

Nota. Tomado de “Efectos del intemperismo sobre las propiedades físico-mecánicas del tallo de bambú Guadua Angustifolia Kunth proveniente de Cajamarca, Perú”, por Takeuchi y González, 2007, como se citó en Molina, 2020.

Así como en tracción, el valor de resistencia máxima a compresión es variable, debido a factores como clima, edad, y tiempo de cosecha. Estacio recopiló información sobre estos valores obtenidos, por diferentes autores, de resistencia máxima a la compresión (RM). El rango de estos valores varía desde 28.36 a 49.48 MPa (Estacio, 2013, como se citó en Molina, 2020) (Ver tabla 4).

Tabla 4

Resistencia máxima en compresión paralela a la fibra del Guadua Angustifolia según diferentes autores

| RM (MPa) | Autor |
|----------|--------------------------|
| 28.36 | Ghavani y Marinho (2005) |
| 27.47 | Camacho y Páez (2002) |
| 49.48 | Uribe y Duran (2002) |
| 41.06 | Prada y Zambrano (2003) |
| 45.82 | Gutiérrez (2010) |
| 30.97 | Estacio (2013) |

Nota. Tomado de “Efectos del intemperismo sobre las propiedades físico-mecánicas del tallo de bambú Guadua Angustifolia Kunth proveniente de Cajamarca, Perú”, por Estacio, 2013, como se citó en Molina 2020.

2.2.3 Tracción paralela a la fibra

Esta es la propiedad por la cual bambú sobresale sobre otros materiales de construcción ecológicos como la madera, debido a que presenta resistencias considerables para un diseño sismo-resistente. Esto se debe a su estructura fibrosa, que está inmersa en una matriz de lignina, que se caracteriza por presentar mayor concentración de fibras en el diámetro externo de la caña; es por ello que el bambú, en estado natural, soporta cargas de viento muy altas (Ghavami & Marinho, 2005).

Esta propiedad es muy importante cuando se diseña una viga de bambú, ya que se tendrán solicitaciones de tracción axial. La falla antes estos esfuerzos se da por las irregularidades del armado de la viga de bambú y en la misma caña, especialmente en la parte de los nudos, en donde se produce una falla por cizallamiento o agrietamiento. A partir de ensayos de tracción se terminó que la parte más crítica son los nudos, ya se una muestra de cualquier parte del tallo; y que la mayor resistencia antes tracción se da en una muestra de la

base de la caña, lugar donde el diámetro es mayor y, por consecuencia, se tiene una mayor sección transversal.

Asimismo, se debe considerar, en este punto, la unión entre columnas y vigas, los cuales son afectados ante sollicitaciones sísmicas, en donde los esfuerzos de tracción generan agrietamiento debido a los herrajes que dependen del tipo de unión que presentan (Molina, 2020).

Los resultados de los valores de ruptura ante esfuerzos de tracción son variables, ello se debe a factores ya mencionados como clima, edad, y tiempo de cosecha. Estacio recopiló los valores del módulo de ruptura a tracción (MOR) de cuatro autores, en donde el valor mínimo obtenido fue por Ghavani y Marinho, con un valor de 95.80 Mpa (Estacio, 2013, como se citó en Molina, 2020) (Ver tabla 5).

Tabla 5

Módulo de ruptura en tracción (MOR) del Guadua Angustifolia según diferentes autores

| MOR (MPa) | Autor |
|-----------|--------------------------|
| 95.80 | Ghavani y Marinho (2005) |
| 190.70 | Ciro et al. (2005) |
| 148.40 | Janssen (2002) |
| 91.87 | Castrillón et al. (2004) |

Nota. Tomado de “Efectos del intemperismo sobre las propiedades físico-mecánicas del tallo de bambú Guadua Angustifolia Kunth proveniente de Cajamarca, Perú”, por Estacio, 2013, como se citó en Molina 2020.

2.3 Consideraciones del Diseño Estructural con Bambú Según Norma E.100

Según la Norma E.100, los elementos estructurales diseñados en base de bambú deben emplear el método de esfuerzos admisibles, el cual trabaja en función a las cargas de servicio. Asimismo, el bambú a utilizar son los que cumplen lo indicado en el numeral 7 de la Norma

E.100. Los elementos estructurales de bambú se diseñan empleando criterios de rigidez, resistencia y estabilidad, considerando las condiciones más críticas.

Requisitos de resistencia.

Este criterio diseña los elementos estructurales de bambú en función de los esfuerzos admisibles, es decir, los esfuerzos obtenidos por efecto de las cargas de servicio y alterados por coeficientes de casos específicos, dichos esfuerzos obtenidos deben ser menor o iguales a los esfuerzos admisibles del bambú.

Requisitos de rigidez.

Este criterio diseña los elementos estructurales de bambú en función de las deformaciones producidas. En primer lugar, se debe evaluar las deformaciones producidas por efecto de las cargas de servicio. Además, considera la ampliación de deformación debida al tiempo (deformaciones diferidas) generada por la continua aplicación de cargas. Asimismo, los elementos deben tener deformaciones menores o iguales que los admisibles. Por último, los sistemas basados en ensamble de bambú deben incluir deformaciones adicionales debido a uniones, ya sea instantánea o diferidas.

El bambú estructural empleado en procedimientos constructivos, según la Norma E.100, posee módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles mostrados a continuación:

Tabla 6

Esfuerzos admisibles del bambú estructural

| Flexión (f_m) | Tracción paralela (f_t) | Compresión paralela (f_c) | Corte (f_v) | Compresión perpendicular ($f'_{c\perp}$) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 5 MPa (50 kg/cm ²) | 16 MPa (160 kg/cm ²) | 13 MPa (130 kg/cm ²) | 1 MPa (10 kg/cm ²) | 1.3 MPa (13 kg/cm ²) |

Nota. Tomado de “Norma E.100”, por Sencico, 2020.

Tabla 7

Módulos de elasticidad admisibles del bambú estructural

| E_{PROM} | E_{MIN} |
|--|--|
| 9500 MPa (95 000 kg/cm ²) | 7300 MPa (73 000 kg/cm ²) |

Nota. Tomado de “Norma E.100”, por Sencico, 2020.

Requisitos de elementos a flexión.

Los apoyos de los elementos sometidos a flexión no deben fallar por aplastamiento. Si los nudos no tuvieran la resistencia suficiente, se procede a rellenar los entrenudos con suficiente mortero, taco de madera u otro material, brindando una mayor rigidez al elemento. Asimismo, si existe carga concentrada sobre un elemento, esta debe ser aplicada sobre un nudo. Por otro lado, si en el armado de vigas se requiere colocar más de un bambú, se debe diseñar conectores óptimos para que resistan las fuerzas generadas por dichas uniones.

Los esfuerzos cortantes (τ) obtenidos deben ser menor o igual al esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras (f'_v) especificado. Es importante observar que si el elemento se encuentra apoyado en la parte inferior y cargado en la parte superior es suficiente si se verifica la resistencia al corte en secciones ubicadas a una distancia del apoyo igual al peralte, excepto en volados.

Es necesario que los elementos sean arriostrados. De esta manera, se previene el pandeo lateral de las fibras en compresión. Por lo general, un solo bambú es estable, pero dos o más bambús poseen inestabilidad, por tal motivo se requiere restringir los apoyos. Para vigas compuestas (dos o más guaduas), en la cual la relación alto (d) y ancho (b) sea mayor que 1 ($d/b > 1$) deben tener soportes laterales que eviten el pandeo.

Requisitos de elementos por fuerza axial

En cualquier sección de guadua rolliza los esfuerzos de tensión axial actuante (f_t) calculada como el cociente de la fuerza de tensión aplicada (T) y el área neta del elemento, no deben exceder el módulo del esfuerzo admisible a tensión axial (F'_t). Asimismo, se observa en la tabla 8, la clasificación de las columnas de bambú guadua según su esbeltez.

Tabla 8

Esbeltez de columnas de bambú

| Columna | Esbeltez |
|------------|-----------------------|
| Corta | $\lambda < 30$ |
| Intermedia | $30 < \lambda < C_K$ |
| Larga | $C_K < \lambda < 150$ |

Nota. Tomado de “Norma E.100”, por Sencico, 2020.

Diseño de uniones

El tipo de unión y los elementos empleados generan cuanta resistencia tendrá el elemento. Los valores de estas resistencias se determinan en función a los resultados de cinco pruebas como mínimo, considerando los materiales, el tipo de diseño y un factor de seguridad igual a tres. Existen distintos tipos de uniones, entre los más conocidos tenemos uniones entre

piezas de bambú, zunchadas o amarradas, tarugos y pernos o con morteros como se muestra en la figura 1.

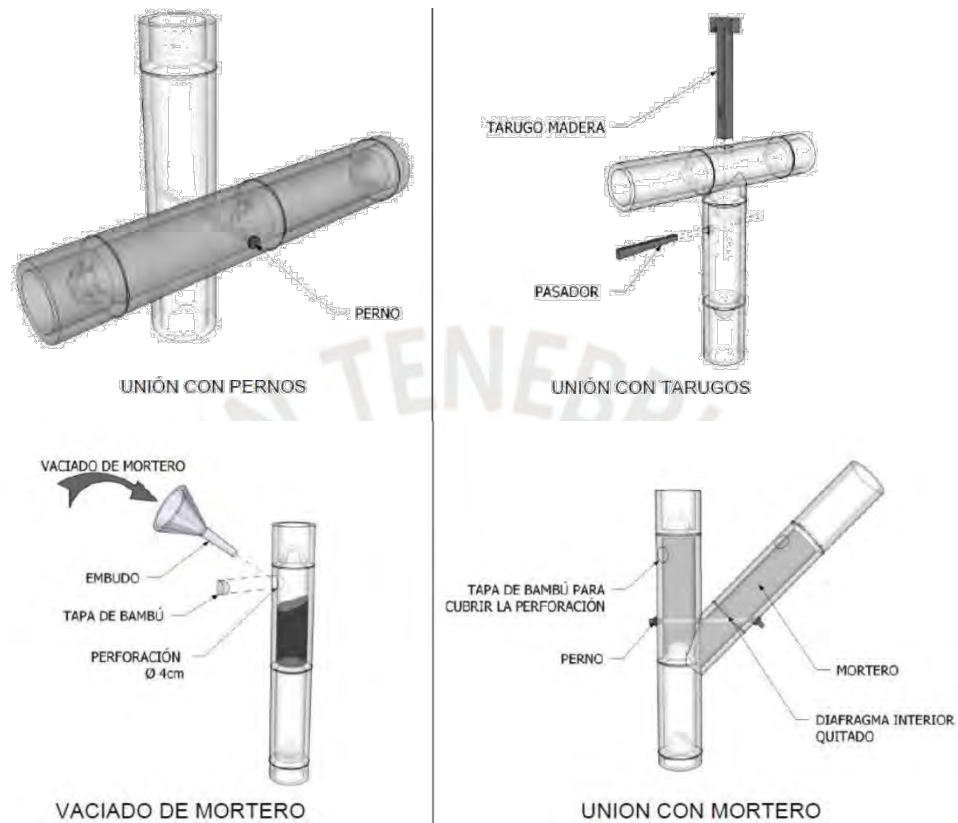


Figura 1. Uniones con morteros, y uniones con pernos y tarugos.

Tomado de “Norma E.100”, por Sencico, 2020.

2.4 Tipologías de Construcciones Hechas con Bambú

2.4.1 Casa voces por el clima

La vivienda Casa voces por el clima se diseñó bajo los lineamientos de la norma E.100, lo cual busca incentivar a la población el uso del bambú como material sostenible para la construcción de sus viviendas (Instituto de vivienda, urbanismo y construcción,2016).

La construcción de la casa tiene en cuenta el clima cálido de la zona donde se ejecutará el proyecto y también plantea el uso de materiales locales, concluyendo con un proyecto que fomenta el uso del bambú como material de construcción, ya sea en uso netamente estructural o en recubrimiento y decoración, poniendo en valor su resistencia, durabilidad y sostenibilidad.

Una singularidad del proyecto es que el diseño permite prefabricar la mayoría de los elementos que se usarán en su etapa constructiva, con el objetivo de optimizar los procesos y conseguir considerables ahorros de material y tiempo. El proyecto se caracteriza por su cualidad de desarrollarse libremente en el espacio, es decir tiene una gran plasticidad arquitectónica, y su facilidad de montaje (Instituto de vivienda, urbanismo y construcción,2016).

Por una parte, los paneles estructurales (1.23 m de ancho) compuesto de bambúes rollizos, recubiertos de caña chancada y tarrajeados (reforzado con mallas) logran la resistencia sísmica, con bajos pesos y rapidez de ejecución, por otra parte, los paneles no estructurales de madera machihembran, dependiendo de las características del proyecto (1.2 m de ancho), permiten la colocación de puertas y ventanas. Estos paneles son desarmables para beneficiar el crecimiento de la edificación (Instituto de vivienda, urbanismo y construcción,2016).

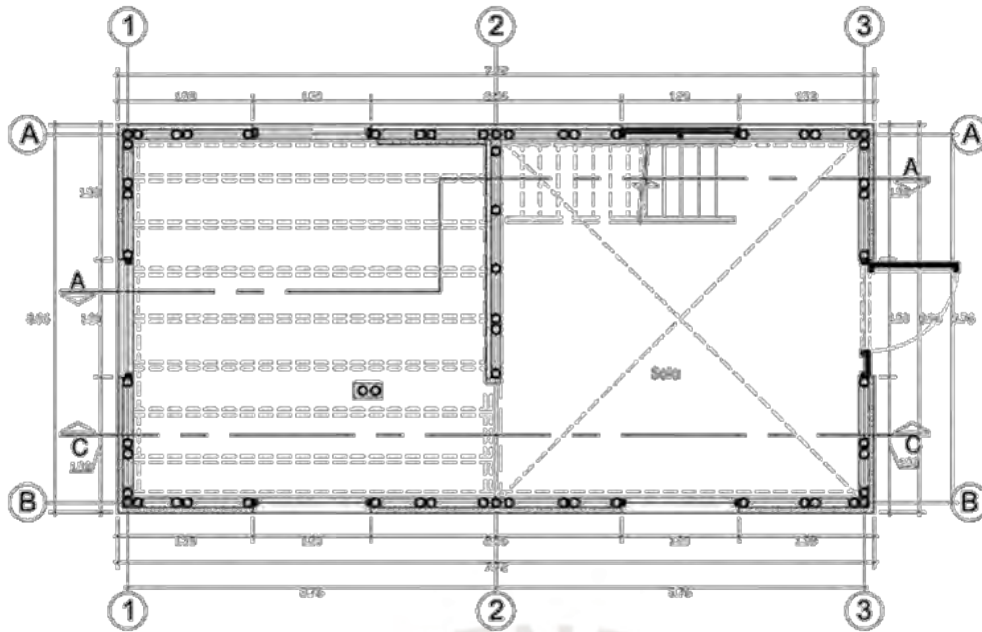


Figura 2. Plano de planta del primer nivel de la casa voces por el clima
 Tomado de “Casa demostrativa del parque ecológico voces por el clima”, por Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción, 2016.

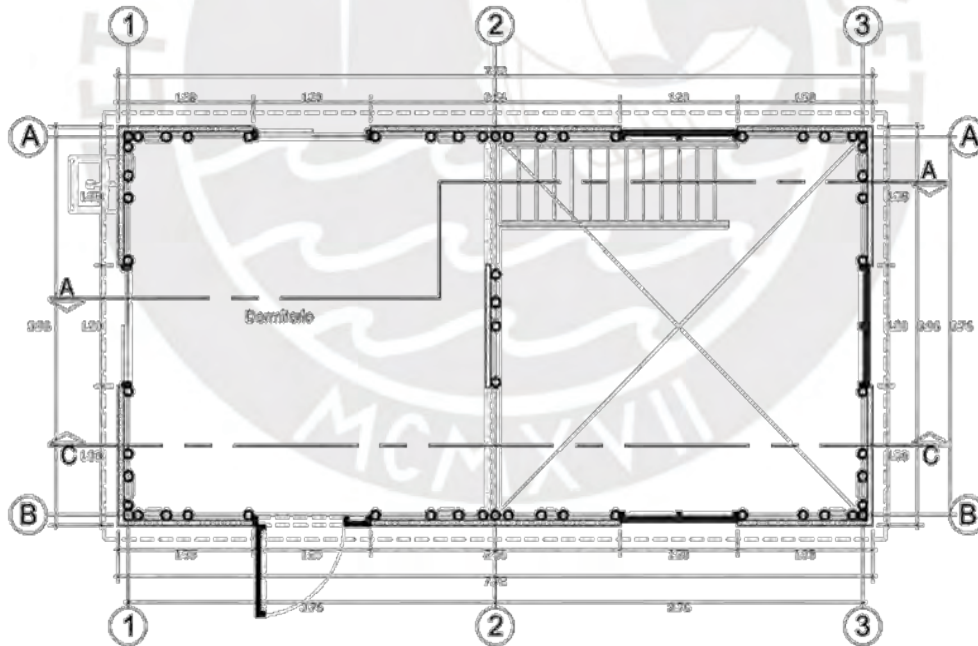


Figura 3. Plano de planta del segundo nivel de la casa voces por el clima.
 Tomado de “Casa demostrativa del parque ecológico voces por el clima”, por Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción, 2016.

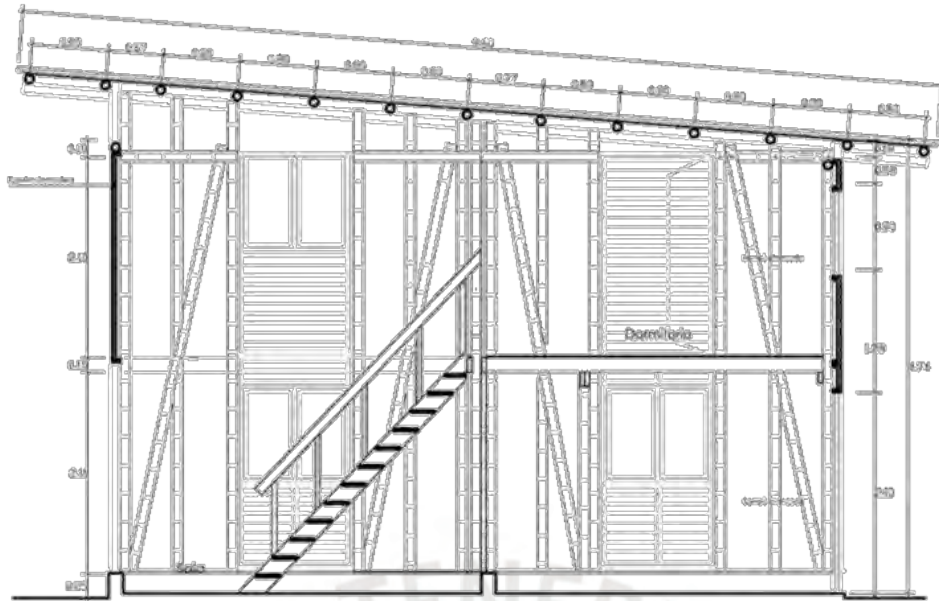


Figura 4. Plano de corte longitudinal de la casa voces por el clima.

Tomado de “Casa demostrativa del parque ecológico voces por el clima”, por Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción, 2016.

2.4.2 Fundación “escuela para la vida”

La Fundación “Escuela para la vida”, ubicada en la ciudad de Cali, Colombia es una obra de gran tamaño y riqueza arquitectónica levantada en el año 2012 por jóvenes de Montebello y por varios voluntarios internacionales cuyo objetivo principal fue brindar, a esta comunidad de bajos recursos, un colegio con criterios de desarrollo social y sostenibilidad medioambiental. Con esta construcción también se pretendía revalorizar el uso del bambú y mostrar al mundo las ventajas de su uso (Franco,2014).

El edificio consta de 3 plantas y utiliza como único material estructural el bambú Guadua. El área de cada nivel es de 330 m² distribuidos de la siguiente manera: en el primer nivel se encuentran los salones de clase, oficina administrativa, baños y almacén. En el segundo nivel está la biblioteca, sala de estudio y espacios multiusos.

El techo tiene la forma de un cuadrado de 24 x 24 metros a cuatro aguas y lo sostienen 16 torres de 10 m de altura. Estos están formados por cinco guaduas para recibir la carga de la

cubierta de manera homogénea y así tener una planta libre. La estructura es aporticada, es decir, cuenta con vigas y columnas de luces entre 5-7m cuyo refuerzo diagonal se coloca en sentido transversal y longitudinal. Los techos y muros son independientes y están espaciados de tal forma que la estructura se pueda deformar debido a la basta flexibilidad que caracteriza al bambú Guadúa.

“Por su parte, las fachadas están recubiertas con un aglomerado en base a cal y arcilla perteneciente al lugar donde se realiza la obra, igual que las pinturas y pigmentos naturales, que no contienen productos químicos”. (Franco,2014)

También se integraron sistemas de eficiencia y ahorro energético por medio del cual se recoge el agua de lluvia a través de los 600 m2 de cubierta y es almacenado en un tanque que se encuentra debajo del edificio, lo cual es usado en los sanitarios de todo el colegio.



Figura 5. Armado de techos y muros de bambú.

Tomado de “Casa demostrativa del parque ecológico voces por el clima”, por Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción, 2016.

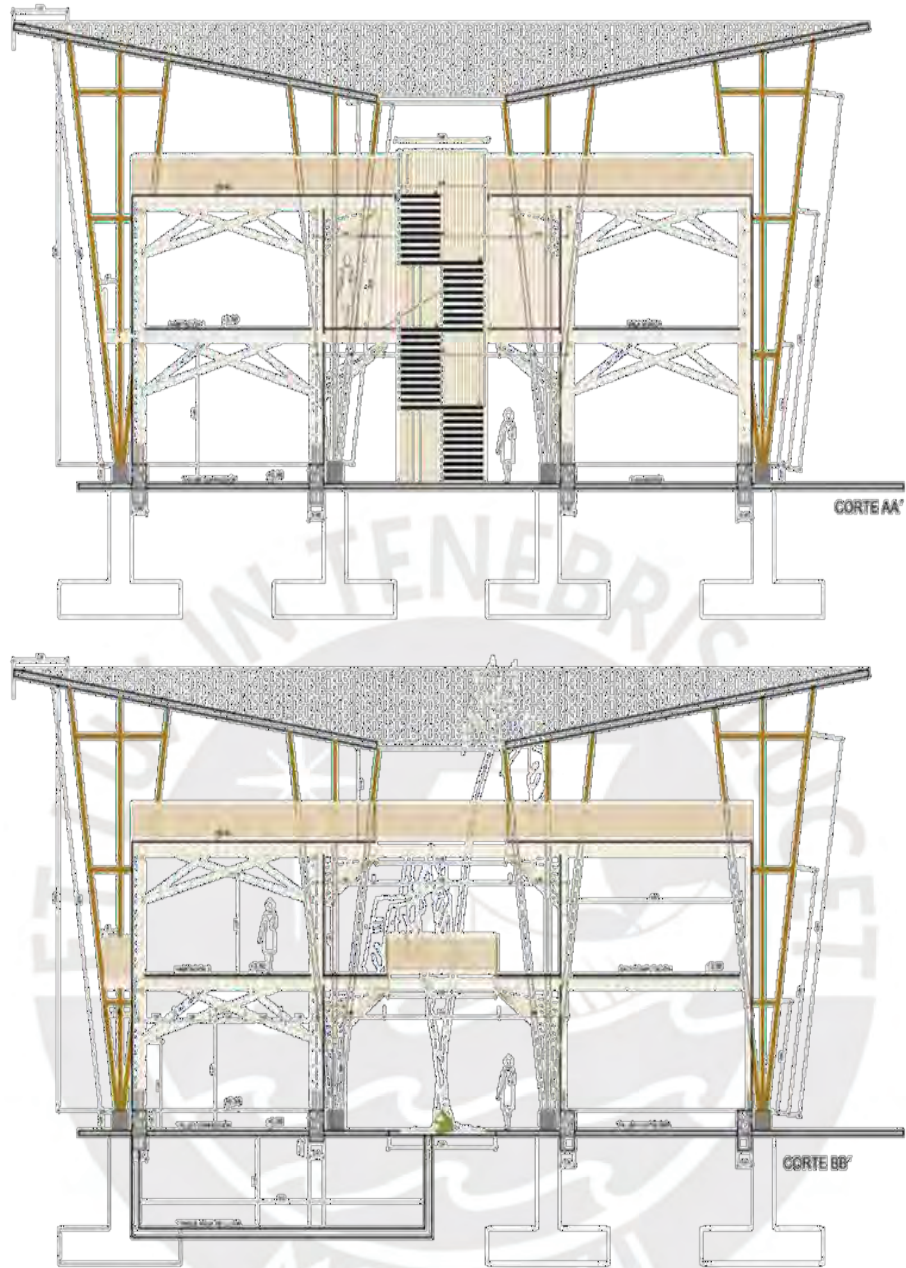


Figura 6. Planos de cortes de la fundación escuela para la vida.

Tomado de “Casa demostrativa del parque ecológico voces por el clima”, por Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción, 2016.

Capítulo 3: Análisis Comparativo de Costos

3.1 Alcance

En este capítulo, se realizará el metrado de elementos y el cálculo de costo por metro cuadrado construido de modelos similares de viviendas de un nivel edificadas con albañilería confinada y bambú. Luego, se realizará un análisis comparativo de la rentabilidad constructiva y la sustentabilidad de las viviendas analizadas con las tres clases de materiales propuestos.

3.2 Determinación del Costo por Metro Cuadrado Construido

3.2.1 Ejemplo de vivienda de albañilería confinada de un nivel

La Albañilería Confinada considera estructuras a base de muros con bloques de concreto o elementos de arcilla calcinada, conocidos como ladrillo. Se considera que el acabado de muros, tanto interior como exterior, son de acabado caravista, con confinamientos horizontales y verticales de concreto armado y tarrajado con cemento y arena.

El tiempo de construcción, para la unidad de módulo de vivienda de albañilería confinada planteada por Huamán et.al (2019), es de 30 días calendario.

El proceso constructivo para este sistema estructural parte básicamente de subestructuras de métodos tradicionales. Los muros de albañilería se desarrollan con una cuadrilla de $\frac{1}{2}$ peón + 1 operario, quienes en un día de trabajo ejecutan 6 m^2 de muro caravista por ambas caras. Para ejecutar el vaciado de concreto, tanto en la subestructura como en la losa de techo, se considera el uso de mixer para subestructura e incluir bomba para los techos.

La vivienda tiene 38.29 m^2 de área techada con una distribución de la siguiente manera: dos dormitorios ($3.25 \text{ m} \times 3.15 \text{ m}$ y $3.15 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$), un baño ($2.10 \text{ m} \times 1.45 \text{ m}$), una sala ($2.0 \text{ m} \times 2.85 \text{ m}$), comedor y cocina integrados ($3.05 \text{ m} \times 2.85 \text{ m}$), y un patio como se muestra en la figura 7.

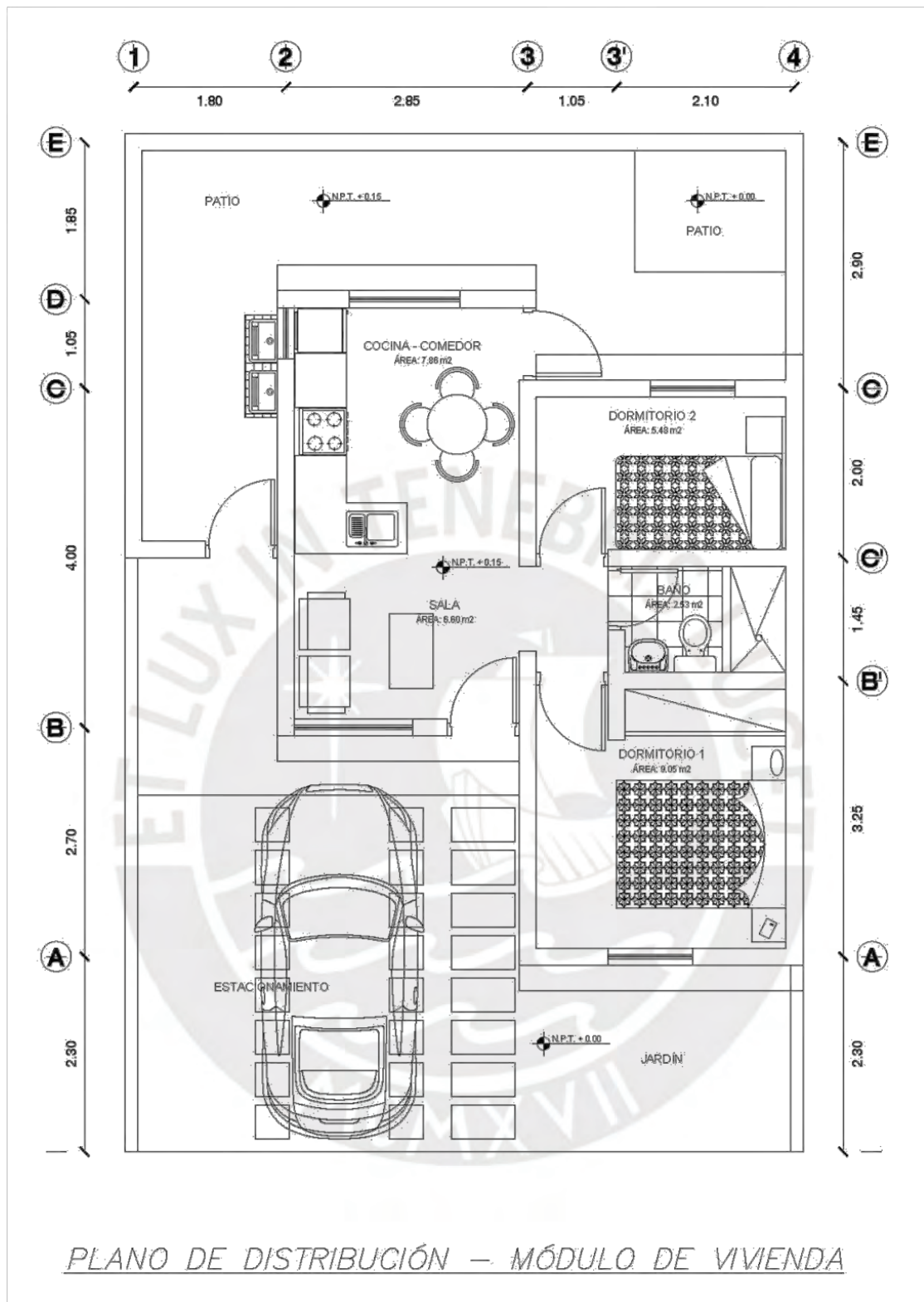


Figura 7. Plano de distribución en planta de la vivienda de albañilería confinada.
Fuente: Elaboración propia

Para ejecutar el vaciado de concreto, tanto en la subestructura como en la losa de techo, Huamán et.al (2019) propuso en su investigación, el uso mixer para la subestructura y bomba para los techos, ya que se pretendía culminar un promedio de 10 módulos de vivienda por mes.

El presupuesto de la vivienda social de un nivel mostrado en la tabla 9, considera las principales partidas constructivas tales como obras provisionales, trabajos preliminares, movimientos de tierra, obras de concreto simple, obras de concreto armado, arquitectura, instalaciones sanitarias e instalaciones electromecánicas. Asimismo, los precios unitarios utilizados corresponden a los establecidos para el presente año 2021.

Tabla 9

Presupuesto de obra de vivienda de albañilería confinada (1 nivel)

| Ítem | Descripción | Unidad de medida | Metrado | P.U | Total |
|-----------|--|------------------|---------|--------|-----------------|
| 01 | Obras Provisionales | | | | 1,678.50 |
| 01.01 | Movilización de maquinarias-herramientas | glb | 1 | 300 | 300.00 |
| 01.02 | Oficina/caseta guardianía/almacén | m2 | 25 | 9.34 | 233.50 |
| 01.03 | Agua para la obra | | | | |
| 01.03.01 | Conexión agua potable 1/2" y desagüe 6" | Und. | 1 | 550 | 550.00 |
| 01.03.02 | Consumo de agua potable durante la obra | mes | 1 | 250 | 250.00 |
| 01.04 | Energía eléctrica para la obra | | | | |
| 01.04.01 | Conexión de energía eléctrica trifásica | glb | 1 | 180 | 180.00 |
| 01.04.02 | Consumo de energía eléctrica durante la obra | mes | 1 | 165 | 165.00 |
| 02 | Trabajos Preliminares | | | | 1,289.86 |
| 02.01 | Limpieza durante la ejecución de obra | mes | 1 | 550 | 550.00 |
| 02.02 | Trazo, nivelación y replanteo preliminar | m2 | 40.21 | 9.20 | 369.93 |
| 02.03 | Trazo, niveles y replanteo durante el proceso | m2 | 40.21 | 9.20 | 369.93 |
| 03 | Movimientos de Tierra | | | | 1,070.45 |
| 03.01 | Excavación manual cimientos (hasta nivel -1.0m promedio) | m3 | 3.85 | 57.06 | 219.68 |
| 03.02 | Acarreo de material excedente (hasta 30m) | m3 | 4.76 | 9.55 | 45.46 |
| 03.03 | Eliminación de material excedente | m3 | 4.76 | 28.46 | 135.47 |
| 03.04 | Nivelación de terreno | m2 | 38.29 | 6.22 | 238.16 |
| 03.05 | Relleno y compactación c/material propio | m3 | 11.49 | 37.57 | 431.68 |
| 04 | Obras de Concreto Simple | | | | 777.55 |
| 04.01 | Cimiento concreto ciclópeo 1:10 + 30% pm | m3 | 3.85 | 201.96 | 777.55 |

| Ítem | Descripción | Unidad de medida | Metrado | P.U | Total |
|--------------|---|------------------|---------|--------|------------------|
| 05 | Cimentaciones | | | | 25,852.35 |
| 05.01 | Obras de concreto armado | | | | |
| 05.01.01 | Muros - concreto 210 kg/cm2 | m3 | 8.42 | 544.64 | 4,585.87 |
| 05.01.02 | Encofrado y desencofrado de muros | m2 | 173.8 | 67.09 | 11,660.24 |
| 05.01.03 | Acero de refuerzo en muros | kg | 378.25 | 6.13 | 2,318.67 |
| 05.01.04 | Losa maciza - concreto 210 kg/cm2 | m3 | 3.85 | 393.63 | 1,515.48 |
| 05.01.05 | Encofrado y desencofrado en losa maciza | m2 | 39.73 | 58.03 | 2,305.53 |
| 05.01.06 | Acero de refuerzo en losa maciza | kg | 174.36 | 6.13 | 1,068.83 |
| 05.01.07 | Losa maciza cimentación - concreto 210 kg/cm2 | m3 | 3.75 | 393.63 | 1,476.11 |
| 05.01.08 | Encof. y desen. en losa maciza de cimentación | m2 | 6.85 | 58.03 | 397.51 |
| 05.01.09 | Acero de refuerzo en losa maciza de cimentación | kg | 85.5 | 6.13 | 524.12 |
| 06 | Arquitectura | | | | 10,685.61 |
| 06.01 | Parapetos h = 0.15m | ml | 32.8 | 0.9 | 29.52 |
| 06.02 | Revoques y tarrajes | | | | |
| 06.02.01 | Solaqueo de muros interiores | m2 | 88.1 | 2.8 | 246.68 |
| 06.02.02 | Solaqueo de muros exteriores | m2 | 91.04 | 2.8 | 254.91 |
| 06.02.03 | Vestidura de derrames (ancho 10 cm) | ml | 38 | 15.84 | 601.92 |
| 06.03 | Cielo raso | | | | |
| 06.03.01 | Solaqueo de cielo raso | m2 | 38.29 | 2.8 | 107.21 |
| 06.04 | Pisos y enchapes | | | | |
| 06.04.01 | Contrapisos de 2" | m2 | 6.58 | 28.13 | 185.10 |
| 06.04.02 | Piso Cerámico antideslizante color claro 0.40x0.40 | m2 | 6.58 | 37.5 | 246.75 |
| 06.04.03 | Piso de Cemento Pulido 2" | m2 | 28.3 | 44.78 | 1,267.27 |
| 06.04.04 | Zócalo de Cerámico - 0.20 X 0.20 | m2 | 3.6 | 91.83 | 330.59 |
| 06.04.05 | Contra zócalo de cerámico h=0.10m | ml | 53.87 | 11.22 | 604.42 |
| 06.05 | Coberturas | | | | |
| 06.05.01 | Cobertura de concreto 2" | m2 | 38.29 | 26.72 | 1,023.11 |
| 06.06 | Carpintería de madera, metálica y cerrajería | | | | |
| 06.06.01 | Puerta contra placada 35mm c/triplay 4mm c/ marco | m2 | 10.45 | 220.5 | 2,304.23 |
| 06.06.02 | Cerradura para puertas | Und | 6 | 22.9 | 137.40 |
| 06.06.03 | Bisagra de aluminio de 4" x 4" para puertas | Und | 18 | 17.03 | 306.54 |
| 06.07 | Vidrios, cristales y similares | | | | |
| 06.07.01 | Vidrio crudo e=8mm en accesos – c/accesorios de fijación y unión | m2 | 7.04 | 126.5 | 890.56 |
| 06.08 | Pintura | | | | |
| 06.08.01 | Pintura en cielo raso | m2 | 38.26 | 13.59 | 519.95 |
| 06.08.02 | Pintura en muros interiores y exteriores | m2 | 158.25 | 7.23 | 1,144.15 |
| 06.08.03 | Pintura en puertas de madera contra placada ambos lados | m2 | 24.9 | 19.49 | 485.30 |

| Ítem | Descripción | Unidad de medida | Metrado | P.U | Total |
|--------------|--|------------------|---------|--------|-----------------|
| 07 | Instalaciones Sanitarias | | | | 4,982.13 |
| 07.01 | Salidas | | | | |
| 07.01.01 | Salida desagüe con PVC - inodoros | pto | 1 | 102.46 | 102.46 |
| 07.01.02 | Salida desagüe con PVC - lavatorios | pto | 1 | 102.46 | 102.46 |
| 07.01.03 | Salida desagüe con PVC - lavadero | pto | 2 | 102.46 | 204.92 |
| 07.01.04 | Salida desagüe con PVC - duchas | pto | 1 | 102.46 | 102.46 |
| 07.01.05 | Salida desagüe con PVC - urinario | pto | 0 | 102.46 | 0.00 |
| 07.01.06 | Salida desagüe con PVC - ø2" | pto | 2 | 102.46 | 204.92 |
| 07.01.07 | Salida desagüe con PVC - ø3" | pto | 2 | 102.46 | 204.92 |
| 07.01.08 | Salida desagüe con PVC - ø4" | pto | 0 | 102.46 | 0.00 |
| 07.01.09 | Salida para ventilación PVC 2" | pto | 3 | 102.46 | 307.38 |
| 07.01.10 | Tubería PVC sal 2" - ventilación | m | 4 | 8.31 | 33.24 |
| 07.01.11 | Tubería PVC sal 2" enterrada - desagüe | m | 9.2 | 28.66 | 263.67 |
| 07.01.12 | Tubería PVC sal 3" enterrada - desagüe | m | 7.34 | 35 | 256.90 |
| 07.01.13 | Tubería PVC sal 4" enterrada - desagüe | m | 8.21 | 35.9 | 294.74 |
| 07.01.14 | Sombrero ventilación PVC de 2" | pza | 3 | 16.39 | 49.17 |
| 07.01.15 | Caja de registro de desagüe 12" x 24" | pza | 3 | 223.27 | 669.81 |
| 07.02 | Aparatos y accesorios sanitarios | | | | |
| 07.02.01 | Inodoro tanque bajo blanco c/accesorios | pza | 1 | 190.94 | 190.94 |
| 07.02.02 | Lavatorio de pared blanco c/accesorios | pza | 1 | 137.21 | 137.21 |
| 07.02.03 | Lavadero cocina acero inoxidable 2 pozas c/accesorios | pza | 1 | 248 | 248.00 |
| 07.02.04 | Lavadero de lavandería 01 poza c/accesorios | pza | 1 | 248 | 248.00 |
| 07.02.05 | Duchas cromadas de cabeza giratoria y llave mezcladora | pza | 1 | 160 | 160.00 |
| 07.02.06 | Colocación de aparatos sanitarios | pza | 2 | 142.98 | 285.96 |
| 07.02.07 | Colocación de accesorios sanitarios | pza | 2 | 28.6 | 57.20 |
| 07.03 | Sistema de agua fría y contra incendio | | | | |
| 07.03.01 | Salida de agua fría con tubería de PVC-SAP 1/2" | pto | 5 | 48.71 | 243.55 |
| 07.03.02 | Salida de agua fría con tubería de PVC-SAP 1" | pto | 0 | 49.5 | 0.00 |
| 07.03.03 | Red de distribución tubería de 1/2" PVC-SAP | m | 7.60 | 18.35 | 139.46 |
| 07.03.04 | Red de distribución tubería de 3/4" PVC-SAP | m | 10.26 | 18.62 | 191.04 |
| 07.03.05 | Válvula esférica tipo globo de 3/4" | pza | 2 | 84.62 | 169.24 |
| 07.04 | Sistema de agua caliente | | | | |
| 07.04.01 | Salida de agua caliente c/tubería de 1/2" - hidro 3 | pto | 1 | 73.98 | 73.98 |
| 07.04.02 | Red de distribución tubería de 1/2" - hidro 3 | m | 2 | 20.25 | 40.50 |

| Ítem | Descripción | Unidad de medida | Metrado | P.U | Total |
|--------------|---|------------------|---------|--------|-----------------|
| 08 | Instalaciones Electromecánicas | | | | 5,533.03 |
| 08.01 | Salidas | | | | |
| 08.01.01 | Salida para centros de luz en techo | pto | 4 | 51.27 | 205.08 |
| 08.01.02 | Salida de pared (braquetes) con PVC | pto | 3 | 51.27 | 153.81 |
| 08.01.03 | Salida para interruptores | pto | 4 | 51.27 | 205.08 |
| 08.01.04 | Salida para tomacorriente bipolar doble con PVC | pto | 7 | 71.4 | 499.80 |
| 08.02 | Canalizaciones y/o tuberías | | | | |
| 08.02.01 | Tubería empotrada PVC-SEL 3/4" | m | 56.57 | 15.55 | 879.66 |
| 08.02.02 | Tubería empotrada PVC-SEL 1" | m | 13.54 | 19.24 | 260.51 |
| 08.03 | Salidas para comunicaciones y señales | | | | |
| 08.03.01 | Salida para teléfono | pto | 1 | 95.54 | 95.54 |
| 08.03.02 | Salida para tv-cable | pto | 1 | 79.16 | 79.16 |
| 08.03.03 | Salida para intercomunicador | pto | 1 | 95.54 | 95.54 |
| 08.03.04 | Tubería empotrada PVC-SEL 1" | m | 11.47 | 19.24 | 220.68 |
| 08.03.05 | Tubería empotrada PVC-SEL 3/4" | m | 10.39 | 15.55 | 161.56 |
| 08.04 | Varios | | | | |
| 08.04.01 | Caja de pase cuadrada de 150x150x100mm. | Und | 3 | 52.25 | 156.75 |
| 08.04.02 | Pozo con toma a tierra | Und | 1 | 605.75 | 605.75 |
| 08.05 | Iluminación y tomacorrientes | | | | |
| 08.05.01 | Equipo iluminación 100w | pza | 8 | 23.25 | 186.00 |
| 08.05.02 | Placas de bakelita | pza | 18 | 25 | 450.00 |
| 08.06 | Conductores y/o cables | | | | 0.00 |
| 08.06.01 | Conductor Cu THW 2.5 mm ² | m | 124.78 | 4.15 | 517.84 |
| 08.06.02 | Conductor Cu THW 4 mm ² | m | 20.39 | 4.5 | 91.76 |
| 08.06.03 | Conductor Cu THW 6 mm ² | m | 41.57 | 5.8 | 241.11 |
| 08.07 | Tableros y cuchillas | | | | |
| 08.07.01 | Interruptor termomagnético monofásica 2 x 20a | pza | 2 | 53 | 106.00 |
| 08.07.02 | Interruptor termomagnético monofásica 2 x 40a | pza | 1 | 58.89 | 58.89 |
| 08.07.03 | Interruptor termomagnético diferencial 30ma | pza | 1 | 58.89 | 58.89 |
| 08.07.04 | Tableros distribución 06 llaves | pza | 1 | 203.62 | 203.62 |

Nota. Adaptado de “Propuesta de módulos de vivienda de bajo costo para familias del nivel socioeconómico ‘D’: Caso de estudio Arequipa – proyecto La Joya”, por Huamán et al., 2019.

3.2.2 Ejemplo de vivienda de bambú de un nivel

El modelo de vivienda de Bambú se encuentra ubicado en la ciudad de Machala - Ecuador. Para el análisis de costos, se tomó como referencia el diseño y presupuesto de obra correspondiente a la investigación realizada por Matute (2016) cuya duración estimada de construcción es de 30 días.

La vivienda de bambú de un nivel tiene un área techada de 42 m². Cuenta con una sala – comedor (3.25 m x 2.79 m), una cocina (2.86 m x 2.40 m), dos dormitorios (3.48 m x 3.07 m y 3.25 m x 3.07 m) y un baño (1.70 m x 1.40 m) como se muestra en la figura 8.

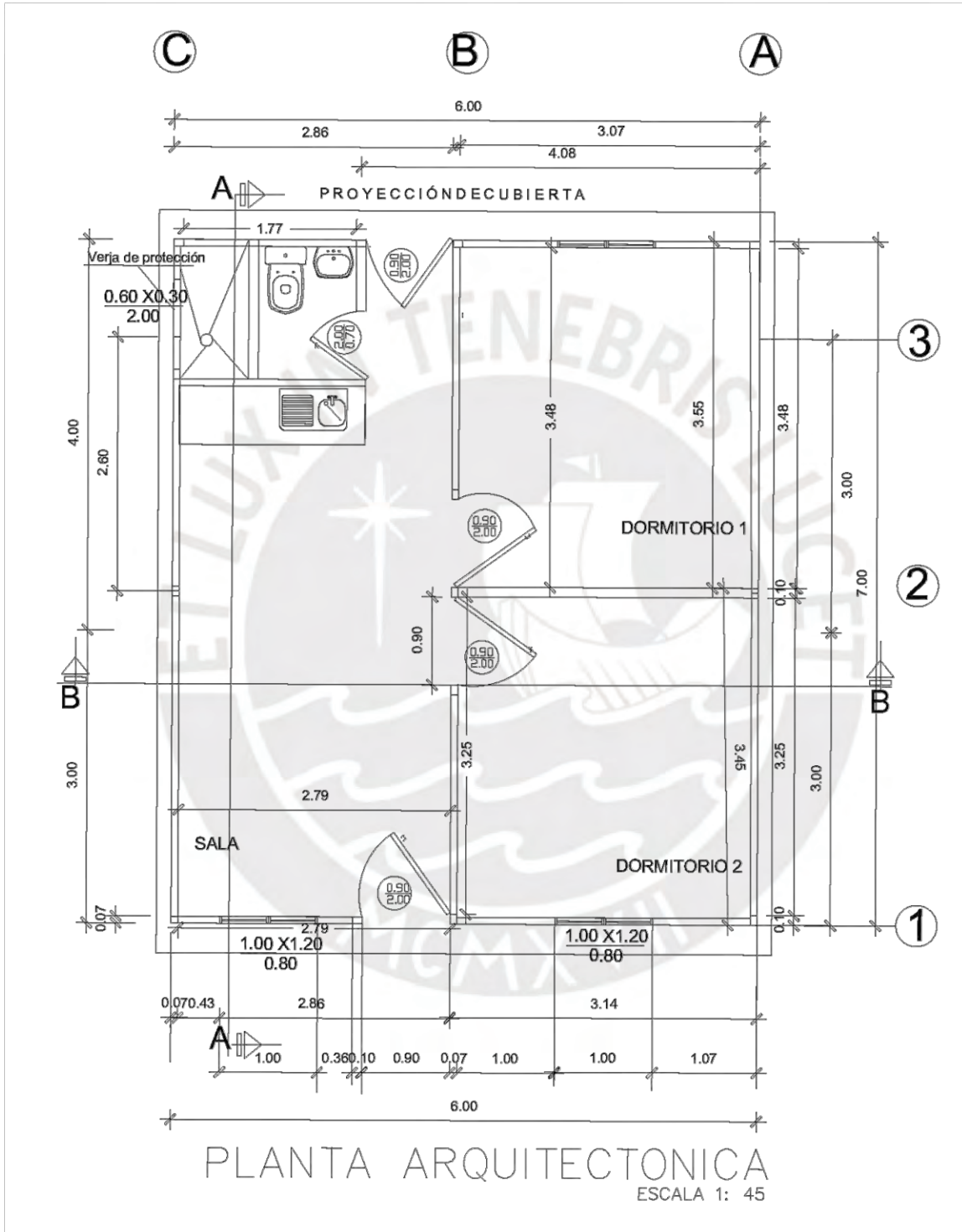


Figura 8. Plano de distribución en planta de la vivienda de bambú.

Tomado de “Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadúa en la ciudad de Machala”, por Matute, 2016.

Según el esquema propuesto por Matute (2016) se proyectaron 9 columnas huecas de bambú de 20 cm de diámetro, dentro de las cuales se vaciará concreto líquido (grout) y se colocarán varillas de acero de medidas estándar. Las columnas cuentan con vigas soleras que garantizan la firmeza y sostenimiento de cada caña de bambú colocada por paño superior e inferior. Cabe resaltar que las cañas verticales serán unidas mediante pernos o varillas enroscadas con pernos y arandelas. Asimismo, se utilizarán vigas simples debido a que las únicas cargas en servicio que serán soportadas por ésta es su peso propio y el de la cubierta superior (techo). Para ello, se empleará una viga solera por cada paño a manera de arriostre a la columna, y, es aquí donde se empernan las vigas principales hechas de cañas de bambú que sostienen el techo.

Se utilizó un cimiento corrido de concreto ciclópeo apoyado sobre un relleno compactado de 50 cm. Cuenta además con un sobrecimiento de 12 cm de alto con zapatas sobre las cuales se asientan todas las paredes de la casa. Para el amarre de los paneles al sobrecimiento se colocaron varillas de acero de $\text{Ø}6\text{mm}$ espaciadas a 5 cm. en sentido transversal a la viga, y a una distancia variable en sentido longitudinal, considerándose la colocación en los extremos y en los tercios de la longitud del panel como se muestra en la figura 9.

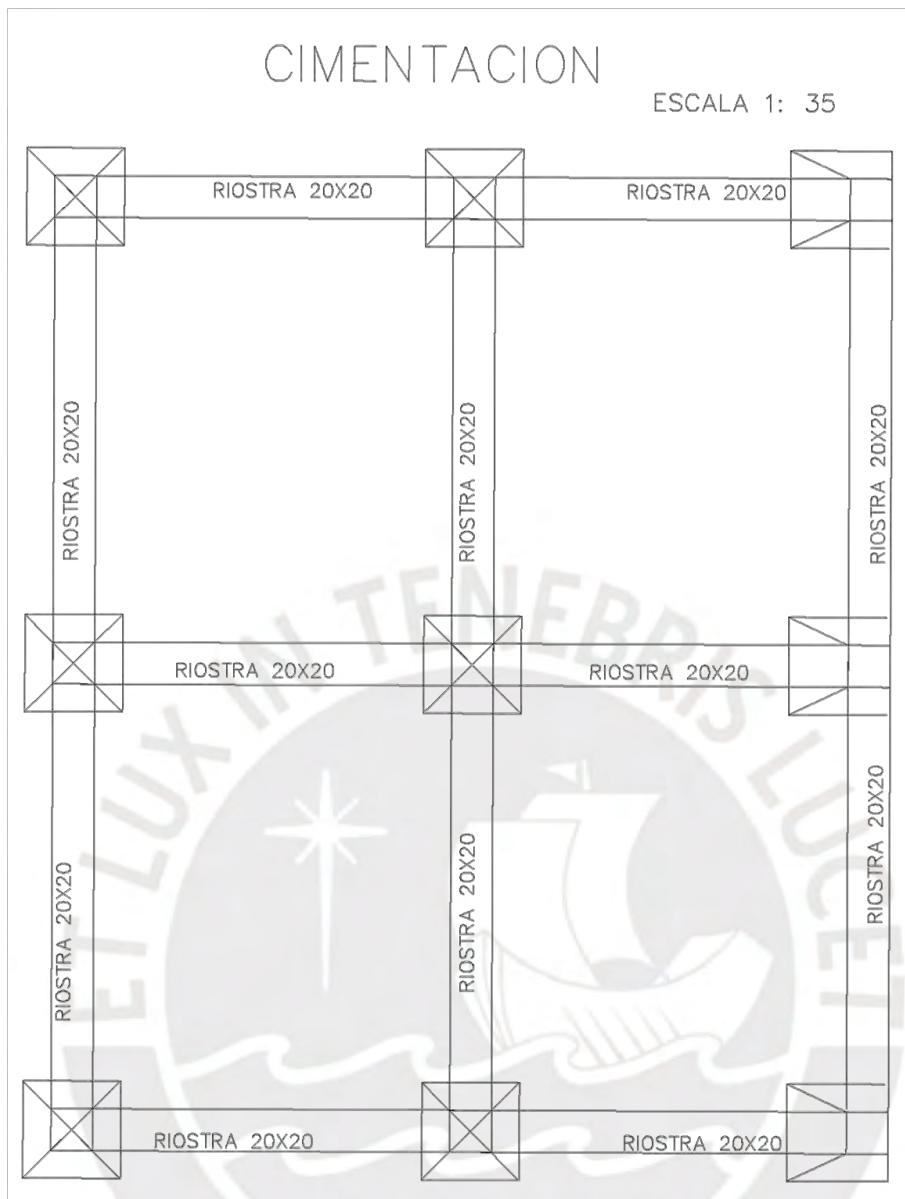


Figura 9. Plano de cimentación de la vivienda de bambú.

Tomado de “Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadúa en la ciudad de Machala”, por Matute, 2016.

El techo cuenta con viguetas hechas de caña delgada sobre la cual se colocará una calamina de policarbonato para proteger a la vivienda del intemperismo o fenómenos climáticos como la lluvia y humedad. Esta disposición también brinda una mayor ventilación a la vivienda.

En cuanto a los muros de la vivienda, serán de caña chancada y cubrirán la parte exterior de cada paño. Posteriormente se le colocará una malla tipo gallinero y se aplicará mortero para el tarrajeo respectivo como se puede apreciar en la figura 10.

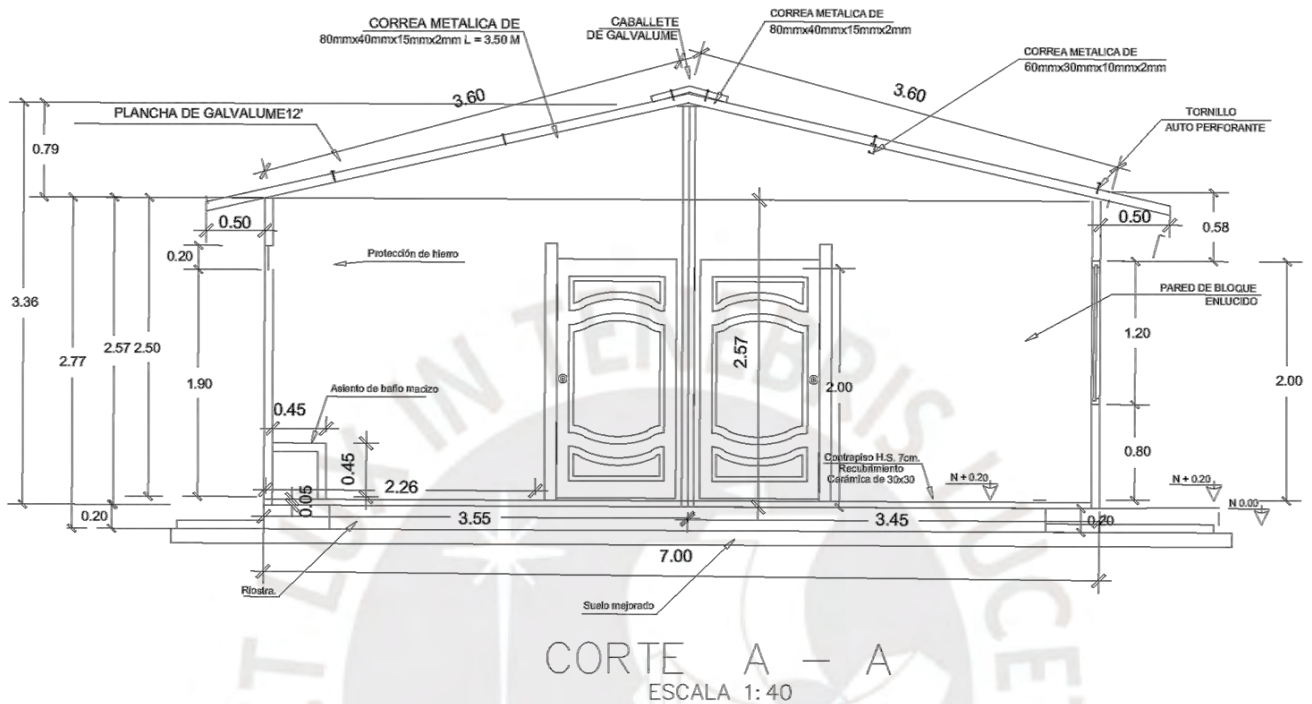


Figura 10. Plano de corte de la vivienda de bambú.

Tomado de “Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadúa en la ciudad de Machala”, por Matute, 2016.

Para evitar el daño en las instalaciones sanitarias se proyectaron muros de albañilería en la zona de la cocina y del baño donde, usualmente, se empotran estas redes. Asimismo, para las instalaciones eléctricas, el autor propuso que los tubos estuviesen fuera de las cañas y muros, quedando simplemente adosadas como se muestra en las figuras 11 y 12 respectivamente.

INSTALACIONES SANITARIAS

ESCALA 1: 35

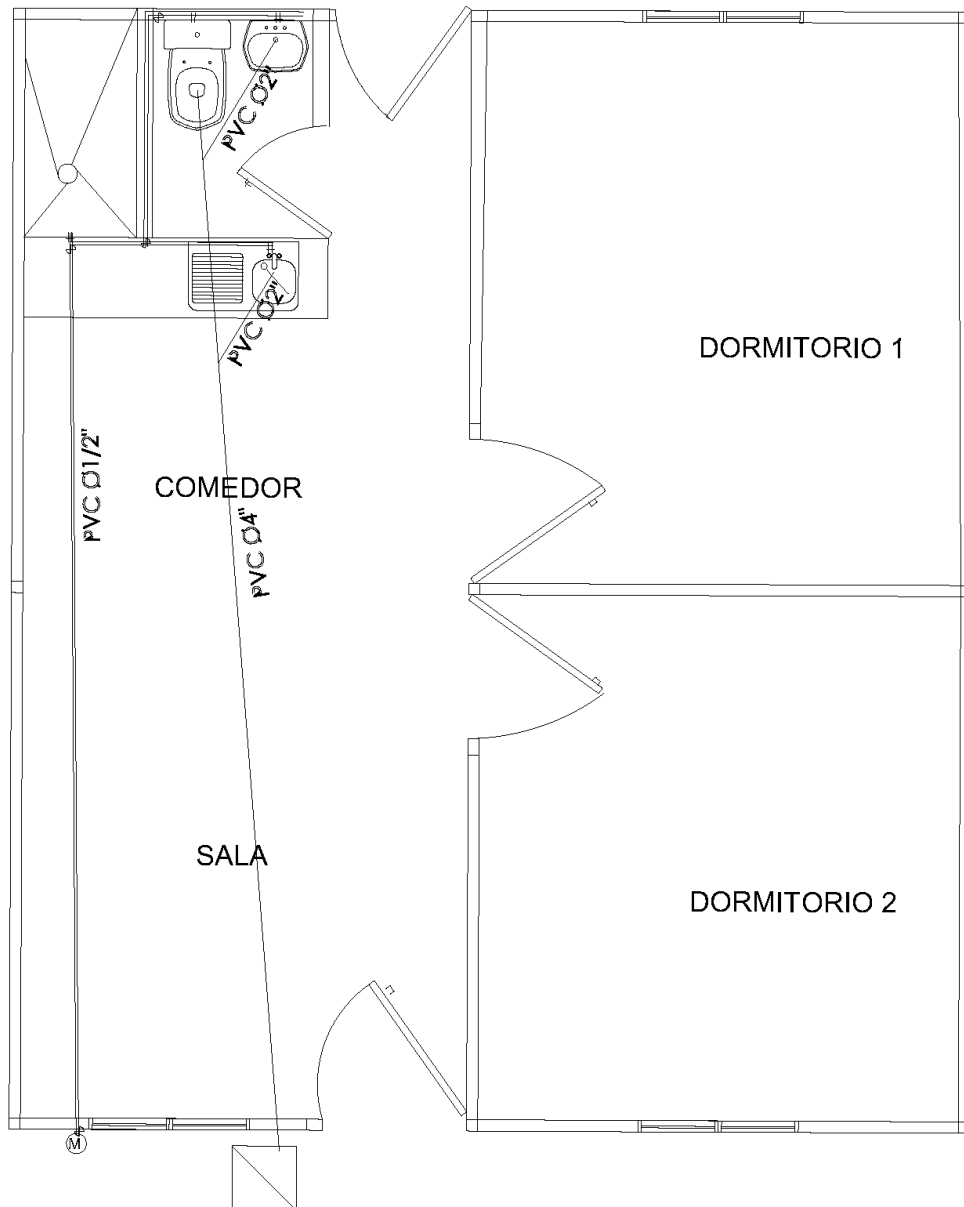


Figura 11. Plano de instalaciones sanitarias de la vivienda de bambú.

Tomado de “Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadúa en la ciudad de Machala”, por Matute, 2016.

INSTALACIONES ELECTRICAS

ESCALA 1: 35

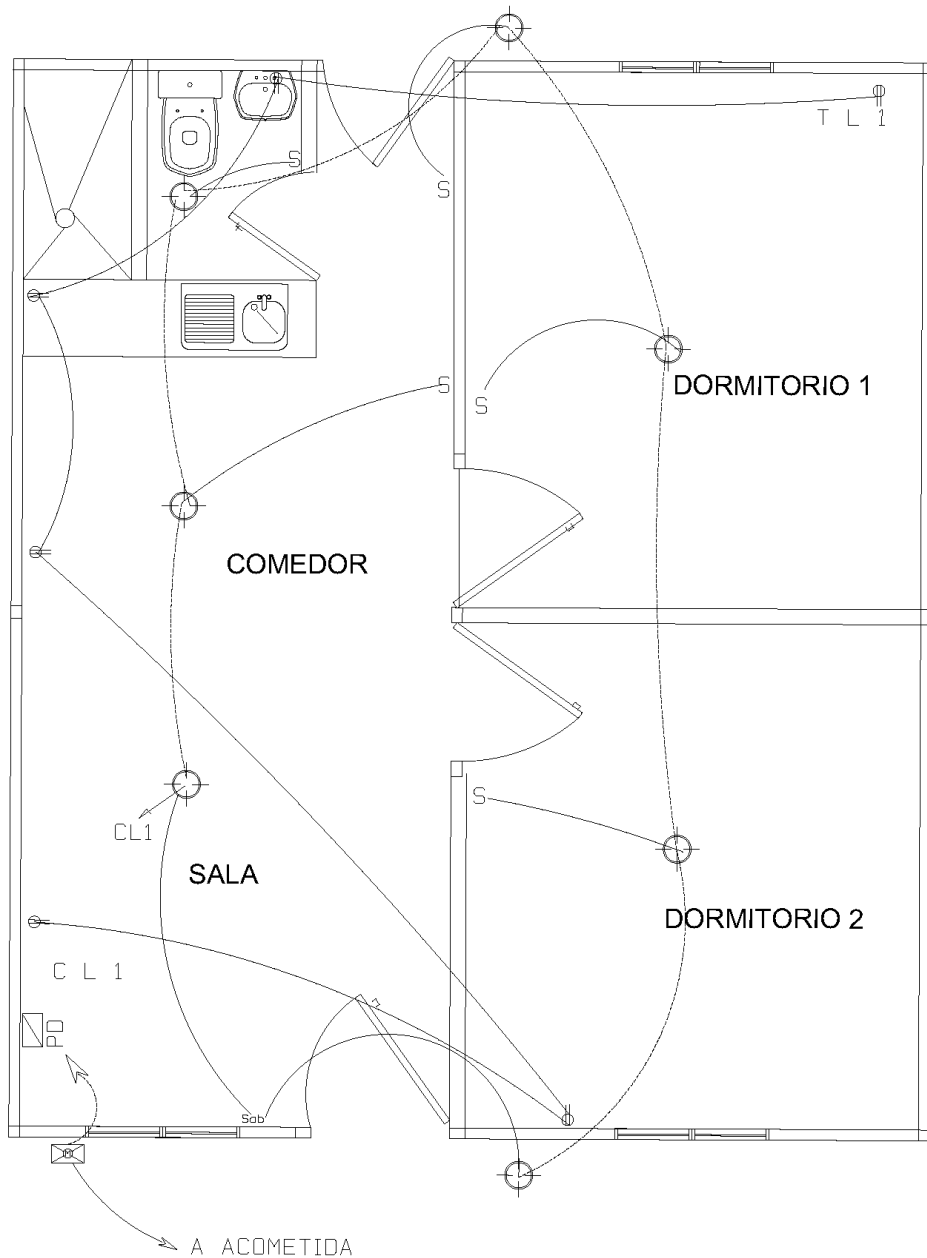


Figura 12. Plano de instalaciones eléctricas de la vivienda de bambú.

Tomado de “Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadúa en la ciudad de Machala”, por Matute, 2016.

Metrado de partidas

Se comenzó con la partida correspondiente a obras preliminares, la cual involucra trabajos de topografía, limpieza, entre otros. Cabe resaltar que algunas de las partidas como trazo durante el proceso constructivo, provisión de los servicios de agua, energía eléctrica e instalación de baños provisionales en obra son medidos por unidad de tiempo.

Las siguientes partidas consideradas en los metrados presentados son las de estructuras y arquitectura. Estas se obtienen de cálculos por área y volumen de material a trabajar, así como peso para las partidas de acero.

Para el metrado de instalaciones sanitarias se tomaron en cuenta algunas consideraciones básicas que se detallan a continuación: 02 válvulas para la red de agua fría (01 para el baño y 01 para la cocina), 04 salidas de agua fría (01 para el lavadero de cocina, 01 para el lavatorio del baño, 01 para el inodoro y 01 para la ducha), 01 válvula y salida de agua caliente en la ducha del baño, 04 salidas de desagüe (01 salida de 4" para el inodoro, y 03 salidas de 2" para el lavadero, el lavatorio y la ducha), 01 sumidero de bronce, y 02 registros roscados de bronce (01 en la cocina y 01 en el baño).

Por otro lado, en el caso de la partida de instalaciones eléctricas se tomó en cuenta las siguientes consideraciones: 01 salida de centros de luz por cada ambiente (07 en total), 01 salida para cajas de pase en la pared por cada ambiente en las que irán los pulsadores (07 en total), 12 tomacorrientes en total dispuestos como sigue: 03 en la sala-comedor, 02 en la cocina, 03 en el dormitorio 1, y 02 en el dormitorio 2, 01 salida de fuerza trifásica en la cocina, 01 salida para teléfono y 01 para la televisión.

Costos y presupuestos

Para definir el costo directo de cada partida se ha tomado como precio base los correspondientes a la “Tabla de Precios Unitarios Directos” estimados por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO, 2016). Es importante resaltar que los insumos empleados para calcular los precios unitarios de cada partida no pertenecen a una gama alta ya que, el tipo de vivienda en el cual se enfoca la presente investigación pertenece a un sector de bajos recursos.

En las tablas 10 y 11 se muestran algunos de los análisis de precios unitarios adaptados para las partidas de puertas y ventanas. Cada una de estas partidas cuenta con materiales e insumos propios para su instalación por lo que no se les puede considerar como trabajos estándar. Los análisis de precios unitarios para cada partida de la vivienda de bambú figuran en el Anexo 1: Análisis de precios unitarios y se muestran algunos a continuación.

Tabla 10

Análisis de precios unitarios (APUs) para subcontratos de puertas.

| Partida | 06.01 | PUERTAS PARA DORMITORIOS Y BAÑOS CON CHAPA | | | | | Costo unitario directo por: | 447.90 |
|----------------------------------|----------------|---|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|---------------|
| Rendimiento | Und/día | MO. 4 | EQ | | | | und | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| Capataz | | hh | 4 | 8.00 | 28.19 | 225.52 | | |
| Operario | | hh | 2 | 4.00 | 23.38 | 93.52 | | |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 | | |
| | | | | | | 322.38 | | |
| Materiales | | | | | | | | |
| Madera de cedro habilitada | | pieza | | 3 | 8.20 | 24.60 | | |
| Tacos Fisher | | und | | 8 | 1.09 | 8.72 | | |
| Tornillos galvanizados de cabeza | | und | | 8 | 0.15 | 1.18 | | |
| Chapa de palanca | | und | | 1 | 74.90 | 74.90 | | |
| | | | | | | 109.40 | | |
| Equipos | | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 322.38 | 16.12 | | |
| | | | | | | 16.12 | | |

Tabla 11

Análisis de precios unitarios (APUs) para subcontratos de ventanas.

| Partida | 06.02 | VENTANA DE ALUMINIO CON VIDRIO (e=4 mm) | | | | |
|----------------------------------|----------------|--|------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | Und/día | MO. 4 | EQ | Costo unitario directo por: | | 172.38 |
| | | | | und | | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | | hh | 1 | 2.00 | 28.19 | 56.38 |
| Operario | | hh | 1 | 2.00 | 23.38 | 46.76 |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 |
| | | | | | | 106.48 |
| Materiales | | | | | | |
| Aluminio habilitado | | ml | | 4.00 | 11.30 | 45.20 |
| Tacos Fisher | | und | | 6.00 | 1.09 | 6.54 |
| Tornillos galvanizados de cabeza | | und | | 6.00 | 0.15 | 0.89 |
| Silicon | | tubo | | 0.50 | 15.90 | 7.95 |
| | | | | | | 60.58 |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 106.48 | 5.32 |
| | | | | | | 5.32 |

Asimismo, se desarrollaron los análisis de precios unitarios (APUs) para las partidas de estructuras de bambú, de los cuales se muestran algunos en las tablas 12 y 13. El costo comercial de la caña de bambú de 6m de longitud en etapa de madurez, perteneciente a la zona productora de La Florida, Cajamarca, es de S/. 35 (sin IGV y costo en Lima). Este es el tipo de bambú que será usado como material en elementos estructurales de la vivienda de un nivel propuesta (ver tabla 14).

Tabla 12

Análisis de precios unitarios (APUs) para columnas de bambú.

| Partida | 02.03 | COLUMNAS DE BAMBÚ | | | | |
|----------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|--|--------------------|--------------|
| Rendimiento | Und/día | MO. 5.5 | EQ | Costo unitario directo por: und | | 90.87 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | | hh | 0.1 | 0.15 | 28.19 | 4.10 |
| Operario | | hh | 1 | 1.45 | 23.38 | 34.01 |
| Peón | | hh | 1 | 1.45 | 16.71 | 24.31 |
| | | | | | | 62.41 |
| Materiales | | | | | | |
| Caña de bambú 6m | | und | | 0.45 | 38.98 | 15.75 |
| Mortero tromix (1:4) | | bolsa | | 0.13 | 7.17 | 0.93 |
| Varilla roscada acero 9" | | und | | 0.40 | 16.94 | 6.78 |
| Tuerca y arandela | | und | | 1.00 | 1.88 | 1.88 |
| | | | | | | 25.34 |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 62.41 | 3.12 |
| | | | | | | 3.12 |

Tabla 13

Análisis de precios unitarios (APUs) para paredes de bambú.

| Partida | 03.02 | PAREDES DE BAMBÚ | | | | | |
|------------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
| Rendimiento | m2/día | MO. 22 | EQ | 2.5 | Costo unitario directo por: m2 | | 593.96 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | hh | 2 | 0.73 | 28.19 | 20.50 | |
| Operario | | hh | 1 | 0.36 | 23.38 | 8.50 | |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.04 | 16.71 | 0.61 | |
| | | | | | | 29.61 | |
| Materiales | | | | | | | |
| Clavos de 2 1/2 | | kg | | 0.22 | 5.77 | 1.27 | |
| Cañas de bambú | | und | | 15.00 | 35.00 | 525.00 | |
| Clavos de 5" | | kg | | 0.16 | 5.77 | 0.92 | |
| Malla de alambre galvanizado | | ml | | 4.00 | 8.80 | 35.20 | |
| | | | | | | 562.39 | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 29.61 | 1.48 | |
| Amoladora | | hm | 0.3 | 0.96 | 0.50 | 0.48 | |
| | | | | | | 1.96 | |

Tabla 14

Precios de piezas de bambú de construcción

| Categoría del bambú | De Primera | De Segunda |
|------------------------|--|--|
| Características | Piezas de mejor calidad extraídas generalmente de la parte basal del tallo con un diámetro variable entre 10 y 14 cm | Piezas de menor calidad extraídas generalmente de la parte alta del tallo con un diámetro variable entre 7 y 10 cm |
| Costo unitario sin IGV | 35 – 40 nuevos soles | 15– 25 nuevos soles |

Nota. Tomado de “Estudio de vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el norte del Perú”, por Barnet et al., 2020.

Con el metrado y análisis de precios unitarios realizados, se halló el presupuesto total de la construcción de la vivienda social de bambú de un nivel mostrado en la tabla 15. Este presupuesto considera las principales partidas constructivas tales como obras provisionales, trabajos preliminares, movimientos de tierra, estructuras de concreto, estructuras de bambú, mampostería, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas. Asimismo, los precios unitarios utilizados corresponden a los establecidos para el presente año 2021.

Tabla 15

Presupuesto de obra de vivienda de bambú (1 nivel)

| Ítem | Descripción | Unidad de medida | Metrado | P.U | Total |
|-----------|--|------------------|---------|--------|----------------|
| 01 | Obras Preliminares | | | | 2994.23 |
| 01.01 | Replanteo y trazado | m2 | 18.56 | 6.05 | 112.38 |
| 01.02 | Excavación de cimientos | m3 | 3.50 | 171.01 | 598.52 |
| 01.03 | Relleno compactado con reposición de material | m3 | 11.13 | 38.11 | 424.22 |
| 01.04 | Muro de concreto ciclópeo | m3 | 2.65 | 701.55 | 1859.12 |
| 02 | Estructura de Concreto y Bambú | | | | 2423.53 |
| 02.01 | Concreto simple 210 kg/cm ² (cimientos) | m3 | 0.46 | 678.54 | 312.13 |
| 02.02 | Concreto simple 210 kg/cm ² (riostros) | m3 | 1.49 | 799.42 | 1191.14 |
| 02.03 | Columnas de bambú | Und | 8.74 | 90.87 | 794.22 |
| 02.04 | Acero de refuerzo | kg | 14.21 | 8.87 | 126.04 |
| 03 | Mampostería | | | | 5877.68 |
| 03.01 | Paredes de bloque de concreto (39x19x9 cm) | m2 | 9.85 | 52.81 | 520.20 |
| 03.02 | Paredes de bambú | m2 | 35.00 | 138.96 | 4863.76 |
| 03.03 | Mesón de cocina (incluye losa y enlucido) | m2 | 1.15 | 429.33 | 493.73 |

| Ítem | Descripción | Unidad de medida | Metrado | P.U | Total |
|-----------|--|------------------|---------|--------|----------------|
| 04 | Enlucido | | | | 1864.41 |
| 04.01 | Enlucido exterior e interior (e=1 cm) | m2 | 51.27 | 36.36 | 1864.41 |
| 05 | Pisos | | | | 2093.75 |
| 05.01 | Contrapiso (e=5 cm) | m2 | 32.21 | 65.00 | 2093.75 |
| 06 | Carpintería | | | | 2860.10 |
| 06.01 | Puertas para dormitorios y baños con chapa | Und | 5.00 | 447.90 | 2239.52 |
| 06.02 | Ventana de aluminio con vidrio (e=4 mm) | m2 | 3.60 | 172.38 | 620.58 |
| 07 | Cubierta | | | | 5415.87 |
| 07.01 | Cubierta dura techo incluye perfil laminado | m2 | 47.63 | 113.71 | 5415.87 |
| 08 | Piezas sanitarias | | | | 1557.18 |
| 08.01 | Inodoro tanque bajo | Und | 2.00 | 404.31 | 808.62 |
| 08.02 | Lavamanos (comercial blanco) | Und | 2.00 | 184.54 | 369.07 |
| 08.03 | Ducha con llave de salida | Und | 1.00 | 167.96 | 167.96 |
| 08.04 | Lava platos de 1 pozo (c/ escurridera) | Und | 1.00 | 211.54 | 211.54 |
| 09 | Instalaciones sanitarias y de agua potable | | | | 1825.92 |
| 09.01 | Caja de registro de 85x85 con tapa sin marco | Und | 2.00 | 147.44 | 294.87 |
| 09.02 | Punto de agua servida | Pto | 2.00 | 174.88 | 349.76 |
| 09.03 | Tubería de agua potable de 1/2" | m | 24.59 | 18.52 | 455.37 |
| 09.04 | Punto de agua potable (incluye llave de control) | Pto | 2.00 | 134.32 | 268.64 |
| 09.05 | Tubería de agua servida de 4" | m | 16.37 | 27.93 | 457.27 |
| 10 | Instalaciones eléctricas | | | | 3162.22 |
| 10.01 | Punto de toma corriente 110 v. | Pto | 3.00 | 157.98 | 473.94 |
| 10.02 | Punto de toma corriente 220 v. | Pto | 3.00 | 106.71 | 320.12 |
| 10.03 | Puntos de luz | Pto | 8.00 | 136.52 | 1092.16 |
| 10.04 | Suministro e instalación de caja de breaker | Und | 4.00 | 319.00 | 1276.00 |
| 11 | Acabados | | | | 1677.85 |
| 11.01 | Cerámica en cocina: Mesón, pared H=0.40m; en baño: tina de cerámica antideslizante | m2 | 1.14 | 77.73 | 88.61 |
| 11.02 | Cerámica de 30x30 - área social y baño incluye recubrimiento asiento de baño | m2 | 19.63 | 80.96 | 1589.23 |

Nota. Adaptado de “Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadúa en la ciudad de Machala”, por Matute., 2016.

3.3 Análisis comparativo de la rentabilidad de las viviendas

3.3.1 Análisis de costos unitarios de la vivienda de bambú

El Análisis de precios unitarios (APUs) permite obtener el costo unitario directo de una partida, a partir de valores estimados de mano de obra, materiales y equipos.

La mano de obra, materiales y equipo están conformados por el rendimiento cuya unidad de medida es respectivamente: horas hombre u horas máquinas, cuadrilla, cantidad y precio unitario.

La cuadrilla se obtiene de estimaciones, proyectos previos y revistas, lo cual depende del proceso constructivo a usar. Para calcular la cantidad de recurso de MO o EQ: Aporte unitario de la mano de obra o Equipos se usa la siguiente expresión:

$$\text{Aporte M. O} = \text{Aporte EQ} = \frac{\text{Cuadrilla} * \text{Horas diarias}}{\text{Rendimiento}}$$

Los precios son los costos de empresa, lo cual se basa en la negociación colectiva y el costo unitario MO se calcula con la multiplicación de la cantidad por el precio.

En la tabla 16 se muestra el análisis de precios unitarios de la partida 01.02 Excavación de cimientos, las cuales cuentan con sus propios insumos y materiales en cada construcción. En esta partida se tiene un rendimiento de 4 m³/día y una cuadrilla de 2 capataz, 1 operario y 0.1 peón para la excavación de cimientos. Usando la expresión anterior para hallar el aporte unitario de la mano de obra, se hallan las cantidades necesarias de mano de obra para esta partida, lo cual fueron 4 capataces, 2 operarios y 0.2 peón.

El precio de mano de obra se actualizó para el año 2021, según CAPECO el capataz gana S/. 28.19 por hh, el operario S/. 23.38 y el peón S/. 16.71. Multiplicando la cantidad por el precio se halla el precio parcial y la suma de todos los montos parciales resultará el precio unitario de la mano de obra de S/.162.86 por m³. Para esta partida solo se usaron herramientas manuales y el precio de quipos se calculó como el 5% del precio unitario de la mano de obra, lo cual resultó S/. 8.14 por m³.

Tabla 16

Análisis de precios unitarios de excavación de cimientos de la vivienda de bambú.

| Partida | 01.02 | EXCAVACIÓN DE CIMIENTOS | | | | | |
|----------------------------|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|--|---------------|
| Rendimiento | m3/día | MO. | 4 | EQ | Costo unitario directo por: | | 171.01 |
| | | | | | m3 | | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | hh | 2 | 4.00 | 28.19 | 112.76 | | |
| Operario | hh | 1 | 2.00 | 23.38 | 46.76 | | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 | | |
| | | | | | 162.86 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 162.86 | 8.14 | | |
| | | | | | 8.14 | | |

Asimismo, en la tabla 17 se muestra el análisis de precios unitarios de la partida 02.02 columnas de bambú, las cuales cuentan con sus propios insumos y materiales en cada construcción. En esta partida se tiene un rendimiento de 5.5und/día y una cuadrilla de 0.1 capataz, 1 operario y 1 peón para las columnas de bambú. Usando la expresión anterior para hallar el aporte unitario de la mano de obra, se hallan las cantidades necesarias de mano de obra para esta partida, lo cual fueron 0.15 capataces, 1.45 operarios y 1.45 peón.

El precio de mano de obra se actualizó para el año 2021, según CAPECO el capataz gana S/. 28.19 por hh, el operario S/. 23.38 y el peón S/. 16.71. Multiplicando la cantidad por el precio se halla el precio parcial y la suma de todos los montos parciales resultará el precio unitario de la mano de obra de S/.62.41 por und.

El precio de los materiales se calcula como la cantidad necesaria para esta partida y el precio en el mercado por unidad. Multiplicando la cantidad por el precio se halla el precio parcial y la suma de todos los montos parciales resultará el precio unitario de los materiales de S/.25.34 por und.

Para esta partida solo se usaron herramientas manuales y el precio de quipos se calculó como el 5% del precio unitario de la mano de obra, lo cual resultó S/. 3.12 por und.

Tabla 17

Análisis de precios unitarios de columnas de bambú.

| Partida | 02.03 | COLUMNAS DE BAMBÚ | | | | |
|----------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|--|--------------------|--------------|
| Rendimiento | Und/día | MO. 5.5 | EQ | Costo unitario directo por: und | | 90.87 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | | hh | 0.1 | 0.15 | 28.19 | 4.10 |
| Operario | | hh | 1 | 1.45 | 23.38 | 34.01 |
| Peón | | hh | 1 | 1.45 | 16.71 | 24.31 |
| | | | | | | 62.41 |
| Materiales | | | | | | |
| Caña de bambú 6m | | und | | 0.45 | 38.98 | 15.75 |
| Mortero tromix (1:4) | | bolsa | | 0.13 | 7.17 | 0.93 |
| Varilla roscada acero 9" | | und | | 0.40 | 16.94 | 6.78 |
| Tuerca y arandela | | und | | 1.00 | 1.88 | 1.88 |
| | | | | | | 25.34 |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 62.41 | 3.12 |
| | | | | | | 3.12 |

En la tabla 18 se muestra el análisis de precios unitarios de la partida 03.01 Paredes de bloque de concreto (39x19x9cm), las cuales cuentan con sus propios insumos y materiales en cada construcción. En esta partida se tiene un rendimiento de 22 m²/día y una cuadrilla de 1 capataz, 1 operario y 0.1 peón para las paredes de bloque de concreto. Usando la expresión anterior para hallar el aporte unitario de la mano de obra, se hallan las cantidades necesarias de mano de obra para esta partida, lo cual fueron 0.36capataces, 0.36 operarios y 0.04 peón.

El precio de mano de obra se actualizó para el año 2021, según CAPECO el capataz gana S/. 28.19 por hh, el operario S/. 23.38 y el peón S/. 16.71. Multiplicando la cantidad por

el precio se halla el precio parcial y la suma de todos los montos parciales resultará el precio unitario de la mano de obra de S/.19.36 por m2.

El precio de los materiales se calcula como la cantidad necesaria para esta partida y el precio en el mercado por unidad. Multiplicando la cantidad por el precio se halla el precio parcial y la suma de todos los montos parciales resultará el precio unitario de los materiales de S/.32.48 por m2.

Para esta partida solo se usaron herramientas manuales y el precio de quipos se calculó como el 5% del precio unitario de la mano de obra, lo cual resultó S/. 0.97 por m2.

Tabla 18

Análisis de precios unitarios de paredes de bloque de concreto.

| Partida | 03.01 | PAREDES DE BLOQUE DE CONCRETO (39x19x9 cm) | | | | |
|---------------------------------|---------------|---|-----------------|-------------------|------------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m2/día | MO. | 22 | EQ | Costo unitario directo por: | |
| | | | | | m2 | 52.81 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | hh | 1 | 0.36 | 28.19 | 10.25 | |
| Operario | hh | 1 | 0.36 | 23.38 | 8.50 | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.04 | 16.71 | 0.61 | |
| | | | | | 19.36 | |
| Materiales | | | | | | |
| Cemento tipo portland | bolsa | | 0.22 | 20.90 | 4.60 | |
| Arena Fina puesto en obra | m3 | | 0.03 | 6.00 | 0.18 | |
| Agua | m3 | | 0.05 | 6.00 | 0.30 | |
| Bloque de concreto (39x19x9cm) | und | | 12.75 | 2.08 | 26.52 | |
| Chicotes hierro corrugado 5.5mm | kg | | 0.20 | 4.43 | 0.89 | |
| | | | | | 32.48 | |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 19.36 | 0.97 |
| | | | | | | 0.97 |

3.3.2 Análisis de presupuesto total de las viviendas

Con el metrado y el análisis de precios unitarios de las partidas se obtuvieron los costos directos para ambos presupuestos (vivienda de albañilería confinada y vivienda de bambú). Con los resultados obtenidos, se definió un índice de ahorro para cada grupo de partidas correspondiente tanto a la vivienda de material tradicional (albañilería confinada) como a la vivienda propuesta de bambú. Este índice de ahorro viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de ahorro (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Costo de vivienda de bambú}}{\text{Costo de vivienda de albañilería confinada}}\right) \times 100$$

Por ende, el índice de ahorro es la diferencia porcentual de costos al emplear el bambú como material de construcción en lugar de un material tradicional como la albañilería confinada. El resumen comparativo de costos para ambas viviendas se aprecia en la tabla 19.

Tabla 19

Cuadro comparativo de costos de construcción entre vivienda de albañilería confinada y vivienda de bambú.

| Partidas | Vivienda de Albañilería Confinada (S/) | Vivienda de Bambú (S/) | Índice de Ahorro (%) |
|--|--|------------------------|----------------------|
| 1. Obras provisionales y trabajos preliminares | 4,038.82 | 2,994.23 | 25.9% |
| 2. Estructuras | 26,629.90 | 13,223.36 | 50.3% |
| 2.1. Obras de concreto | 8,065.11 | 2,423.53 | 70.0% |
| 2.2. Muros | 18,564.78 | 5,383.96 | 71.0% |
| 2.3. Cubierta de techo | - | 5,415.87 | - |
| 3. Arquitectura | 10,685.61 | 8,989.83 | 15.9% |
| 4. Instalaciones Sanitarias | 4,982.13 | 3,383.11 | 32.1% |
| 5. Instalaciones Eléctricas | 5,533.03 | 3,162.22 | 42.8% |
| Costo directo total (S/) | 51,869.48 | 31,752.74 | 38.8% |
| Área construida (m2) | 38.29 | 42.00 | |
| Costo por m2 de área construida (S/) | 1354.65 | 756.02 | |

En la tabla 19 se observa que la partida de muros tiene un mayor costo en la vivienda de albañilería confinada que en la de bambú (71% de ahorro en el caso del bambú) debido a

que, en la albañilería confinada se requiere un gran volumen de ladrillos y mortero para la colocación de muros de soga y de cabeza. Asimismo, la diferencia de costos de la partida de arquitectura en la vivienda de albañilería confinada respecto a la de albañilería de bambú es de S/. 1,695.78 lo que representa un ahorro del 15.9% debido a que los muros de caña de bambú tienen un acabado caravista que no requiere de tarrajeo y, por ende, tampoco de pintura.

Asimismo, también se aprecia en la tabla 19 que la partida de estructuras en la vivienda de bambú genera una mayor rentabilidad respecto a la vivienda de albañilería confinada (ahorro del 50.3%). Esta diferencia de costos se debe principalmente a que en las obras de concreto armado de la vivienda de albañilería confinada se requiere de un volumen de 16 m³ para el vaciado de las losas de cimentación y columnas que formarán el pórtico de la estructura, así como de aproximadamente 638.11 kg de acero de refuerzo.

La figura 13 muestra la distribución de costos de construcción por partidas respecto del presupuesto total en las viviendas de albañilería confinada y bambú. Se nota claramente que la partida de mayor porcentaje del costo total de construcción es la de estructuras (51.34% en la vivienda de albañilería confinada y 41.64% en la vivienda de bambú). Asimismo, la segunda partida que representa un porcentaje significativo del costo total de construcción es la de arquitectura, siendo mayor en el caso de la vivienda de bambú (28.31%) que en la de albañilería confinada (20.60%).

Por otro lado, el hecho de que las instalaciones eléctricas vayan adosadas en la vivienda de bambú permite que disminuya, significativamente, el costo del entubado (9.96% del costo total de construcción) generando así un ahorro monetario respecto a la partida de instalaciones eléctricas de la vivienda de albañilería confinada (10.67% del costo total de construcción).

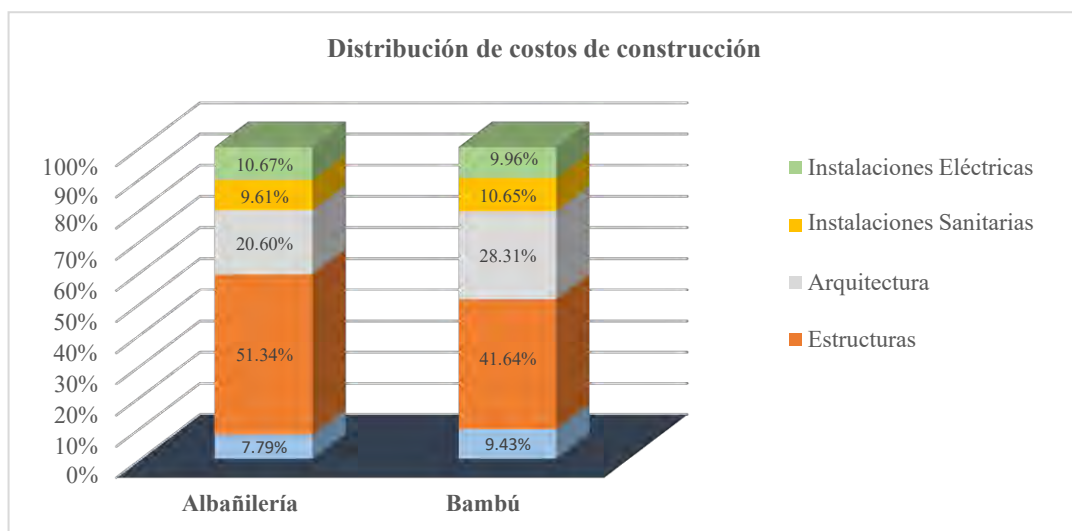


Figura 13. Distribución de costos de construcción de vivienda de albañilería y bambú.

En la tabla 20 se muestran los precios aproximados por metro cuadrado de viviendas de albañilería confinada y de bambú respectivamente. Estos valores serán comparados con los costos por m² de área construida obtenidos en la tabla 19.

Tabla 20

Cuadro de precios referenciales por metro cuadrado de área construida de cada tipo de vivienda.

| Descripción | Área (m ²) | Costo por m ² de área construida (S/) | Fuente |
|---|------------------------|--|--------------------------|
| Vivienda de bambú Voces por el Clima - Surco | 52.00 | 961.52 | JAAV Arquitectura (2021) |
| Vivienda de albañilería confinada - Cajamarca | 44.39 | 1,679.22 | Cáceres, C. (2014) |

Se observa que el precio por metro cuadrado de área construida de la vivienda de bambú de 52 m² ubicada en Surco guarda relación con el precio obtenido para la vivienda de bambú analizada cuyo precio por m² fue de S/ 957.49. En el caso de la vivienda de albañilería confinada, el precio referencial es de S/ 1,679.22 el cual difiere en S/ 324.57 del monto obtenido para una vivienda de 38.29 m² (S/ 1354.65). Asimismo, la disposición y cantidad de muros (de soga) en la albañilería también influye en la variación de costos por m² de área construida.

Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- De resultados mostrados en la tabla 19 se concluye que el bambú es un material estructural 38.8% más rentable que la albañilería confinada para la construcción de una vivienda social de un nivel en la zona norte del Perú.
- En la tabla 19 se observa que la partida de muros tiene un mayor costo en la vivienda de albañilería confinada que en la de bambú (71% de ahorro en el caso del bambú) debido a que, en la albañilería confinada se requiere un gran volumen de ladrillos y mortero para la colocación de muros de soga y de cabeza.
- La tabla comparativa 19 muestra que la partida de estructuras en la vivienda de bambú genera una mayor rentabilidad respecto a la vivienda de albañilería confinada (ahorro del 50.3%). Esta diferencia de costos se debe principalmente a que en las obras de concreto armado de la vivienda de albañilería confinada se requiere de un volumen de 16 m³ para el vaciado de las losas de cimentación y columnas que formarán el pórtico de la estructura, así como de aproximadamente 638.11 kg de acero de refuerzo.
- La tabla comparativa 19 muestra que la diferencia de costos de la partida de arquitectura en la vivienda de albañilería confinada respecto a la de albañilería de bambú es de S/. 1,695.78 lo que representa un ahorro del 15.9% debido a que los muros de caña de bambú tienen un acabado caravista que no requiere de tarrajeo y, por ende, tampoco de pintura.
- Se visualiza en la figura 13 que el costo de las instalaciones eléctricas y sanitarias es mayor en la vivienda de albañilería confinada que en la vivienda de bambú. Este ahorro monetario del 32.1% en el caso de instalaciones sanitarias y de 42.8% en el caso de instalaciones

eléctricas, se debe a que, en la vivienda de bambú, las instalaciones van adosadas en la pared lo que implica una reducción significativa en el costo del entubado de esta partida.

- La figura 13 muestra la distribución de costos de construcción por partidas respecto del presupuesto total en las viviendas de albañilería confinada y bambú. Se nota claramente que la partida de mayor porcentaje del costo total de construcción es la de estructuras (51.34% en la vivienda de albañilería confinada y 41.64% en la vivienda de bambú). Asimismo, la segunda partida que representa un porcentaje significativo del costo total de construcción es la de arquitectura, siendo mayor en el caso de la vivienda de bambú (28.31%) que en la de albañilería confinada (20.60%).

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda impulsar la implementación de proyectos de viviendas sociales en base a bambú, no solo por su factibilidad económica sino también porque, al no requerir de procesos de combustión o emisión de químicos dañinos durante su proceso de producción, no genera daño al medio ambiente a diferencia de las materias primas de otros materiales como el cemento, acero o ladrillos.
- Se sugiere que la mano de obra contratada para la ejecución de proyectos en base a bambú cuente con la experiencia técnica en la manipulación, acarreo y colocación de este material.
- Se recomienda que las cañas de bambú utilizadas como material de construcción tengan de 3 a 4 años de vida pues, es la etapa de madurez en la cual el bambú desarrolla su máxima resistencia.

Bibliografía

Añazco, M. (2013). *Estudio de vulnerabilidad del Bambú (Guadua angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte del Perú*. Recuperado de: https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf.

Barnet Y., & Jabrane, F. (2017). *Diseño de proyectos con bambú en Lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible*. Lima.

Barnet Y., & Jabrane, F. (2020). *Estudio de vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el norte del Perú*. Lima.

Cárces, C. (2014). *Análisis comparativo de costos de una vivienda económica de un piso de adobe y otra de albañilería confinada en la zona urbana de Cajamarca*. Tesis de pregrado presentado en la Universidad Privada del Norte para optar el título profesional de ingeniero civil. Perú.

Franco, J. (2014). *Escuela de Bambú inicia campaña para finalizar su construcción*. Recuperado de: <https://www.archdaily.pe/pe/02-328751/cali-colombia-escuela-de-bambu-inicia-campana-para-finalizar-su-construccion>

Huamán, R., Olmedo, J. & Pacheco, C. (2019). *Propuesta de módulos de vivienda de bajo costo para familias del nivel socioeconómico 'D': Caso de estudio Arequipa – proyecto La Joya*. Tesis de grado presentado en la Universidad de Ciencias Aplicadas para optar el título de Magister en Dirección de la Construcción. Lima.

INEI (2013). *Déficit habitacional. Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2013-2017*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1520/cap13.pdf

Instituto de vivienda, urbanismo y construcción (2016). *Casa demostrativa del parque ecológico Voces por el Clima*. Recuperado de: <https://www.usmp.edu.pe/ivuc/noticias.php?pag=proy&sec=vivi002>

Juárez, D. (2019). *Uso y Rentabilidad del Bambú como Material Estructural de Construcción*. Tesis de pregrado presentado en la Pontificia Universidad Católica del Perú para optar el título profesional de ingeniero civil. Perú.

Ministerio de Agricultura. (2008). *Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008-2020*. Lima.

Ministerio del Ambiente (2016). *Auditorio Voces por el Clima*. Recuperado de: <https://www.usmp.edu.pe/ivuc/noticias.php?pag=proy&sec=vivi002>

Orosco, D. (2009). *El Bambú como material alternativo en la construcción arquitectónica*. Trabajo especial de grado presentado en la Universidad de los Andes para optar al título profesional de Arquitecto. Colombia

Rodríguez, N., Dill, W., Bidegaray, P., & Botero, R. (2006). *Utilización del Bambú (Guadua angustifolia Kunth) (Bambusoideae: Gramineae) como una alternativa sostenible de construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Raul-](https://www.researchgate.net/profile/Raul-Botero/publication/237715375_UTILIZACION_DEL_BAMBU_Guadua_angustifolia_Kunth_BAMBUSOIDEAE_GRAMINEAE_COMO_UNA_ALTERNATIVA_SOSTENIBLE_DE_CONSTRUCCION_DE_VIVIENDAS_EN_LA_ZONA_ATLANTICA_DE_COSTA_RICA/links/0046352a626004e24e000000/UTILIZACION-DEL-BAMBU-Guadua-angustifolia-Kunth-BAMBUSOIDEAE-GRAMINEAE-COMO-UNA-ALTERNATIVA-SOSTENIBLE-DE-CONSTRUCCION-DE-VIVIENDAS-EN-LA-ZONA-ATLANTICA-DE-COSTA-RICA.pdf)

[Botero/publication/237715375_UTILIZACION_DEL_BAMBU_Guadua_angustifolia_Kunth_BAMBUSOIDEAE_GRAMINEAE_COMO_UNA_ALTERNATIVA_SOSTENIBLE_DE_CONSTRUCCION_DE_VIVIENDAS_EN_LA_ZONA_ATLANTICA_DE_COSTA_RICA/links/0046352a626004e24e000000/UTILIZACION-DEL-BAMBU-Guadua-angustifolia-Kunth-BAMBUSOIDEAE-GRAMINEAE-COMO-UNA-ALTERNATIVA-SOSTENIBLE-DE-CONSTRUCCION-DE-VIVIENDAS-EN-LA-ZONA-ATLANTICA-DE-COSTA-RICA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Raul-Botero/publication/237715375_UTILIZACION_DEL_BAMBU_Guadua_angustifolia_Kunth_BAMBUSOIDEAE_GRAMINEAE_COMO_UNA_ALTERNATIVA_SOSTENIBLE_DE_CONSTRUCCION_DE_VIVIENDAS_EN_LA_ZONA_ATLANTICA_DE_COSTA_RICA/links/0046352a626004e24e000000/UTILIZACION-DEL-BAMBU-Guadua-angustifolia-Kunth-BAMBUSOIDEAE-GRAMINEAE-COMO-UNA-ALTERNATIVA-SOSTENIBLE-DE-CONSTRUCCION-DE-VIVIENDAS-EN-LA-ZONA-ATLANTICA-DE-COSTA-RICA.pdf)

Sales, H., Chumacero, S., & Montejo, R. (2020). *El bambú: una solución ecológica sustentable como material de construcción*. Pp. 253-262.

Sísmica, A. C. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá, DC.

Torres, B., Segarra, M., & Bragança, L. (2019). *El bambú como alternativa de construcción sostenible. Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*. Pp. 389-400.





ANEXOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE VIVIENDA DE BAMBÚ

| Partida | 01.03 | RELLENO COMPACTADO CON REPOSICIÓN DE MATERIAL | | | | | Costo unitario directo por: | 38.11 |
|------------------------------------|---------------|--|-----------------|-------------------|--------------------|-----------|------------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m3/día | MO. | 40 | EQ | 32 | m3 | | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| Capataz | hh | 1 | 0.20 | 28.19 | 5.64 | | | |
| Operario | hh | 1 | 0.20 | 23.38 | 4.68 | | | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.02 | 16.71 | 0.33 | | | |
| | | | | | 10.65 | | | |
| Materiales | | | | | | | | |
| Material de Relleno puesto en obra | m3 | | 1.20 | 21.57 | 25.88 | | | |
| Agua | m3 | | 0.05 | 6.00 | 0.30 | | | |
| | | | | | 26.18 | | | |
| Equipos | | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 10.65 | 0.53 | | | |
| Compactador | hm | 1 | 25% | 3.00 | 0.75 | | | |
| | | | | | 1.28 | | | |

| Partida | 01.04 | MURO DE CONCRETO CICLÓPEO | | | | | Costo unitario directo por: | 701.55 |
|-----------------------------|---------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|-----------|------------------------------------|---------------|
| Rendimiento | m3/día | MO. | 4 | EQ | 4 | m3 | | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| Capataz | hh | 4 | 8.00 | 28.19 | 225.52 | | | |
| Operario | hh | 2 | 4.00 | 23.38 | 93.52 | | | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 | | | |
| | | | | | 322.38 | | | |
| Materiales | | | | | | | | |
| Cemento tipo portland | bolsa | | 4.33 | 20.9 | 90.50 | | | |
| Arena Gruesa puesto en obra | m3 | | 0.39 | 48.31 | 18.84 | | | |
| Piedra 3/4" puesto en obra | m3 | | 0.57 | 54.15 | 30.87 | | | |
| Agua | m3 | | 0.14 | 6.00 | 0.84 | | | |
| Tiras | ml | | 11.81 | 5.28 | 62.36 | | | |
| Cuartones | ml | | 9.44 | 6.20 | 58.53 | | | |
| Tablas | ml | | 11.11 | 8.16 | 90.70 | | | |
| Clavos de 2 1/2 | kg | | 0.42 | 5.77 | 2.42 | | | |
| | | | | | 355.05 | | | |
| Equipos | | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 322.38 | 16.12 | | | |
| Concretera | hm | 1 | 2.00 | 3.50 | 7.00 | | | |
| Cono de Abrams | hm | 1 | 2.00 | 0.10 | 0.20 | | | |
| Cilindros de tomar muestras | hm | 4 | 8.00 | 0.10 | 0.80 | | | |
| | | | | | 24.12 | | | |

02. ESTRUCTURA DE CONCRETO Y BAMBÚ

| Partida | 02.01 | CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM2 (CIMIENTOS) | | | | | |
|-----------------------------|--------|--|----------|------------|---------------|-----------------------------|--------|
| Rendimiento | m3/día | MO. | 4 | EQ | 4 | Costo unitario directo por: | 678.54 |
| | | | | | | m3 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | hh | 4 | 8.00 | 28.19 | 225.52 | | |
| Operario | hh | 2 | 4.00 | 23.38 | 93.52 | | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 | | |
| | | | | | 322.38 | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Cemento tipo portland | bolsa | | 7.21 | 20.9 | 150.69 | | |
| Arena Gruesa puesto en obra | m3 | | 0.65 | 48.31 | 31.40 | | |
| Piedra 3/4" puesto en obra | m3 | | 0.95 | 54.15 | 51.44 | | |
| Agua | m3 | | 0.23 | 6.00 | 1.38 | | |
| Tablas | ml | | 11.11 | 8.164 | 90.70 | | |
| Clavos de 2 1/2 | kg | | 0.42 | 5.77 | 2.42 | | |
| | | | | | 328.04 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 322.38 | 16.12 | | |
| Concretera | hm | 1 | 2.00 | 3.50 | 7.00 | | |
| Vibrador | hm | 1 | 2.00 | 2.00 | 4.00 | | |
| Cono de Abrams | hm | 1 | 2.00 | 0.10 | 0.20 | | |
| Cilindros de tomar muestras | hm | 4 | 8.00 | 0.10 | 0.80 | | |
| | | | | | 28.12 | | |

| Partida | 02.02 | CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM2 (RIOSTRAS) | | | | | |
|-----------------------------|---------------|--|-----------------|-------------------------------|--------------------|---------------|--|
| Rendimiento | m3/día | MO. 4 | EQ 4 | Costo unitario directo | | 799.42 | |
| | | | | por: m3 | | | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | hh | 4 | 8.00 | 28.19 | 225.52 | | |
| Operario | hh | 2 | 4.00 | 23.38 | 93.52 | | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 | | |
| | | | | | 322.38 | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Cemento tipo portland | bolsa | | 7.21 | 20.9 | 150.69 | | |
| Arena Gruesa puesto en obra | m3 | | 0.65 | 48.31 | 31.40 | | |
| Piedra 3/4" puesto en obra | m3 | | 0.95 | 54.15 | 51.44 | | |
| Agua | m3 | | 0.23 | 6.00 | 1.38 | | |
| Tiras | ml | | 11.81 | 5.28 | 62.36 | | |
| Cuartones | ml | | 9.44 | 6.20 | 58.53 | | |
| Tablas | ml | | 11.11 | 8.164 | 90.70 | | |
| Clavos de 2 1/2 | kg | | 0.42 | 5.77 | 2.42 | | |
| | | | | | 448.92 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 322.38 | 16.12 | | |
| Concreteira | hm | 1 | 2.00 | 3.50 | 7.00 | | |
| Vibrador | hm | 1 | 2.00 | 2.00 | 4.00 | | |
| Cono de Abrams | hm | 1 | 2.00 | 0.10 | 0.20 | | |
| Cilindros de tomar muestras | hm | 4 | 8.00 | 0.10 | 0.80 | | |
| | | | | | 28.12 | | |

| Partida | 02.03 | COLUMNAS DE BAMBÚ | | | | | |
|----------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|--|--------------------|--------------|--|
| Rendimiento | Und/día | MO. 5.5 | EQ | Costo unitario directo por: und | | 90.87 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.1 | 0.15 | 28.19 | 4.10 | | |
| Operario | hh | 1 | 1.45 | 23.38 | 34.01 | | |
| Peón | hh | 1 | 1.45 | 16.71 | 24.31 | | |
| | | | | | 62.41 | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Caña de bambú 6m | und | | 0.45 | 38.98 | 15.75 | | |
| Mortero tromix (1:4) | bolsa | | 0.13 | 7.17 | 0.93 | | |
| Varilla roscada acero 9" | und | | 0.40 | 16.94 | 6.78 | | |
| Tuerca y arandela | und | | 1.00 | 1.88 | 1.88 | | |
| | | | | | 25.34 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 62.41 | 3.12 | | |
| | | | | | 3.12 | | |

| Partida | 03.02 | PAREDES DE BAMBÚ | | | | | |
|------------------------------|--------|------------------|-----------|----------|------------|-----------------------------|--------|
| Rendimiento | m2/día | MO. | 22 | EQ | 2.5 | Costo unitario directo por: | 138.96 |
| | | | | | | m2 | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | hh | 2 | 0.73 | 28.19 | 20.50 | |
| Operario | | hh | 1 | 0.36 | 23.38 | 8.50 | |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.04 | 16.71 | 0.61 | |
| | | | | | | 29.61 | |
| Materiales | | | | | | | |
| Clavos de 2 1/2 | | kg | | 0.22 | 5.77 | 1.27 | |
| Cañas de bambú | | und | | 2.00 | 35.00 | 70.00 | |
| Clavos de 5" | | kg | | 0.16 | 5.77 | 0.92 | |
| Malla de alambre galvanizado | | ml | | 4.00 | 8.80 | 35.20 | |
| | | | | | | 107.39 | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 29.61 | 1.48 | |
| Amoladora | | hm | 0.3 | 0.96 | 0.50 | 0.48 | |
| | | | | | | 1.96 | |

| Partida | 03.03 | MESÓN DE COCINA (INCLUYE LOSA Y ENLUCIDO) | | | | | |
|--------------------------------|--------|---|-----------|----------|------------|-----------------------------|--------|
| Rendimiento | ml/día | MO. | 2 | EQ | | Costo unitario directo por: | 429.33 |
| | | | | | | ml | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | hh | 2 | 8.00 | 28.19 | 225.52 | |
| Operario | | hh | 1 | 4.00 | 23.38 | 93.52 | |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.40 | 16.71 | 6.68 | |
| | | | | | | 325.72 | |
| Materiales | | | | | | | |
| Cemento tipo portland | | bolsa | | 0.60 | 20.90 | 12.54 | |
| Arena Gruesa puesto en obra | | m3 | | 0.04 | 48.31 | 1.93 | |
| Piedra 3/8" puesto en obra | | m3 | | 0.10 | 54.15 | 5.42 | |
| Agua | | m3 | | 0.01 | 6.00 | 0.08 | |
| Cuartones | | ml | | 1.50 | 6.20 | 9.30 | |
| Tablas | | ml | | 1.00 | 8.16 | 8.16 | |
| Clavos de 2 1/2 | | kg | | 0.05 | 5.77 | 0.29 | |
| Acero de refuerzo | | kg | | 8.00 | 4.09 | 32.72 | |
| Alambre negro #18 | | kg | | 0.06 | 3.92 | 0.24 | |
| Bloque de concreto (39x19x9cm) | | und | | 8.00 | 2.08 | 16.64 | |
| | | | | | | 87.32 | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 325.72 | 16.29 | |
| | | | | | | 16.29 | |

04. ENLUCIDO

| Partida | 04.01 | ENLUCIDO EXTERIOR E INTERIOR (e=1 cm) | | | | | |
|---------------------------|--------|---------------------------------------|----------|------------|-----------------------------|--|-------|
| Rendimiento | m2/día | MO. | 14 | EQ | Costo unitario directo por: | | 36.36 |
| | | | | | m2 | | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | hh | 1 | 0.57 | 28.19 | 16.11 | | |
| Operario | hh | 1 | 0.57 | 23.38 | 13.36 | | |
| Peón | hh | 0.1 | 0.06 | 16.71 | 0.95 | | |
| | | | | | 30.42 | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Cemento tipo portland | bolsa | | 0.20 | 20.90 | 4.18 | | |
| Arena Fina puesto en obra | m3 | | 0.03 | 6.00 | 0.18 | | |
| Agua | m3 | | 0.01 | 6.00 | 0.06 | | |
| | | | | | 4.42 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 30.42 | 1.52 | | |
| | | | | | 1.52 | | |

05. PISOS

| Partida | 05.01 | CONTRAPISO (e= 5 cm) | | | | | |
|-----------------------------|--------|----------------------|----------|------------|--------------|--------------------------------|-------|
| Rendimiento | m2/día | MO. | 26 | EQ | 27 | Costo unitario directo por: m2 | 65.00 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | hh | 4 | 1.23 | 28.19 | 34.70 | | |
| Operario | hh | 2 | 0.62 | 23.38 | 14.39 | | |
| Peon | hh | 0.1 | 0.03 | 16.71 | 0.51 | | |
| | | | | | 49.60 | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Cemento tipo portland | bolsa | | 0.36 | 20.90 | 7.52 | | |
| Arena Gruesa puesto en obra | m3 | | 0.03 | 48.31 | 1.45 | | |
| Piedra 3/4" puesto en obra | m3 | | 0.05 | 54.15 | 2.71 | | |
| Agua | m3 | | 0.01 | 6.00 | 0.06 | | |
| | | | | | 11.74 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 0.05 | 49.60 | 2.48 | | |
| Concretera | hm | 1 | 0.30 | 3.50 | 1.04 | | |
| Cono de Abrams | hm | 1 | 0.30 | 0.10 | 0.03 | | |
| Cilindros de tomar muestras | hm | 4 | 1.19 | 0.10 | 0.12 | | |
| | | | | | 3.67 | | |

07. CUBIERTAS

| Partida | 07.01 | CUBIERTA DURATECHO INCLUYE PERFIL LAMINADO | | | | | |
|-------------------------------------|--------|--|-----------|----------|------------|-----------------------------|--------|
| Rendimiento | m2/día | MO. | 8 | EQ | 40 | Costo unitario directo por: | 113.71 |
| | | | | | | m2 | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | hh | 2 | 2.00 | 28.19 | 56.38 | |
| Operario | | hh | 1 | 1.00 | 23.38 | 23.38 | |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.10 | 16.71 | 1.67 | |
| | | | | | | 81.43 | |
| Materiales | | | | | | | |
| Duratecho 8" (93cm-0.25cm) | | und | | 0.54 | 11.90 | 6.43 | |
| Ganchos J"5 | | und | | 2.00 | 0.36 | 0.73 | |
| Estructura metálica perfil laminado | | kg | | 7.37 | 2.83 | 20.86 | |
| Pintura anticorrosiva | | m2 | | 0.02 | 1.43 | 0.02 | |
| | | | | | | 28.03 | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 81.43 | 4.07 | |
| Soldadora Eléctrica | | hm | 0.25 | 0.05 | 3.50 | 0.18 | |
| | | | | | | 4.25 | |

08. PIEZAS SANITARIAS

| Partida | 08.01 | INODORO TANQUE BAJO | | | | | |
|---------------------------|---------|---------------------|-----------|----------|------------|-----------------------------|--------|
| Rendimiento | Und/día | MO. | 4 | EQ | | Costo unitario directo por: | 404.31 |
| | | | | | | und | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | hh | 1 | 2.00 | 28.19 | 56.38 | |
| Operario | | hh | 1 | 2.00 | 23.38 | 46.76 | |
| Peón | | hh | 0.1 | 0.20 | 16.71 | 3.34 | |
| | | | | | | 106.48 | |
| Materiales | | | | | | | |
| Inodoro color: blanco | | und | | 1.00 | 261.00 | 261.00 | |
| Tubo de abasto | | und | | 1.00 | 17.71 | 17.71 | |
| Cemento tipo portland | | bolsa | | 0.08 | 20.90 | 1.67 | |
| Arena Fina puesto en obra | | m3 | | 0.02 | 6.00 | 0.12 | |
| Agua | | m3 | | 0.01 | 6.00 | 0.06 | |
| Permatex | | tubo | | 0.20 | 31.20 | 6.24 | |
| Teflón | | und | | 1.00 | 5.70 | 5.70 | |
| | | | | | | 292.50 | |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %MO | | 5% | 106.48 | 5.32 | |
| | | | | | | 5.32 | |

| Partida | 09.02 | PUNTO DE AGUA SERVIDA | | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|---------------|
| Rendimiento | Pto/día | MO. | 3 | EQ | Costo unitario directo por: | 174.88 |
| | | | | | Punto | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.1 | 0.27 | 28.19 | 7.52 | |
| Operario | hh | 1 | 2.67 | 23.38 | 62.35 | |
| Peón | hh | 0.5 | 1.33 | 16.71 | 22.28 | |
| | | | | | 92.14 | |
| Materiales | | | | | | |
| Tuberías PVC 110 mm | ml | | 3.00 | 14.98 | 44.94 | |
| Accesorios PVC 110mm | glb | | 1.00 | 5.74 | 5.74 | |
| Pegamento para PVC | lt | | 0.10 | 16.90 | 1.69 | |
| Tuberías PVC 50 mm | ml | | 3.00 | 7.49 | 22.47 | |
| Accesorios PVC 50mm | glb | | 1.00 | 3.29 | 3.29 | |
| | | | | | 78.13 | |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 92.14 | 4.61 | |
| | | | | | 4.61 | |

| Partida | 09.03 | TUBERIA DE AGUA POTABLE DE 1/2" | | | | |
|------------------------------------|---------------|--|-----------------|-------------------|---------------------------------------|--------------|
| Rendimiento | ml/día | MO. | 32 | EQ | Costo unitario directo por: ml | 18.52 |
| | | | | | Punto | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.1 | 0.03 | 28.19 | 0.70 | |
| Operario | hh | 1 | 0.25 | 23.38 | 5.85 | |
| Peón | hh | 1 | 0.25 | 16.71 | 4.18 | |
| | | | | | 10.73 | |
| Materiales | | | | | | |
| Permatex | tubo | | 0.05 | 31.20 | 1.56 | |
| Tubería PVC 1/2 roscable | ml | | 1.05 | 1.90 | 2.00 | |
| Teflón | und | | 0.50 | 5.70 | 2.85 | |
| Accesorios de PVC de 1/2" roscable | glb | | 1.00 | 0.85 | 0.85 | |
| | | | | | 7.26 | |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 3% | 10.73 | 0.54 | |
| | | | | | 0.54 | |

| Partida | 09.04 | PUNTO DE AGUA POTABLE (INCLUYE LLAVE DE CONTROL) | | | | |
|------------------------------------|----------------|---|-----------------|-------------------|--|---------------|
| Rendimiento | Pto/día | MO. | 3 | EQ | Costo unitario directo por: Punto | 134.32 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.1 | 0.27 | 28.19 | 7.52 | |
| Operario | hh | 1 | 2.67 | 23.38 | 62.35 | |
| Peón | hh | 0.5 | 1.33 | 16.71 | 22.28 | |
| | | | | | 92.14 | |
| Materiales | | | | | | |
| Permatex | tubo | | 0.10 | 31.20 | 3.12 | |
| Tubería PVC 1/2 roscable | ml | | 7.00 | 1.90 | 13.30 | |
| Teflón | und | | 2.00 | 5.70 | 11.40 | |
| Accesorios de PVC de 1/2" roscable | glb | | 1.00 | 0.85 | 0.85 | |
| Llave de paso | und | | 1.00 | 8.90 | 8.90 | |
| | | | | | 37.57 | |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 92.14 | 4.61 | |
| | | | | | 4.61 | |

| Partida | 09.05 | TUBERIA DE AGUA SERVIDA DE 4" | | | | |
|----------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|--------------|
| Rendimiento | ml/día | MO. | 32 | EQ | Costo unitario directo por: ml | 27.93 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.1 | 0.03 | 28.19 | 0.70 | |
| Operario | hh | 1 | 0.25 | 23.38 | 5.85 | |
| Peón | hh | 1 | 0.25 | 16.71 | 4.18 | |
| | | | | | 10.73 | |
| Materiales | | | | | | |
| Tubería PVC 110mm | ml | | 1.00 | 14.98 | 14.98 | |
| Pegamento para PVC | lt | | 0.10 | 16.90 | 1.69 | |
| | | | | | 16.67 | |
| Equipos | | | | | | |
| Herramientas manuales | %MO | | 5% | 10.73 | 0.54 | |
| | | | | | 0.54 | |

10. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

| Partida | 10.01 | PUNTO DE TOMA CORRIENTE 110 V | | | | | |
|------------------------------------|---------|-------------------------------|--------|-----------|-----------------------------------|------------|---------------|
| Rendimiento | Pto/día | MO. | 15 | EQ | Costo unitario directo por: Punto | 157.98 | |
| Descripción Recurso | | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | | hh | 0.1 | 0.05 | 28.19 | 1.50 |
| Operario | | | hh | 1 | 0.53 | 23.38 | 12.47 |
| Peón | | | hh | 0.5 | 0.27 | 16.71 | 4.46 |
| | | | | | | | 18.43 |
| Materiales | | | | | | | |
| Tubería PVC Conduit 1/2" liviano | | | ml | | 3.00 | 2.54 | 7.62 |
| Conductor Eléctrico No 12 tipo AWG | | | ml | | 18.00 | 6.49 | 116.82 |
| Conector EMT 1/2" | | | und | | 1.00 | 2.50 | 2.50 |
| Caja Rectangular Profunda | | | und | | 1.00 | 0.76 | 0.76 |
| Tomacorriente doble 110 V | | | und | | 1.00 | 10.93 | 10.93 |
| | | | | | | | 138.63 |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | | %MO | | 5% | 18.43 | 0.92 |
| | | | | | | | 0.92 |

| Partida | 10.02 | PUNTO DE TOMA CORRIENTE 220 V | | | | | |
|------------------------------------|---------|-------------------------------|--------|-----------|-----------------------------------|------------|--------------|
| Rendimiento | Pto/día | MO. | 15 | EQ | Costo unitario directo por: Punto | 106.71 | |
| Descripción Recurso | | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Capataz | | | hh | 0.1 | 0.05 | 28.19 | 1.50 |
| Operario | | | hh | 1 | 0.53 | 23.38 | 12.47 |
| Peón | | | hh | 0.5 | 0.27 | 16.71 | 4.46 |
| | | | | | | | 18.43 |
| Materiales | | | | | | | |
| Tubería PVC Conduit 3/4" pesado | | | ml | | 4.00 | 5.80 | 23.20 |
| Conductor Eléctrico No 10 tipo AWG | | | ml | | 8.00 | 5.43 | 43.44 |
| Cable polarizado para tierra | | | und | | 4.00 | 0.80 | 3.20 |
| Cinta aislante | | | und | | 0.20 | 5.93 | 1.19 |
| Caja Rectangular Profunda | | | und | | 1.00 | 0.76 | 0.76 |
| Tomacorriente 220V | | | und | | 1.00 | 15.57 | 15.57 |
| | | | | | | | 87.36 |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | | %MO | | 5% | 18.43 | 0.92 |
| | | | | | | | 0.92 |

