

## Unidad mixta de paneles

deportiva apoyada en hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicadas en la construcción prefabricada y su uso como estrategia hídrica, pasiva y sostenible.





**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**Facultad de Arquitectura y Urbanismo**

Carrera de Arquitectura

**Validación de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicables en la construcción prefabricada y su uso como estrategia bioclimática pasiva en Santa Isabel.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto.

**Autores:**

Miguel Andrés Caldas Carrión  
C.I. 0104720966  
andrescaldas1234@gmail.com  
Nelson Ronny Galarza Paucar  
C.I. 0105609549  
ronny69opip@hotmail.com

**Director:**

José Hernán Sánchez Castillo  
0102645702

**Asesor:**

Juan Medardo Solá Quintuña  
0102613148

Cuenca – Ecuador  
28 de marzo del 2022

## Resumen

El cantón de Santa Isabel, se encuentra en la región sierra de la provincia del Azuay con una zona climática húmeda calurosa según (NEC-EE, 2017) el cual es ideal para el desarrollo de la caña de azúcar, muchas familias de la zona utilizan dicha planta para llevar a cabo su actividad económica por lo que genera grandes desperdicios de bagazo. Adicionalmente, debido al clima las viviendas de interés social, realizada por el MIDUVI, tienen problemas de confort térmico interno por sobrecalentamiento.

El propósito del presente trabajo de titulación es dar solución a los problemas mencionados anteriormente mediante la validación de una propuesta con un sistema constructivo a base de paneles aglomerados de hormigón con fibra de la caña de azúcar, para obtener un material de baja conductividad térmica, amigable con el ambiente y que sirva como estrategia pasiva para la construcción de viviendas en la zona de estudio.

El método aplicado para validar la propuesta es de carácter experimental, mismo que

consistió en elaborar dichos paneles con diferentes dosificaciones, utilizando porcentajes de 1.5% y 2.5%, respecto a la fibra como agregado grueso. Posteriormente se realizaron los ensayos de compresión y conductividad térmica (ensayo de placa caliente), este último con un valor imprescindible para realizar las simulaciones energéticas a nivel de confort térmico y humedad relativa en los dos sistemas tradicional y propuesta. Luego de las mismas, los datos obtenidos fueron comparados.

Los resultados de las simulaciones reflejaron que el panel de hormigón con fibra del bagazo de la caña de azúcar es un material que posee una conductividad térmica baja (0.304W/m2k), ya que en el día más caliente llega a reducir 5°C (de 32.6° a 27°C) en la temperatura interior, haciendo que la vivienda se aproxime al rango de confort térmico que es entre 18° a 26°C según (NEC, 2011). Por lo cual, el material puede ser usado como estrategia bioclimática pasiva en la zona de estudio.

### Palabras clave:

Bagazo. Santa Isabel. Fibra. Panel de hormigón. Estrategia bioclimática. Simulación. Confort. Ecología.

The canton of Santa Isabel, is located in the highland region of Azuay province with a hot humid climate zone according to (NEC-EE, 2017) which is ideal for sugar cane development, many local families use this plant to carry out their economic activity so it generates large bagasse waste. In addition, due to the climate, the social housing, built by MIDUVI, has problems of internal thermal comfort due to overheating.

The purpose of this degree thesis is to provide a solution to the aforementioned problems via validating a proposal with a constructive system based on agglomerated concrete panels with sugar cane fiber, to obtain a low conductivity, environmentally friendly material that serves as a passive bioclimatic strategy for construction of housing in the study area.

The applied method to validate the proposal is of an experimental nature, which consisted of elaborate said panels with different dosages, using fibre percentages of 1.5%

### Keywords:

Bagasse. Santa Isabel. Fiber. Concrete panel. Bioclimatic strategy. Simulation. Comfort. Ecology.

## Abstract

### Keywords:

Bagasse. Santa Isabel. Fiber. Concrete panel. Bioclimatic strategy. Simulation. Comfort. Ecology.

# CAPÍTULOS

## Cláusula de Propiedad Intelectual

Miguel Andrés Caldas Carrión, autor del trabajo de titulación “Validación de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicables en la construcción prefabricada y su uso como estrategia bioclimática pasiva en Santa Isabel”, certificamos que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 28 / marzo / 2022.



Miguel Andrés Caldas Carrión  
010472096-6

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Miguel Andrés Caldas Carrión, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Validación de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicables en la construcción prefabricada y su uso como estrategia bioclimática pasiva en Santa Isabel”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, por fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 / marzo / 2022.



Miguel Andrés Caldas Carrión  
010472096-6

## Cláusula de Propiedad Intelectual

Nelson Ronny Galarza Paucar, autor del trabajo de titulación “Validación de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicables en la construcción prefabricada y su uso como estrategia bioclimática pasiva en Santa Isabel”, certificamos que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 28 / marzo / 2022.



Nelson Ronny Galarza Paucar  
010560954-9

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Nelson Ronny Galarza Paucar, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Validación de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicables en la construcción prefabricada y su uso como estrategia bioclimática pasiva en Santa Isabel”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 / marzo / 2022.



Nelson Ronny Galarza Paucar  
010560954-9

## DEDICATORIA

### Miguel

Primeramente, quiero dedicarle mis logros a Dios por permitirme vivir las experiencias inolvidables que he vivido hasta el día de hoy. A mis padres Patricio y Anita, por su apoyo y cariño infinito durante toda mi vida y más aún en esta etapa de mi vida llena de madrugadas de entrenamiento y largas noches de desvelo, este logro es producto de su amor y entrega a sus hijos.

A mis hermanos: Daniel †, Lourdes, Patricio y Adrián, por su apoyo e infinita compresión cuando no tuve tiempo para compartir momentos en familia por tener largas jornadas de estudio, sus palabras de aliento siempre han sido el motor de mis éxitos.

A mis amigos Francisco y Elizabeth, por ser un pilar fundamental a lo largo de mi carrera universitaria, por contagiar me sus ganas de superación, confianza y apoyo incondicional cuando más lo necesité.

Al mismo tiempo quiero dedicar este gran logro a mi querida Universidad de Cuenca, por ayudarme a convertir en un profesional, pero sobre todo a todas las enseñanzas de vida, amistades inolvidables y conciencia social inculcada en mí.

A mis padres por su apoyo incondicional,  
*Ronny*.

### Arq. Hernán Sánchez.

Por su apoyo constante, entrega y valiosos aportes para que el presente trabajo de titulación pueda culminar de la mejor manera. Agradecemos las enseñanzas impartidas en cada etapa y ayudarnos a cerrar esta etapa de formación profesional.

### Ing. Juan Solá.

Por sus enseñanzas, asesorías y disponibilidad para ayudarnos con las dosificaciones del material propuesto.

### Arq. Juan Fernando Hidalgo.

Por su asesoría y ayudarnos a comprender el tratamiento de fibras naturales.

## AGRADECIMIENTOS

# CAPÍTULO I

Introducción

*“La arquitectura moderna no significa el uso de nuevos materiales, sino utilizar los materiales existenciales en una forma mas humana”.*  
• Alvar Aalto



Imagen: Valle de Yuquilla  
Fuente: Catarpa propia

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo validar el uso del bagazo de la caña de azúcar en la construcción prefabricada y como estrategia bioclimática pasiva para alcanzar el confort térmico, mediante la elaboración de paneles aglomerados conformados de hormigón y fibra natural.

En la actualidad es necesario adquirir una cultura ecológica, favorable con el medio ambiente y accesible para todos los habitantes. Según los datos del PDOT (GAD S.I., 2016), en el cantón de Santa Isabel, las condiciones de habitabilidad en la que se encuentran las personas de escasos recursos están en un rango de 3 – 5 habitantes por dormitorio, además, las viviendas de la zona utilizan materiales tradicionales para

la construcción como el ladrillo, bloque, eternit, entre otros; los cuales demandan un alto costo energético, lo que representa un problema no solo de confort térmico sino también de habitabilidad de la vivienda.

Por otro lado, en el cantón existen diversos puntos de siembra, producción y venta de derivados de la caña de azúcar, mismos que son consumidos y comercializados por la población de dicho cantón. Posteriormente, luego de que la caña sea utilizada, queda un desperdicio denominado “Bagazo” el cual es desechado generando grandes volúmenes de basura en los distintos puntos del cantón.

Por lo antes expuesto, la propuesta del presente trabajo de titulación es un sistema constructivo conformado de paneles de hormigón aglomerados con bagazo de la caña de azúcar, el cual al ser un material natural reducirá el costo energético en la construcción y vida útil del proyecto.

Para cumplir con los objetivos del estudio, se aplicó una metodología que responde a las fases de nuestra investigación; En el capítulo 1 exponemos todos los aspectos introductorios de nuestro trabajo de titulación como la introducción, antecedente, problema de investigación, objetivos y metodología. En este capítulo se entrega toda la información necesaria para conocer el

contexto del problema y guías mediante las cuales apoyaremos nuestra investigación.

En el capítulo 2 se expone un marco

conceptual en el cual se dará a conocer la

información teórica de la caña de azúcar, fi-

bras naturales y prefabricación; mismas que

servirán para el correcto entendimiento y

fundamentalmente de aportes bibliográ-

ficos. El capítulo 3 se llevará a cabo todos

los ensayos previos de los agregados finos

y gruesos, así como también las inmuniza-

ciones a la fibra de bagazo previo a la elab-

oración del hormigón, concluyendo con

los respectivos ensayos de laboratorio: com-

presión mediante prensa hidráulica, y con-

ductividad térmica que se va a llevar a cabo

mediante el ensayo de tipo “placa caliente”,

mismos que se realizarán en el Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética (Labet) del Instituto de investigación

Geológica y Térmica.

En lo que respecta al capítulo 4, se realiza

una investigación del clima en el cantón

para identificar los meses que registran

una mayor temperatura, datos obtenidos

mediante interpolación del software Meteo-

norm 8, mismos que servirán como

referencia para realizar la validación del

sistema a la vivienda del MIDUVI (Caso de

estudio). La validación se realizará median-

te simulaciones térmicas con apoyo del

software “Design Builder” con los cuales

se hará una comparación entre el sistema

constructivo tradicional y nuestra propues-

ta de paneles con fibra natural, llegando a constatar que existe mejoras en el confort térmico interno.

En la parte final de nuestro trabajo de titulación exponemos los resultados obtenidos en cada caso, datos que nos permiten

compararlos y generar la discusión acerca de la factibilidad de incorporar paneles de hormigón con fibra de bagazo como estrategia pasiva que mejore el confort interno en la zona de estudio. Finalmente se cierra el trabajo de titulación con las respectivas

conclusiones, recomendaciones y posibles futuras líneas de investigación generadas a través de nuestras conclusiones al realizar la investigación.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. OBJETIVO GENERAL

1. Validar la factibilidad de la aplicación del bagazo de la caña de azúcar para la construcción, mediante la elaboración de paneles aglomerados conformados de hormigón y bagazo.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar datos específicos sobre la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)
  2. Proponer un sistema constructivo de paneles aglomerados conformados de hormigón y bagazo, posteriormente se enviará al laboratorio INER para obtener las propiedades físicas del panel.
  3. Obtener datos específicos sobre las propiedades mecánicas de los paneles aglomerados conformados de hormigón y bagazo en laboratorio.
  4. Validar el panel mediante el análisis de un caso de estudio para su posterior comparación con la simulación obtenida en el software Design Builder, ante las condiciones ambientales de Santa Isabel.
- En el cantón de Santa Isabel, la población utiliza la caña de azúcar para consumo alimenticio extrayendo el guarapo para consumir, o producir derivados como aguardiente, panela, entre otros; o para otros usos, de esta manera, la caña llega a ser una de las principales fuentes de ingreso para las familias del sector. Complementariamente, en el cantón existen diversos puntos de siembra, producción y venta de derivados de la caña de azúcar.

## 1.3. PROBLEMÁTICA

Dada la importancia, en la actualidad es necesario adquirir una cultura ecológica, favorable con el medio ambiente y accesible para todos los habitantes. Según los datos del PDOT (GAD S.I., 2016), en el cantón de Santa Isabel, las condiciones de habitabilidad en la que se encuentran las personas de escasos recursos están en un rango de 3 – 5 habitantes por dormitorio, lo que representa un problema no solo de confort térmico sino también de habitabilidad de la vivienda.

En el cantón de Santa Isabel, la población utiliza la caña de azúcar para consumo alimenticio extrayendo el guarapo para consumir, o producir derivados como aguardiente, panela, entre otros; o para otros usos, de esta manera, la caña llega a ser una de las principales fuentes de ingreso para las familias del sector. Complementariamente, en el cantón existen diversos puntos de siembra, producción y venta de derivados de la caña de azúcar.

## 1.4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento de los recursos naturales autóctonos, tal como es la caña de azúcar en el cantón de Santa Isabel, genera un impacto positivo en la realidad socio económica de sus habitantes, ya que producen ingresos al momento que sus derivados son comercializados.

Posteriormente, luego de ser utilizada, el bagazo es desechado generando grandes volúmenes de basura en estos lugares, sin el conocimiento de que la misma posee propiedades físicas y mecánicas que podrían ser aprovechadas en el área de la construcción (Saraz et al., 2007). Esto repercute en la forma de construir viviendas en la zona, haciendo que los habitantes opten por construcciones con materiales tradicionales como el ladrillo y bloque (Mora et al., 2011), lo cual demanda un alto costo energético para poder alcanzar el confort interno.

El estudio se debe llevar a cabo para validar la eficiencia de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, el mismo que buscará

ser una estrategia para mejorar el confort térmico de la vivienda del “MIDUVI”, además, reducirá la utilización de ventilación mecánica en las mismas al utilizar fibra como aislante natural y fibro-refuerzo. Por lo tanto, aumentará las condiciones de habitabilidad, ya que obtendrá un mejor desempeño térmico mediante el uso de paneles.

Por consiguiente, la población de la zona considerará este desperdicio como una oportunidad, puesto que no solo encontrarán beneficios en la aplicación de un nuevo sistema constructivo, sino también en el aprovechamiento de un nuevo derivado de la caña de azúcar y más importante lo ecológico.

El

## 1.5. ESTADO DEL ARTE

El “bagazo” originado por el consumo de la caña de azúcar, es la fibra resultante de la planta luego de pasar por un proceso de aplastamiento, que permite extraer una bebida tradicional de la zona llamada “Guarapo”, de la cual se deriva la panela y el azúcar. Estos productos son comercializados por los habitantes de la zona de estudio, mismos que al tener una alta demanda, generan desperdicios considerables de “bagazo”.

A lo largo de los años este desperdicio no ha sido aprovechado en la zona, es por esto que la presente investigación pretende reutilizar este material para la elaboración de paneles aglomerados de hormigón, en donde las fibras de bagazo de la caña formen parte de la mezcla, llegando a ser una opción en la construcción de viviendas para

personas de escasos recursos, ya que es un material natural y en abundancia en la zona.

Hasta la actualidad, se ha encontrado dos estudios latinoamericanos que utilizan este material, en uno de ellos llamado “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”, se fabricaron probetas en concreto 1:2:3 (cemento, arena, grava) adicionando las fibras de bagazo previamente tratado (Saraz et al., 2007), y en el otro estudio llamado “Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón” se elaboraron probetas de concreto con la adición de ceniza de bagazo (Velez, 2019). Dichos estudios, están enfocados en obtener óptimas propiedades mecánicas del hormigón con el uso del bagazo,

por medio de ensayos de resistencia a la compresión y densidad.

En este trabajo de titulación, la investigación está orientada a una propuesta que caracteriza la técnica de Prefabricación, Construcción Arquitectónica y Eficiencia Energética, utilizando al bagazo de caña de azúcar como material experimental, para elaborar paneles aglomerados de hormigón. Se validará el comportamiento térmico dentro de las viviendas en base a los resultados a obtener en los laboratorios (INER-ESPOL) y en el laboratorio de suelos de la Universidad de Cuenca, por medio de los ensayos de compresión, conductividad térmica y las simulaciones en el software Design Builder.

Para cumplir con el propósito del trabajo de titulación, el cual refiere a la validación del hormigón con fibra de la caña de azúcar, se espera obtener la eficiencia de un material con bajo impacto ambiental para crear un sistema constructivo integral que mejore el comportamiento térmico interior de una vivienda ubicada en un clima húmedo caluroso (Santa Isabel), de esta manera, se ejecutó una metodología experimental.

### Microclima

El fichero climático de la zona que servirá para el análisis del mismo, será generado mediante la imputación de contrataques bióticos y alcalinos, preparadas como meridianas o la mezcla con el hormigón como lo realiza (Hidalgo, 2007) en su investigación de fibras naturales. Por otro lado, la clasificación se llevará a cabo en base a aquellas previamente usadas en casos de hormigones con fibras naturales (Espinoza, 2015), las mismas que a su vez un material orgánico se espera obtener un bajo impacto ambiental.

Luego de esto, se llevará a cabo la elaboración de muestras de hormigón aglomerado con las fibras de bagazo, con el fin de realizar ensayos que validen la misma. Las fibras de bagazo usadas para la elaboración del panel, serán acondicionadas mediante la imputación de contrataques bióticos y alcalinos, preparadas como meridianas o la mezcla con el hormigón como lo realiza (Hidalgo, 2007) en su investigación de fibras naturales. Por otro lado, la clasificación se llevará a cabo en base a aquellas previamente usadas en casos de hormigones con fibras naturales (Espinoza, 2015), las mismas que a su vez un material orgánico se espera obtener un bajo impacto ambiental. Luego de esto, se llevará a cabo la elaboración de muestras de hormigón aglomerado con las fibras de bagazo, con el fin de realizar ensayos que validen la misma.

### Elaboración del panel

Las fibras de bagazo usadas para la elaboración del panel, serán acondicionadas mediante la imputación de contrataques bióticos y alcalinos, preparadas como meridianas o la mezcla con el hormigón como lo realiza (Hidalgo, 2007) en su investigación de fibras naturales. Por otro lado, la clasificación se llevará a cabo en base a aquellas previamente usadas en casos de hormigones con fibras naturales (Espinoza, 2015), las mismas que a su vez un material orgánico se espera obtener un bajo impacto ambiental. Luego de esto, se llevará a cabo la elaboración de muestras de hormigón aglomerado con las fibras de bagazo, con el fin de realizar ensayos que validen la misma.

## 1.6. METODOLOGÍA

### Ensayos

Luego de la elaboración de placas y cilindros con el material, serán realizados los ensayos de laboratorio, tanto de pruebas físicas (resultados de compresión) mediante una prensa hidráulica como en el ensayo de (Saraz et al., 2007) con fibras de bagazo, así como las propiedades térmicas (conductividad térmica, densidad) mediante ensayos de placa caliente en los laboratorios del INER (Labet, 2021). Luego de esto, los resultados de los ensayos a compresión serán tabulados en fichas según la NEC (INTE INEN 1573, 2010) y el resultado de la conductividad térmica será utilizado posteriormente para validar el uso del panel dentro del sistema constructivo propuesto.

### Caso de estudio

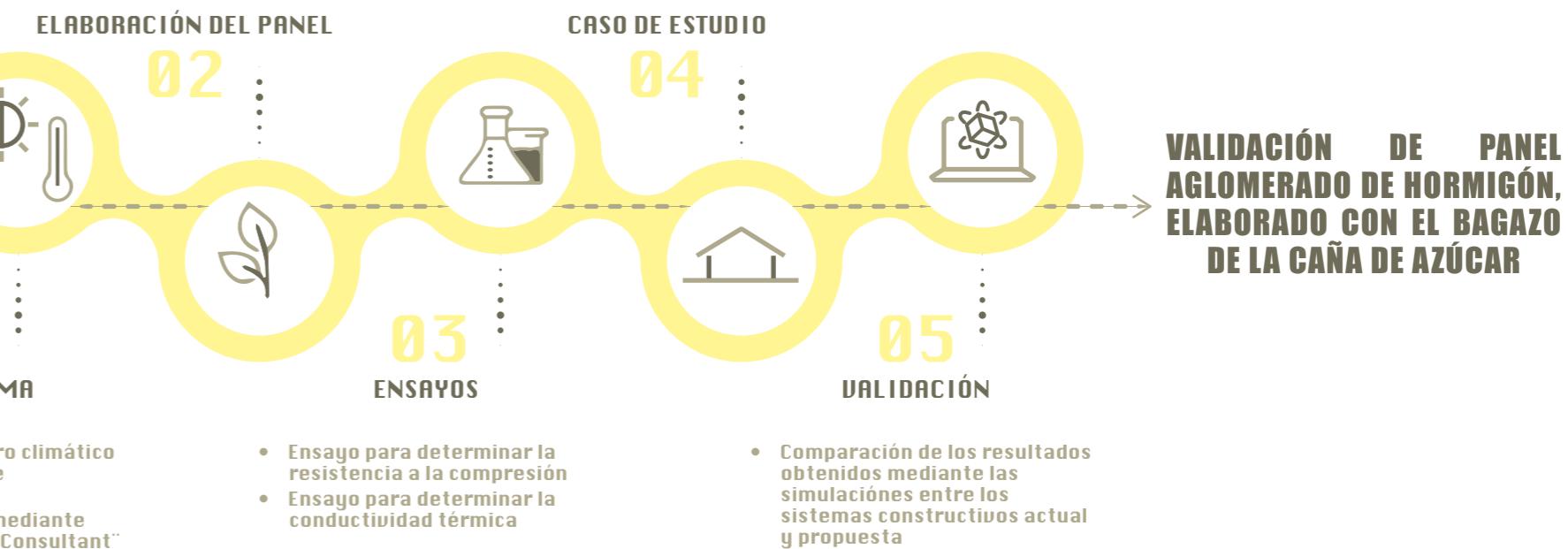
El caso de estudio será el modelo de vivienda del proyecto “Casa para todos” del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador (MIDUVI), ubicado en la zona de estudio. Inicialmente, el sistema constructivo (bloque) de la vivienda del “MIDUVI” será analizado mediante simulaciones en el software “Design Builder” con el fin de determinar las deficiencias que presenta la misma como lo realizó (Quezada, 2019). Asimismo, el análisis de soleamiento será realizado en el software estableciendo las peores condiciones para la vivienda, con el fin de implementar estrategias pasivas (orientación, envolvente y cubierta), para llegar a la zona de confort en el caso de estudio.

### Validación

El sistema constructivo propuesto será aplicado al caso de estudio en paramentos y cubiertas, además, la orientación será redireccionada debido al análisis de vientos y solar, realizados inicialmente. Luego de esto, se llevarán a cabo las simulaciones en el software “Design Builder” obteniendo los resultados de la propuesta, usando la misma metodología usada por (Quezada, 2019) para evaluar rendimientos de materiales. Finalmente, se mostrarán los resultados obtenidos, los cuales permitirán comparar y discutir los datos, para así concluir con la validación del mismo.

- Tratamiento de la fibra de bagazo de la caña de azúcar previo a su utilización
- Análisis de dosificaciones para el panel aglomerado de hormigón con fibras de bagazo de la caña de azúcar
- Elaboración del panel

- Aplicación del sistema constructivo propuesto en la envolvente y cubierta como estrategias pasivas
- Simulaciones de sistemas actual y propuesta efectuadas al Proyecto “Casa Para Todos” utilizando el software “Design Builder”



# CAPÍTULO II

Marco teórico

*"El diseño es un lenguaje y lo principal es como usas ese lenguaje".*  
• Tibor Kalman



**Imagen 1:** Vale de Yunguilla  
**Fuente:** Catura propia



## 2.1. FIBRAS NATURALES

Según la Comisión de Biodiversidad mexicana (Rendón & Neyra, 2020), las fibras naturales son materiales que contienen filamentos con un origen biológico, que poseen propiedades químicas, físicas y mecánicas. Las mismas que influyen dándoles cualidades en su aspecto, textura, longitud, resistencia y flexibilidad, que las hacen susceptibles de uso.

Las fibras naturales de origen vegetal son conjuntos de células que tienen bastante resistencia mecánica, que en su contenido podemos encontrar esencialmente lignina y celulosa por lo que están asociadas a funciones de sostén de las plantas. Respecto a su composición química, con alto porcentaje de celulosa, resulta poco asimilable para los microorganismos, asegurando así su durabilidad, mientras que, al mismo tiempo, el elevado contenido de lignina, permite que estas fibras naturales puedan soportar la acción mecánica a las que son sometidas durante los procesos de tensión que cotidianamente soportan (Rendón & Neyra, 2020).

### Materiales basados en fibras naturales

Los materiales no llevan plásticos ni ningún componente derivado del petróleo, tampoco contienen sustancias o aditivos que puedan ser perjudiciales para la salud. Sin embargo, en el texto de (Navacerrada et al., 2021) en lo que refiere a las fibras, se han encontrado algunos inconvenientes, tales como una menor resistencia mecánica que las fibras sintéticas y alta absorción de humedad en su interior. La clasificación de las fibras se relaciona con la parte de la planta que se aprovecha:

- A.** Procedente del fruto y semillas;
- B.** Procedente del tallo;
- C.** Procedente de las hojas.

### 2.1.1. ANTECEDENTES DE FIBRAS NATURALES EN LA CONSTRUCCIÓN.

En la actualidad, el cuidado por el medio ambiente y los principios para una construcción amigable con el medio ambiente se han utilizado diversas fibras naturales. En el artículo “Comportamiento acústico y térmico de materiales basados en fibras naturales para la eficiencia energética en edificación” realizado por (Navacerrada et al., 2021), se muestran cómo han sido aprovechando fibras naturales, tales como:

#### Fique

En la botánica se la llama *Furcraea Macrophylla*, también llamada sisal. Es una de las fibras vegetales más representativas que encontramos en la América tropical. En su estructura presenta unas hojas lanceoladas, en sus dimensiones tenemos un largo de entre medio metro y dos metros y en su ancho entre 8 y 15 cm, de cuyo interior se puede obtener una fibra dura y fina, duradera, relativamente flexible y resistente al agua salada. El fique puede soportar temperaturas de hasta los 220°C sin degradarse. difícilmente absorbe la humedad, su absorción del agua es del 60%. Entre las principales



Imagen 04: Apilamiento de bagazo de la caña de azúcar como desecho  
Fuente: Captura propia

## 2.1. FIBRAS NATURALES

### 2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE FIBRAS NATURALES COMO FIBRO-REFUERZO.

En lo que respecta a ventajas y desventajas del uso de fibras naturales, tenemos a continuación:

#### Ventajas

1. Contienen un peso específico menor a los materiales comunes, lo que representa una mayor resistencia específica a comparación de fibras sintéticas como puede ser la del vidrio, de mayor beneficio en las fuerzas de flexión (Ramirez, 2020).
2. Resistencia a tracción y deformación elevada. Con dichas resistencias

otorgan mayor ductilidad al material compuesto para el que están siendo utilizadas. Se recomienda usar para resistir impactos o cualquier carga dinámica (Ramirez, 2020).

3. Son recursos renovables, ya que el consumo energético que representan es mínimo.
4. Su obtención se la puede hacer desde el reciclaje.
5. Debido a su origen hidrofílica, las fibras naturales son ideales para materiales de composición hidráulica.

6. Otorgan mejores propiedades aislantes, térmicas y acústicas al compuesto (Ramirez, 2020).

7. No se requiere una inversión de alto costo para su obtención, lo que permite una oportunidad de desarrollo industrial en países que se encuentran en vías de desarrollo.
8. Su método de obtención es inofensivo y no representaría un riesgo para los microempresarios que las manufacturan (Ramirez, 2020).
9. Reducido costo económico.

#### Desventajas

1. Gran disociación en sus propiedades, debido a que depende de diversos factores como la manera en la que se obtiene la fibra, el clima, entre otras.
2. Al ser un material orgánico, su nivel de absorción de agua es alto, logrando alcanzar valores por encima del 100% en su porcentaje de humedad con apenas una hora de inmersión. Generando variaciones considerables en su peso y volumen, lo que repercute en su durabilidad y resistencia mecánica (Ramirez, 2020).
3. Módulo elástico inferior.
4. Se reduce la durabilidad en un medio alcalino (Ramirez, 2020).
5. No poseen resistencia al fuego.
6. Al ser fibras que se obtienen a partir de especies vegetales, no se puede obtener una continuidad fija en la disponibilidad y suministro de las mismas. Esto, dependiendo del tipo de fibra.

De todas las desventajas mencionadas anteriormente, en lo que respecta al presente

trabajo de situación consideramos que la desventaja que más perjudica a la fibra es la escasa resistencia de la fibra al álcali, lo que representa un deterioro acelerado de la fibra en un material compuesto con cemento tipo portland.

La descomposición que se genera con el ataque alcalino del cemento lo sufren la celulosa, hemicelulosa y lignina adibido a la reacción química con el hidróxido de calcio, misma en gran medida el reforzamiento brindado al cemento con el fibro-refuerzo hasta punto que podía anularlo (Ramírez, 2020).



Imagen 05: Fibra de bagazo de la caña de azúcar  
Fuente: Google

## 2.1. FIBRAS NATURALES

### 2.1.3. PROCEDIMIENTOS A LOS CUALES SE PUEDEN SOMETER LAS FIBRAS NATURALES.

Como fue mencionado anteriormente, las fibras naturales poseen propiedades químicas, físicas y mecánicas, las cuales pueden ser medidas mediante los siguientes ensayos:

#### Conductividad térmica

La conductividad térmica ( $\lambda$ ) de las muestras fabricadas se puede por medio de un cuantificador de flujo de calor modelo HFM 436 Lambda de Nescht. El método se basa en medir el de flujo de calor o la técnica de placa caliente guardada es una técnica de ensayo normalizado. La muestra se coloca entre dos placas calentadas a diferentes temperaturas. El flujo de calor a través de la muestra se mide por un transductor calibrado de flujo de calor (Navacerrada et al., 2021).

La medida se realiza después de haber alcanzado el equilibrio térmico. Las temperaturas de las placas están controladas por sistemas bidireccionales de calentamiento/enfriamiento Peltier integrados en un intercambiador de calor de aire forzado

que genera un flujo de bucle cerrado (Navacerrada et al., 2021).

En el presente trabajo, se va a realizar el ensayo descrito anteriormente, mediante los laboratorios del Instituto Nacional de Eficiencia Energética.

#### Rigidez dinámica

Las medidas de rigidez dinámica se determinan con la norma UNE EN 29052-1 que describe el procedimiento para la determinación de la rigidez dinámica para materiales con superficies lisas. El procedimiento para cuantificar el nivel de rigidez dinámica está basado en la medida de la frecuencia de resonancia de un sistema masa-muelle donde el muelle es el material objeto de estudio y la masa una placa de acero cuadrada de dimensiones 200 x 200 mm<sup>2</sup> y unos 8 kg de peso. Durante los ensayos la muestra es colocada entre dos superficies, una superficie lisa y otra rígida (suelo del laboratorio) y las placas de acero. Las superficies entre las que se van a colocar la muestra deben ser lo suficientemente rígidas, para con esto evitar ondas de flexión en el intervalo de frecuencias de interés (Navacerrada et al., 2021).

#### Coeficiente de absorción sonora

Para la medición del coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) es necesario utilizar una pistola de impedancia. Esta técnica, comercializada por Microflow Technology consiste en un altavoz de forma esférica de 11 cm de diámetro y una sonda PU (presión-vibración). La distancia que debe haber entre el altavoz y la sonda PU es constante y igual a 27 cm. Consecuentemente el altavoz genera el sonido y la sonda PU es la encargada de medir la presión sonora y la velocidad de las partículas del aire que se encuentran sobre la superficie del material. La relación entre la presión P y la velocidad U de las partículas nos permite calcular el coeficiente de reflexión. Por lo tanto, nos dará el valor del coeficiente de absorción. El control se lo puede llevar a cabo mediante un software que realiza todos los cálculos necesarios (Navacerrada et al., 2021).

## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO.

### 2.2.1. HISTORIA Y ORIGEN

La caña de azúcar o también llamada *Saccharum Officinarum* (nombre científico), es una herbácea perteneciente a la familia de las gramíneas.

Las Gramíneas forman la cuarta familia con mayor riqueza de especies después de las compuestas, las orquídeas y las leguminosas, sin embargo, también es la primera en importancia económica mundial. Además, parte de la dieta de los seres humanos procede de las gramíneas de manera directa o indirecta (León et al., 2018).

Se considera a Nueva Guinea y a las Islas vecinas, como lugar de procedencia de la caña de azúcar. Árabes y romanos difundieron la producción de la misma en Europa y el Mediterráneo a principios del siglo XIII. En India y China la existencia de la caña se sitúa casi 6.000 a.c y para la alimentación humana 3.000 a.c de donde Alejandro el Grande trajo en el año 325 de nuestra era (Peñaloza, 2005).

Cristóbal Colón en su segundo viaje trasladó pedazos de caña y se sembró por primera vez en las Islas Canarias, en Santo Domin-

go de República Dominicana, entre 1.500 y 1.600, cultivándose en la gran parte de los países tropicales y subtropicales de América.

Para el siglo XVI la caña de azúcar era un artículo importante en el comercio europeo y americano, considerándose en la edad media una mercancía de lujo, aumentando considerablemente la demanda, es así que en 1840 la producción mundial fue de 1'320.000 toneladas y para 1890 se elevó a 6'767.000 toneladas (Peñaloza, 2005).

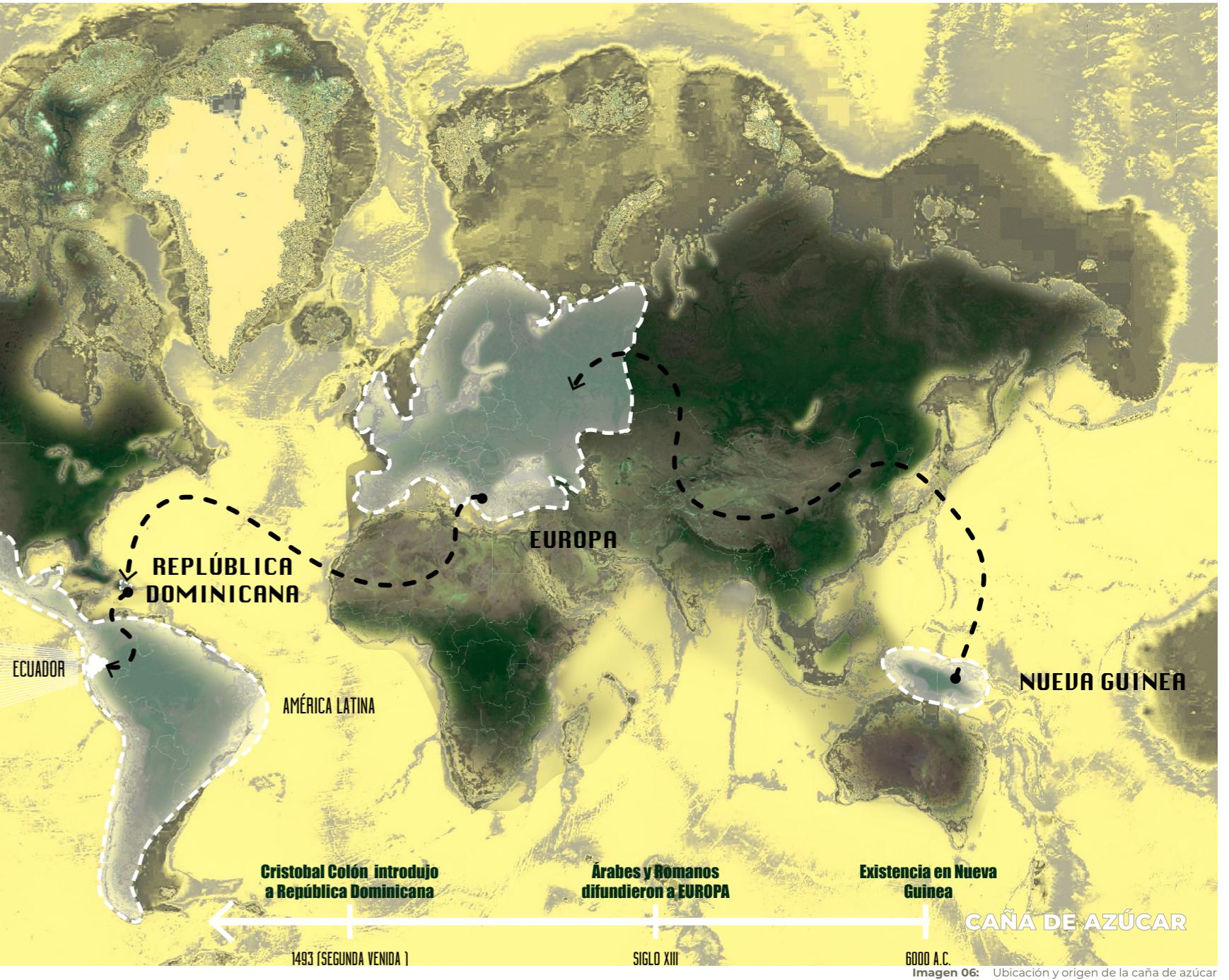
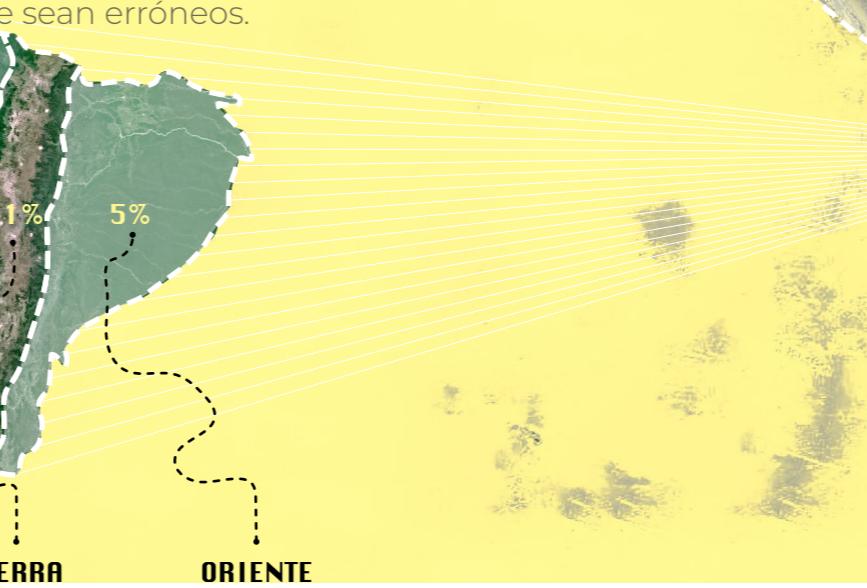
Cabe recalcar que, gracias al desarrollo de la industria, medios de transporte, mejor técnica y el progreso de varias regiones, la producción de la caña se ha incrementado a un mayor ritmo de la población mundial, convirtiéndose en un producto básico en la alimentación humana.

La caña de azúcar que se cultiva en el Ecuador es de óptima calidad, una gran parte de las zonas tropicales y subtropicales, son óptimas y precisas para el cultivo de la caña de azúcar. Según Aproximadamente en nuestro país existen 105.000 ha. de terreno en los que se siembra la caña de azúcar, de los

cuales el 54% corresponde a la costa, el 41% a la sierra y al oriente el 5%.

La caña de azúcar producida en la costa se destina exclusivamente a la obtención del azúcar, cultivada en la sierra y el oriente se utiliza el 85% en la industrialización del aguardiente y la panela el 15% (Peñaloza, 2005).

No se han encontrado textos o estudios actuales acerca de los datos informativos de la caña de azúcar en nuestro contexto, sin embargo, los datos usados del autor (Peñaloza, 2005) no han sido contradichos o se han demostrado que sean erróneos.



## 2.2 LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.2. MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Las plantas como los animales tienen sistemas compuesto de órganos, al mismo tiempo constituido por diferentes tejidos, formados de una o más tipos de células. En las plantas se reconoce dos sistemas:

- Sistema radicular:** Se encuentra ubicada por debajo de la tierra, aquí podemos encontrar a las raíces.
- Sistema de vástago:** Ubicado por encima de la tierra, compuesta por tallo, hojas y espiga.

#### 2.2.2.1. SISTEMA RADICULAR: LA RAÍZ.

Las dos funciones principales de la raíz son: anclar y sostener la planta en su lugar en el suelo y la absorción e introducción del agua y nutrientes minerales del suelo.

Las raíces sirven también, en una extensión limitada, como lugar de almacenamiento de los alimentos de la planta. En la planta de caña, el agua es el constituyente mayor y es el principal disolvente, puesto que forma un medio en el cual todos los procesos químicos tienen lugar, aproximadamente del 70 al 90% de la planta es agua. La plan-

ta de caña obtiene el agua y los elementos minerales del suelo a través de sus raíces, por 3 procesos: Difusión, Imbibición y Osmosis (Vidal, 2004).

La raíz tiene una forma cilíndrica y se adelgaza hacia el punto de crecimiento. Las características externas de la raíz pueden ser anotadas como sigue:

- Capuchón de la raíz;
- Punto de crecimiento;
- Región de alargamiento;
- Región de los pelos radiculares.



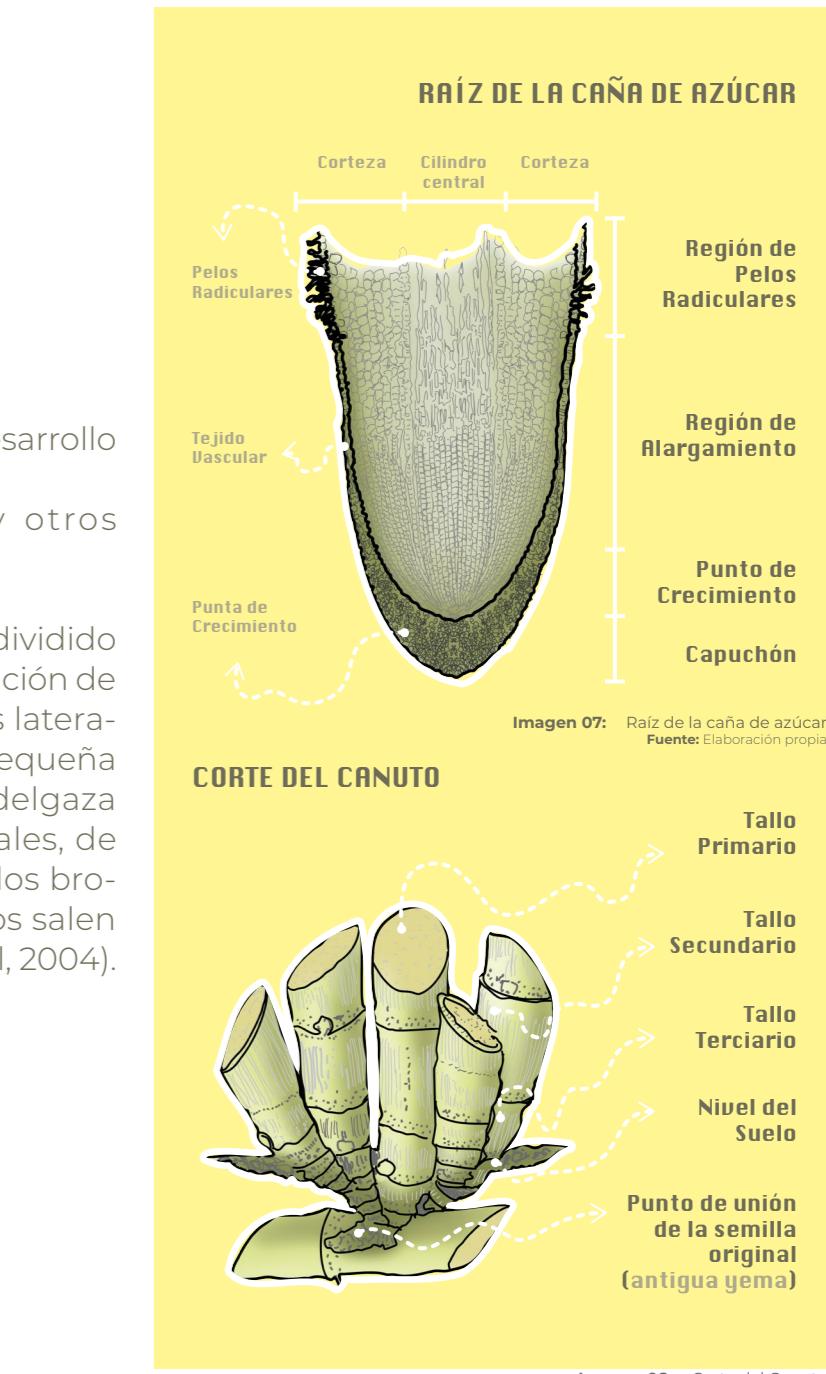
#### 2.2.2.2. SISTEMA DE VÁSTAGO: EL TALLO.

El tallo o caña de la planta, puede ser definido como aquella porción arriba del suelo, que sostiene las hojas y la inflorescencia (partes florales); sus funciones son:

- Para soportar las hojas y las partes florales;
- Para conducir el agua y los nutrientes del suelo a las hojas donde los alimentos de la planta se sintetizan;
- Para trasladar los alimentos manufacturados a otras partes de la planta

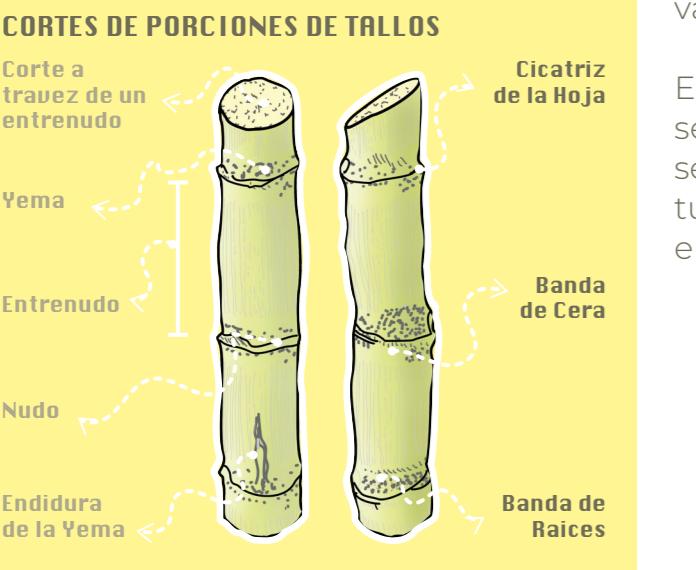
donde se necesitan para el desarrollo posterior;

- Para almacenar azúcar y otros materiales.



## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.2. MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR



Caldas | Galarza

El diámetro, forma, color y longitud de los canutos cambia con la variedad; estas características son muy constantes para una misma variedad y se usan para describirla e identificarla; en los entrenudos de la mayor parte de las variedades están cubiertos por una capa de cera cuya función principal es la protección del tallo, el espesor y la cantidad de cera presente en el tallo varía con la variedad.

En la parte del tallo denominado nudo, o sea el lugar de separación de los canutos, se encuentra la yema que constituye la futura planta de caña; tiene diversas formas, entre las más comunes: acolchadas o he-

misféricas; de la forma de ellas depende en gran parte la clasificación de las variedades. En estado de dormancia (periodo en el ciclo biológico en donde se suspende toda actividad) están siempre muy juntas al tallo, esto sucede en cañas jóvenes, a la edad de siembra, la yema se levanta y toma la forma de un cono, con la base hacia el tallo (Vidal, 2004).

### 2.2.2.3. SISTEMA DE VÁSTAGO: LA HOJA.

La hoja es el órgano primordial fotosintético en una gran parte de las plantas vasculares. Las funciones de la hoja son 3:

- A. La fabricación de los carbohidratos, fotosíntesis;
- B. La síntesis de los carbohidratos en otros alimentos para las plantas, especialmente alimentos nitrogenados;
- C. La transpiración o pérdida del agua de la planta, que aumenta o disminuye de acuerdo con la temperatura del aire.

La porción superior de la hoja, "la lámina" es más o menos plana, en tanto que la porción inferior, "la vaina" es de forma tubular.

La abertura y longitud de las hojas cambian con la variedad de la caña y las condiciones del ambiente, bajo las cuales crece la planta. Segundo (Vidal, 2004), es frecuente encontrar hojas de cuatro pulgadas de ancho y de tres a cinco pies de largo. Las hojas de muchas variedades de tallo delgado son a menudo de una anchura media pulgada o menor.

Las hojas de la planta de caña están insertadas alternativamente en los nudos del tallo, primero de un lado y luego del otro lado y, consecuentemente, nacen en dos series en los lados opuestos del tallo y quedan aproximadamente en el mismo plano.

### 2.2.2.4. SISTEMA DE VÁSTAGO: LA ESPICA.

Cuando una caña está lista para espigar, el punto de desarrollo del tallo en la yema se transforma en un botón floral.

La inflorescencia o espiga es un pericálio plumoso, abierto. El tamaño y conformación varían mucho con la variedad, generalmente, las espigas son de un color caña o plateado claro (Vidal, 2004). El eje principal se alegaza, las espigas o flores individuales estarán unidas a las ramas terciarias y hacia la punta de la espiga; las espigas ollas están unidas a las ramas secundarias y finalmente a la rama primaria.



Imagen 11: Caña de azúcar en el sembrío  
Fuente: Captura propia

## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.3. COMPONENTES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

#### 2.2.3.1. AZÚCARES CONTENIDOS EN LA CAÑA.

La caña contiene tres clases de azúcares llamados: sacarosa, dextrosa y levulosa. En las cañas no maduras la dextrosa y la levulosa se encuentran en las mismas proporciones, la misma en que se forman esos azúcares cuando la sacarosa es invertida por un ácido. Cuando la caña madura la levulosa disminuye y aún llega a desaparecer, pero vuelve a aparecer en la miel, debido a cambios isométricos de la dextrosa (Totoy, 1987).

#### 2.2.3.2. CONSTITUYENTES DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

La parte exterior de la caña está formada por la corteza que está recubierta por una delgada capa de cera que contiene la materia colorante. Anatómicamente, la parte interior de la caña se compone del parénquima y de haces fibrosos vasculares dispuestos en formas longitudinal y que terminan en las hojas yemas, cubiertas por un parénquima. El parénquima está cons-

tituido por la cutícula, el protoplasma y las vacuolas que contienen la sacarosa en solución, mientras que los haces fibrosos vasculares que contienen el leño tienen mucha menor proporción de sacarosa.

#### Sacarosa:

Se encuentra en muchos vegetales disuelta en la savia, pero muy pocos la contienen para su explotación industrial. Por orden de importancia los principales son: caña de azúcar, remolacha, sargo, maíz y neple. Prácticamente, el azúcar refinado del comercio, puede ser considerado como sacarosa (Quezada, 2007).

#### Dextrosa:

Esta sustancia, junto con la levulosa es un producto de descomposición. Es uno de los constituyentes de la caña en cualquier época de su crecimiento; Por tanto, se encuentra siempre en el jugo en mayor o menor proporción. La dextrosa se encuentra en infinidad de plantas, y comercialmente se

obtiene por la sacarificación del almidón por medio de los ácidos sulfúrico y clorhídrico (Quezada, 2007).

#### Peptina:

Se encuentra en el jugo en proporción variables según la variedad de la caña y la composición del terreno. Estas sustancias se preparan parcialmente en el proceso de la clarificación de los guarapos, razón por la cual se las encuentra en las veladuras y en las mieles (Parra, 2002).

#### Levulosa:

La caña cuando está perfectamente madura contiene muy poca o casi ninguna levulosa, pero se encuentra a mayor cantidad, en las que no han llegado a madurar, o en las cañas demasiado maduras (Quezada, 2007).

#### Cera:

Esta se encuentra en la corteza de la caña, especialmente muy próxima a los nudos, según la variedad de la caña. La cera funde a 82 grados centígrados y hierve a 146 grados centígrados. Es insoluble tanto en agua como en alcohol frío, pero en caliente se disuelve con el alcohol, éter y cloroformo. A la cera de la caña se la considera como un alcohol saturado con 24 átomos de carbono (Quezada, 2007).



Imagen 2: Extracción del guarapo de la caña de azúcar en la molienda de la zona  
Fuente: Captura propia

## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.4. PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR LA CAÑA DE AZÚCAR.

#### Preparación del suelo:

Como primer paso para producir la caña de azúcar, se procede al arado del terreno mediante el uso de maquinaria como tractores de disco o empleando la tracción animal, obteniéndose uniformidad del suelo, luego de 15 días se recomienda cruzar, procurando que el terreno quede más fragmentado. Posteriormente se realizan surcos donde van a colocar las estacas.

#### Fertilización, abonamiento y nutrición:

Es importante que el suelo contenga abundante fósforo y potasio, que equilibren las aportaciones de nitrógeno, haciéndose necesaria la utilización de abonos. La absorción de nutrientes varía notablemente, esta es más activa entre los 3 y 6 meses de edad, con una nivelación de absorción a los 12 meses de vida. Esta fertilización se

la puede realizar usando abonos químicos y también bagazo o residuos en estado de descomposición.

#### Plantación:

Sobre el terreno debidamente preparado y abonado se coloca la semilla recta o inclinada, se tapa con tierra y se la riega abundantemente para alcanzar su máximo desarrollo. Cabe indicar que la forma más correcta de sembrar la caña es la casi vertical con una profundidad de 20 a 30 cm. logrando así resguardar el extremo inferior de las sequías y el otro extremo que reciba el calor y luz suficiente, lo cual es vital para el prendimiento y enraizamiento de las estacas.

#### Control de malezas:

El crecimiento y maduración de la caña de azúcar dependerá también del control de la

maleza, que son plantas que crecen dentro del cultivo, causando daño al desarrollo de la caña, pues compiten con la luz, agua y nutrientes. Un método moderno es la utilización de herbicidas.

#### Riego:

Es necesario comprender la dinámica del riego a través del sistema suelo - planta - atmósfera. Dependiendo de las características del terreno, la caña de azúcar necesita de mucha humedad, por lo que es importante regarla periódicamente para que se mantenga vigorosa y asegurar una producción óptima.

#### 2.2.4.1. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA CAÑA

- Control de malezas;
- Falta de riego;
- Controles fitosanitarios.

Como ya se ha manifestado anteriormente, la obtención de una buena calidad de caña está de acuerdo a la ubicación de los terrenos, es así que la producción en la costa es de menor calidad que la que se produce en los valles interandinos.

Entre los factores internos que afectan el desarrollo de la caña recién sembrada o raíces tenemos:

- Aireación;
- Humedad del suelo;
- Falta de nutrientes.

Dentro de los factores externos que afectan al desarrollo de la caña encontramos:

- Temperatura;
- Viento;

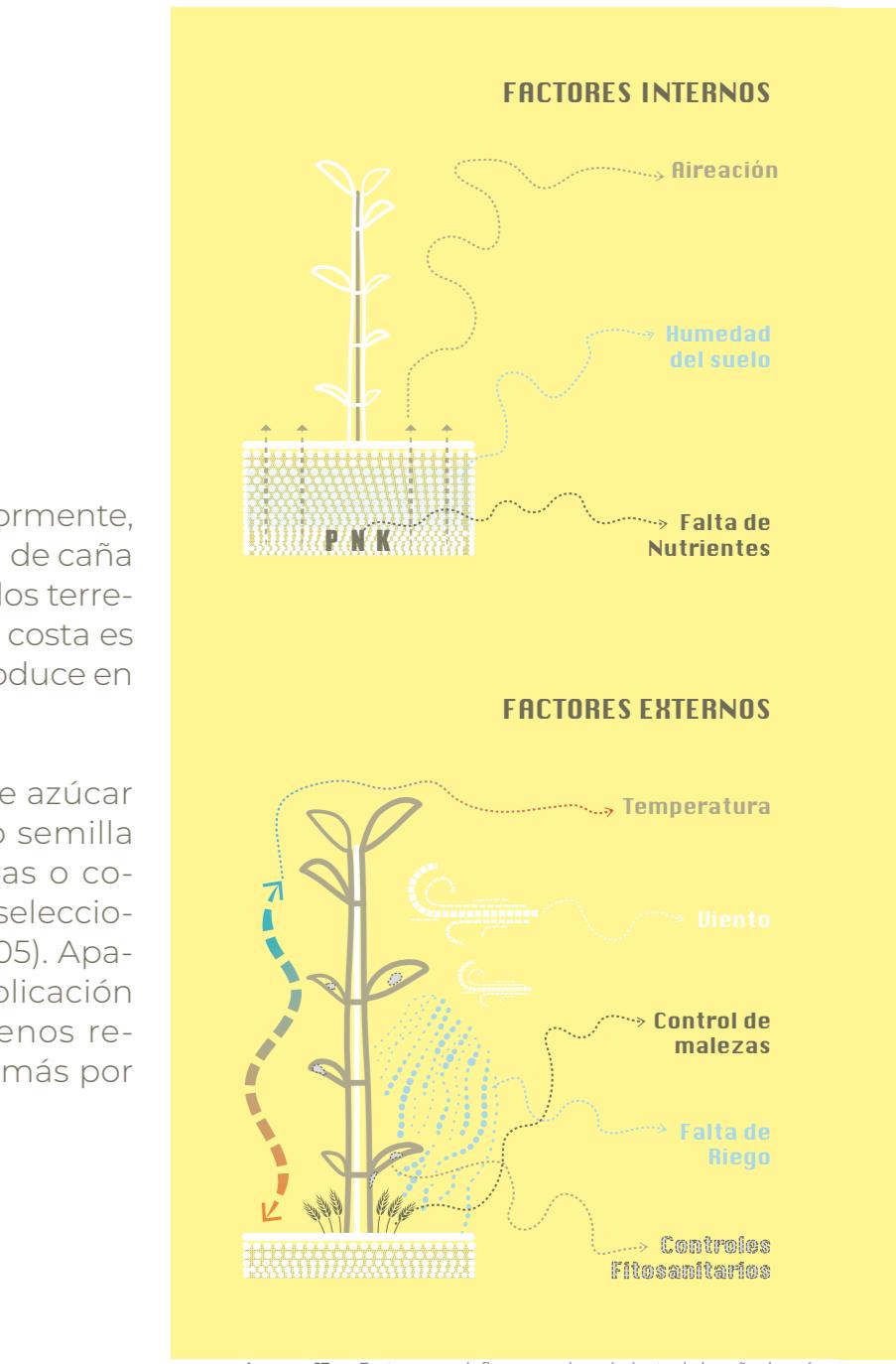


Imagen 3: Factores que influyen en el crecimiento de la caña de azúcar. Fuente: elaboración propia

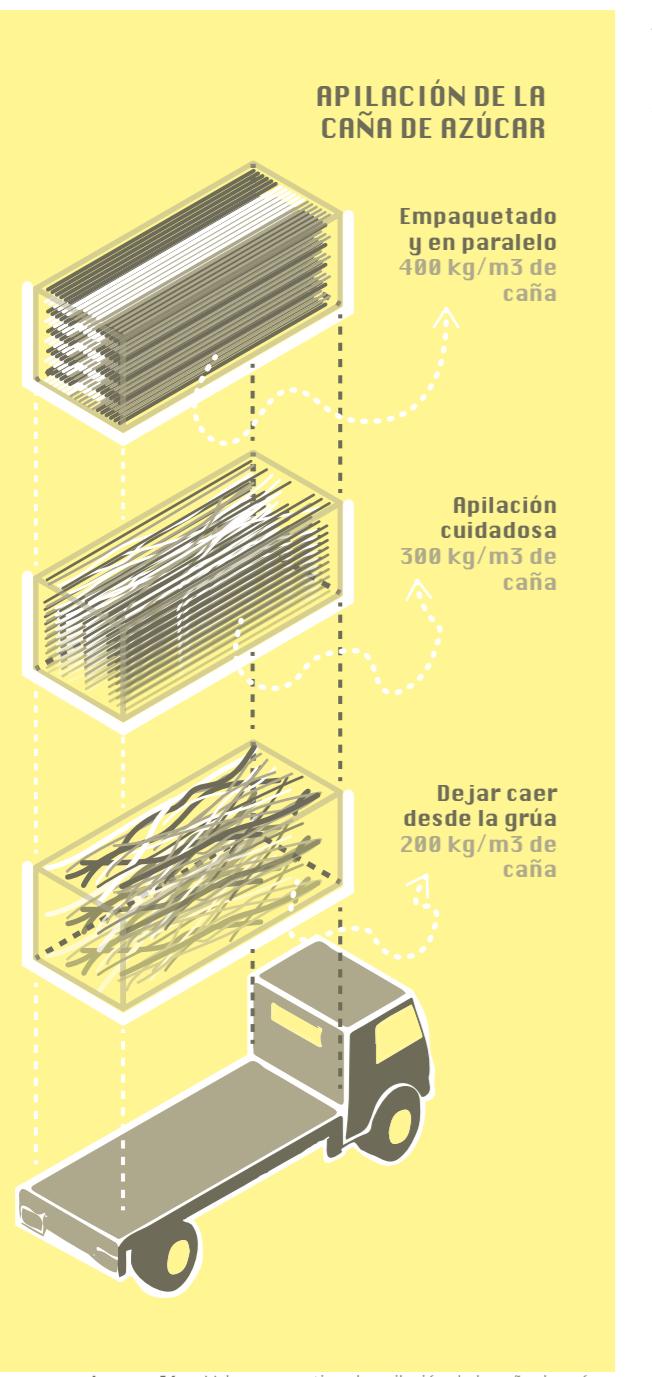


Imagen 14: Volumen por tipo de apilación de la caña de azúcar  
Fuente: Elaboración propia

## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.5. APROVECHAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

#### 2.2.5.1. RECEPCIÓN, DESCARGA Y ALIMENTACIÓN DE LAS CAÑAS

Para el recibimiento de las cañas en la molienda se hace directamente con básculas que existen en puntos importantes o alejados de la zona de los sembríos. El transporte se hace más comúnmente por camiones y tractores con remolques. Según (MAG, 2015), el peso del metro cúbico de caña trasladada depende de la manera cómo se acomoda.

- Si se recoge en el campo por medio de una grúa oruga que la deja caer en el interior del remolque, puede concentrarse cerca de **200 kg/m<sup>3</sup>**.
- Si se llega a acomodar cuidadosamente **300 kg/m<sup>3</sup>**.
- Cuando se acomoda las cañas de manera paralela entre sí y en paquetes, pueden almacenarse alrededor de **400 kg/m<sup>3</sup>**.

La densidad aparente depende del grosor y largo de las cañas. Las cañas que contienen menor curvaturas darán una mejor capacidad de carga.

### 2.2.6. MAQUINARIA USADA PARA LA EXTRACCIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO.

Existen 2 métodos que se utilizan para extraer el jugo de la caña, los cuales son: Difusión y utilización de molinos.

#### 2.2.6.1. DIFUSIÓN

En el texto “Difusión vs Molida” por (Moya, 2007), nos explica el principio de operación de un difusor es el siguiente:

- A. Los camiones, entregan la caña de bagazo la temperatura se incremente inmediatamente a 75 °C, que es la temperatura requerida en el proceso de extracción. Logrando de esta manera que las paredes de las celdas sean permeables y que las moléculas contenidas en la caña de azúcar de sacarosa se disuelvan en el jugo.
- B. En el interior del difusor, la caña de azúcar que ingresa se calienta con jugo de circulación que se encuentra a una temperatura de 84 a 90°. El porcentaje del jugo es de aproximadamente de 300% a 360% en caña para el caso de difusión de caña, y 150% a 250% en caña para el caso de difusión de bagazo (Moya, 2007).
- C. Consecuentemente en la cama de bagazo la temperatura se incremente inmediatamente a 75 °C, que es la temperatura requerida en el proceso de extracción. Logrando de esta manera que las paredes de las celdas sean permeables y que las moléculas contenidas en la caña de azúcar de sacarosa se disuelvan en el jugo.



Imagen 15: Extracción de jugo de la caña de azúcar  
Fuente: Captura propia



Imagen 16: Obtección del bagazo de la caña de azúcar luego de aprovecharlo como guarapo  
Fuente: Captura propia

## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.6. MAQUINARIA USADA PARA LA EXTRACCIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

#### 2.2.6.2. MOLINOS

La forma de extracción del jugo de la caña de azúcar usado en Santa Isabel es la compresión mediante molinos. Simplificando, el proceso de aprovechamiento de la caña, según (Chaca, 2016). La caña se somete a compresión en los rodillos en formas de cilindro, lo cual ayuda a la salida del contenido del jugo de caña. Se considera una extracción satisfactoria cuando se obtiene entre 58 a 63%; es decir, cuando se obtienen de 580 a 630 kg de jugo de caña por cada tonelada.

Analizando el área de estudio, se puede observar que en su mayoría los molinos pueden ser movidos por el motor eléctrico o por máquinas de vapor. La masa producida entra a la caña al molino se denomina masa cañera, y la masa producida está el bagazo, se denominan mazabagazo, por lo tanto, el bagazo es el residuo que dejala caña de azúcar al ser molida, el que es el del último molino con una proporción de 48 a 5% de humedad y con un 2 a 4% de sacarosa, según la eficiencia de los molinos.



Imagen 17: Bagazo como combustible  
Fuente: Captura propia

## 2.2. LA CAÑA DE AZÚCAR Y OBTENCIÓN DEL BAGAZO

### 2.2.7. GENERALIDADES DEL BAGAZO

El bagazo es un conjunto celular fibroso heterogéneo formado por fibras largas y paredes gruesas constituyentes en gran parte de la corteza de la caña de azúcar. En su estructura aún puede contener sacarosa, en la parte del tallo esas fracciones están tan íntimamente asociadas entre sí que después de la operación de la molienda sólo puede efectuarse su separación en muy escaso grado.

Su color varía generalmente entre el amarillo gris y el verde pálido y el tamaño de sus filamentos no es uniforme, en estado parcialmente seco es muy voluminoso debido a su baja densidad específica aparente. Estas variaciones se deben al tipo de caña y a la efectividad de la molienda, mientras más eficaz es esta el tamaño de la fibra es menor llegando a ser hasta de una pulgada.

Cuando el bagazo abandona el último molino del tandem en la molienda tiene una cantidad de agua equivalente a un 48 o 50%, y un 45% de sólidos insolubles en agua y el 6% de sólidos solubles constituidos sobre todo por sacarosa.

El bagazo constituye el principal combustible de las haciendas azucareras, y la tendencia de los técnicos azucareros es que no se empleen otros combustibles que el bagazo, tal como sale de la molienda.

El bagazo al salir del último molino, es transportado a los hornos de las calderas de vapor por medio de un conductor, el que se va echando en dichos hornos por medio de unos de embudos graduables, y el bagazo Sobrante se almacena en locales apropiados para ser utilizada o cuando así convenga.

### 2.2.8. ALMACENAMIENTO

La densidad aparente del bagazo de la caña de azúcar lo convierten en un producto muy voluminoso. El bagazo, al ser, almacenado suele presentar dificultades. Obviando los lugares con climas muy secos, no se podría dejar a la intemperie el bagazo, ya se la humedad y el calor solo aumentarían el proceso de fermentación, acelerando su descomposición, llevando a una que no se pueda usarlo como combustible.

- A.** Es conveniente el almacenaje techado;
- B.** El ángulo en el que el bagazo puede reposar puede variar, se recomienda que este se encuentre entre **45 y 50 grados**;
- C.** Para evitar altos rubros en la construcción de un estructura grande y costoso, se recomienda que el bagazo almacenado debe comprimirse para reducir su volumen.

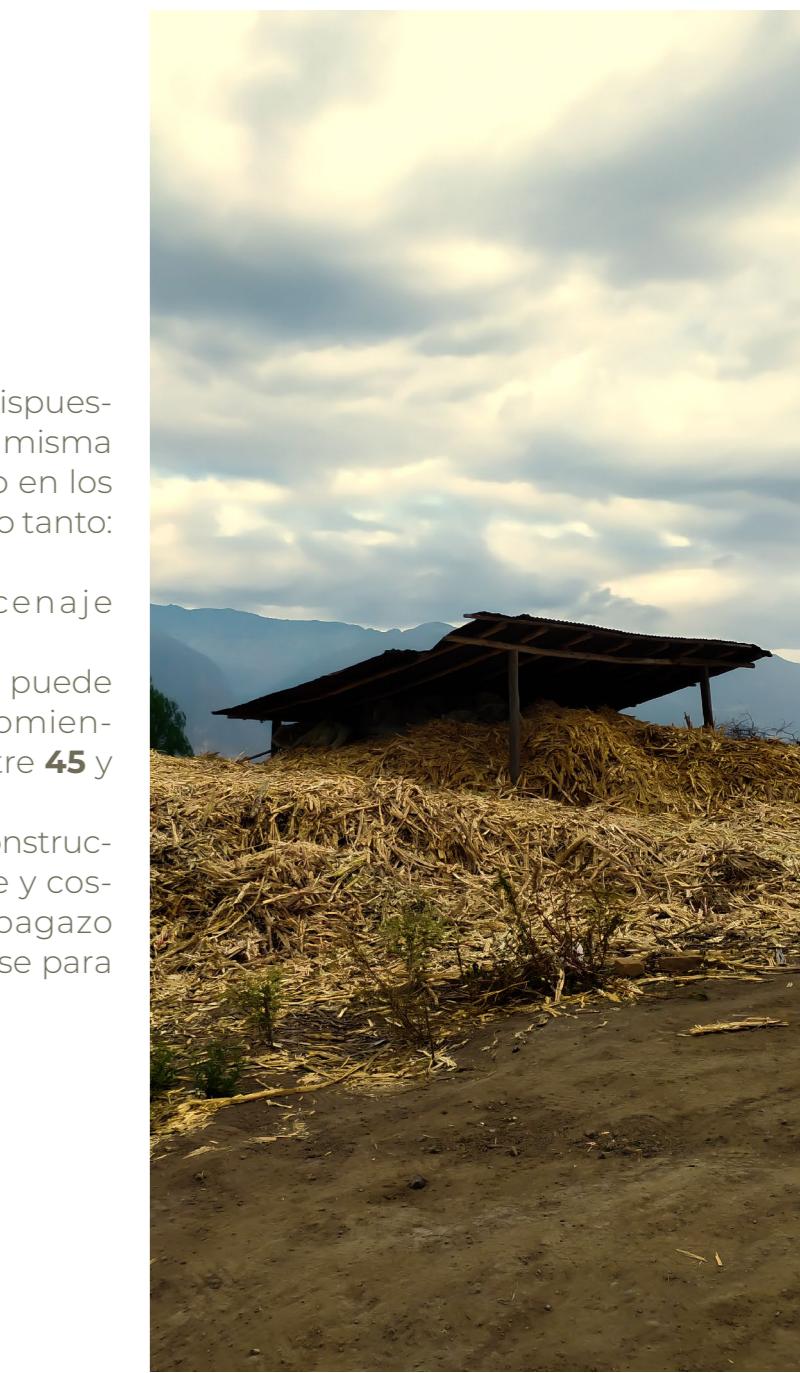


Imagen 18: Apilamiento del bagazo de la caña de azúcar como desecho  
Fuente: Captura propia

## 2.3. PRE-FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 2.3.1. GENERALIDADES

#### 2.3.1.1. DEFINICIÓN

Se entiende por concreto u hormigón prefabricado a “ese producto realizado en concreto cuya fabricación no es realizada en obra, sino en fábrica, alejado de las condiciones ambientales, durante su preparación, y que permite un resultado en el menor tiempo posible, pues es un proceso realizado de manera industrial” (Caldera, 2021).

Un elemento prefabricado se puede definir como “una idea aplicada”, donde hay una búsqueda de racionalizar y bajar los costos en procesos de construcción. El proceso de fabricación de una pieza de hormigón prefabricado es cuidadosamente pensado, calculado y se desarrolla en el entorno más adecuado para minimizar errores de resistencia o estéticos.

#### 2.3.1.2. HISTORIA DEL HORMIGÓN

El origen del concreto u hormigón se remonta a la época de la antigua Babilonia, 7.000 a. C., aunque su producción de forma masiva se puede considerar que dio sus primeros usos durante el Imperio Romano, donde se evidencia en las innumerables obras que hoy día siguen perdurando.

El hormigón es producto de la mezcla de materiales naturales inorgánicos con agua, que, amasándose, dan forma a una pasta que se endurece, alcanzando una consistencia que va adquiriendo resistencia según se va secando. “Se descubre que realizando la conglomeración de piedras naturales de un tamaño pequeño, regulares, se obtiene una piedra artificial que contiene unas propiedades mecánicas características de

las mismas” (Caldera, 2021). El concepto del hormigón es exactamente el mismo en la época romana que en la actualidad, con la diferencia que el conglomerante utilizado era la cal hidráulica y hoy en día se utiliza cemento Portland, y que los agregados como la arena o el acero son elementos que se han ido introduciendo muy recientemente para mejorar el comportamiento mecánico del hormigón. El hormigón se utilizó para construir proyectos como el Panteón de Agripa (año 27 a. C), su cúpula de hormigón en masa es la más grande de la historia, donde el hormigón se obtuvo de la mezcla de varias piedras de origen volcánico con sílice y alúmina, para obtener una resistencia mayor. Asimismo, para ganar estabilidad, la cúpula disminuye su diámetro y se aligera el material a medida que se asciende.

En el tratado “De architectura” Vitrubio ya había escrito sobre la elaboración adecuada de los morteros a base de cal. Consideraba correcto el empleo de la puzolana para morteros estructurales, una arena volcánica. La proporción consistía en una parte de cal y tres de puzolana para edificios y una menos de puzolana para construcciones sumergidas en agua. La técnica de prefabricación se lleva utilizando desde que el hombre es artesano y crea sus elementos en talleres para luego convertirse en herramientas o en piezas de construcción. Ya en el antiguo Egipto los artesanos de cantería prefabricaban los bloques de piedra caliza a partir de los croquis facilitados por los arquitectos de los faraones.

Se puede decir que entre los años 1850 y 1940 se desarrolla una época donde los protagonistas son los retos de ingenierías en los cuales el hormigón se usó como alternativa a la piedra natural, a más de conseguir una mayor facilidad para obtener formas complejas gracias a las características que posee el hormigón. A pesar de esto, la prefabricación, aún se encontraba lejos de los procesos industriales en serie y se realizaba en la misma obra o de forma manual en su mayoría. Entre los años 1871 - 1874 se crean patentes de un sistema llamado hormigón reforzado, en cual se empleaba el uso de varillas de acero, como la de Messrs Fox y Barrett, este sistema se usó en losas de bloques de vivienda social para que sean capaces de resistir el fuego. El hormigón comienza a adquirir una gran importancia en debates de construcción a partir de 1850, en el que se valoraba la durabilidad, el coste, la estética del material como tal y aún de ma-



Imagen 2: Ejemplo de muro de concreto de la antigüedad  
Fuente: Google



Imagen 21: Panteón de Agripa  
Fuente: Google

nera simple las características estéticas que el hormigón podía ofrecer. George Godwin como editor de "The Builder", una revista que se especializaba en la arquitectura e ingeniería entre 1843 y 1883, en la cual hizo énfasis durante varios años, la importancia de las facultades que el hormigón podía mostrar respecto a la expresión arquitectónica (Caldera, 2021).

William Henry Lascelles es el primero en pensar en el método adecuado para la prefabricación del hormigón. Lo podemos considerar como el pionero del hormigón moderno. En los años de 1875 muestra sus intenciones iniciales de su patente "Mejoras en la construcción de edificios", donde pretende conseguir "reducir el coste de los cottages y casas pequeñas y facilitar su construcción, de forma que pudieran

levantarse en gran parte a base de trabajo no especializado y en un corto espacio de tiempo" (Caldera, 2021). Y a raíz de esto, comienza un extenso debate y obtención de patentes centrado en las posibilidades que el hormigón puede aportar a la arquitectura y sus como se puede aplicar para desarrollar arquitectura con la expresión de los estilos arquitectónicos de la época.

## 2.3. PRE-FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 2.3.1. GENERALIDADES

#### 2.3.1.3. HORMIGÓN PREFABRICADO EN LA ACTUALIDAD

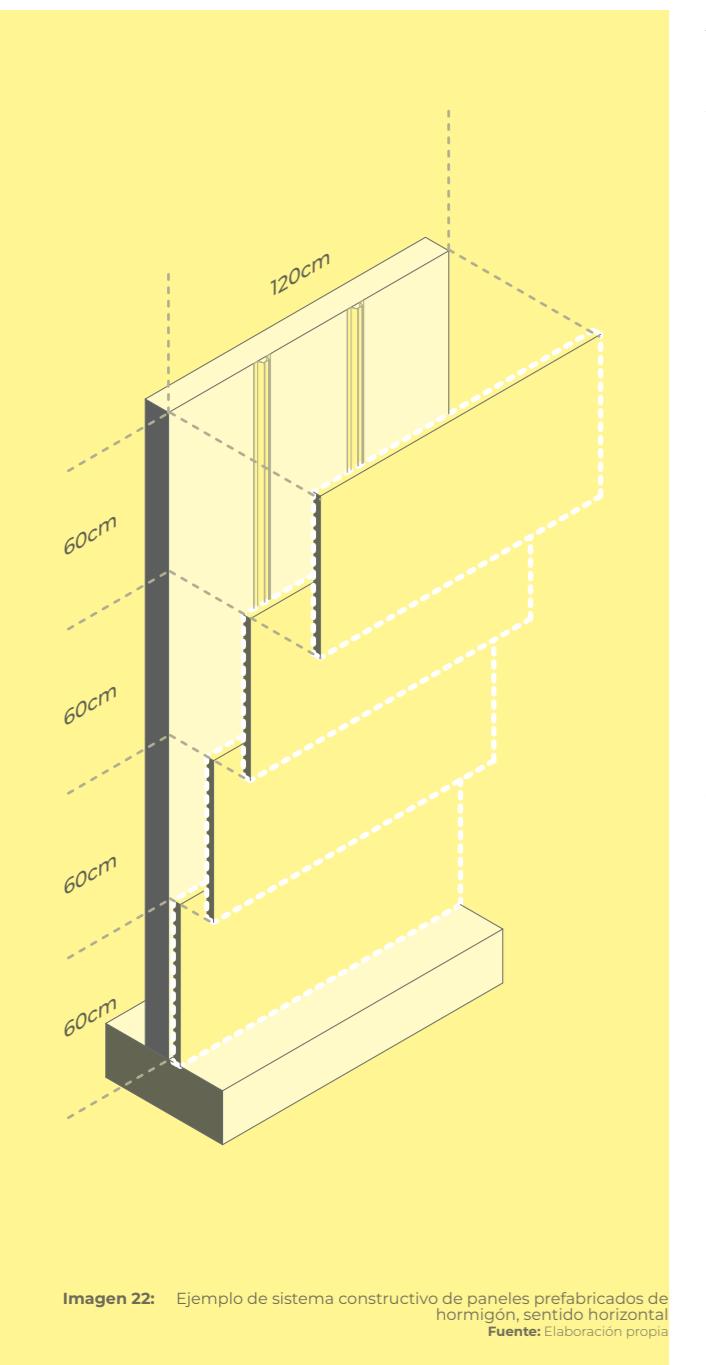
Actualmente, con el desarrollo de la tecnología y los métodos de producción hace que sea posible poder solucionar y construir toda expresión formal, que gracias al hormigón se facilita toda una clasificación infinita de usos y de formas. Los materiales usados y los sistemas constructivos pueden acoplarse a los diversos diseños del arquitecto y la ingeniería no se convierte en un obstáculo para la creatividad del diseño.

El proceso mediante softwares como es el Autocad, Rhino, Archicad, Revit, etc, su objetivo se centra en poder desarrollar la forma que mejor se adapte al concepto del proyecto. En los proyectos debe existir la coor-

dinación arquitecto – ingeniero, la cual es necesaria para integrar todos los cálculos estructurales realizados al proyecto para posteriormente llevarlos a su máxima optimización sin modificar las geometrías.

Actualmente es posible poder diseñar con la idea del "volumen total" de la edificación. El sistema modular de la prefabricación sigue en uso, pero con posibilidad de elegir entre una variedad de opciones. "La producción en las plantas de prefabricados permite tener un mayor control sobre las piezas que aseguran la calidad del resultado final de la obra, centrándose en la precisión, la optimización y muchas veces ofreciendo mejores precios" (Caldera, 2021).

Las propiedades mecánicas del hormigón prefabricado se siguen desarrollando actualmente, además de que se han ido mejorando los materiales que lo componen, de las técnicas con las que se prefabrican y de los muchos acabados que provee este material. En el presente trabajo de titulación se pretende validar la usos de paneles agríomeados de hormigón utilizando el bagazo de la caña de azúcar, para así mejorar sus propiedades físicas y químicas, mejorando al mismo tiempo la calidad de habitabilidad.



**Imagen 22:** Ejemplo de sistema constructivo de paneles prefabricados de hormigón, sentido horizontal  
**Fuente:** Elaboración propia

## 2.3. PRE-FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 2.3.2. ASPECTOS IMPORTANTES EN EL PROCESO DE LA PRE-FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

En el artículo “Prefabricación y diseño”, escrito por Gemma Rodríguez para la revista Arquitectónica “Textos de Tecnología”. Refiere a que la prefabricación conlleva un proceso con el cual se puede llevar a cabo materiales con el mejor control de calidad (Rodríguez, 2021).

#### Diseño y producción

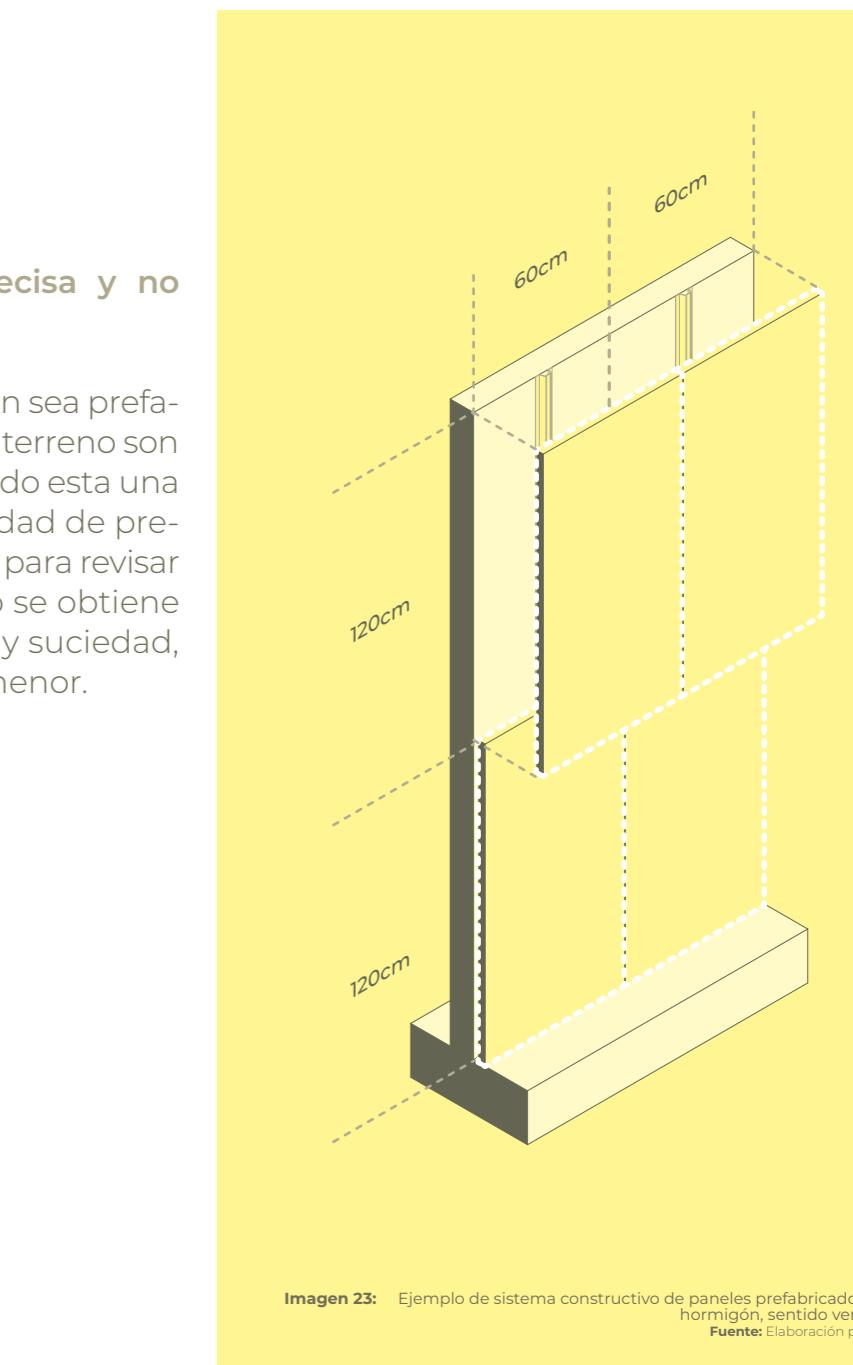
El concepto de que la prefabricación no se refiere únicamente a la producción, ya que en ella son implícitas una serie de ciclos previas, con la misma importancia, como es la investigación, innovación, planificación, el diseño, etc. A partir de este punto, que las principales ventajas que la prefabricación le da al arquitecto nacen de tomar en cuenta el diseño, asimismo a la ejecución de la obra arquitectónica como un proceso singular coordinado que posibilite abordar todas las condicionantes de manera global.

#### Elaboración en serie

Como se conoce, la gran mayoría de los productos prefabricados son producidos en serie, esto no siempre es así. La prefabricación en serie lleva muchas ventajas, entre ellas la mayor calidad, facilidad de fabricación, alta productividad, tiempos cortos de producción, reducción de costos, mano de obra que no necesita ser especializada, etc. Pero la prefabricación de corto alcance, o incluso producción única, también puede ser rentable e interesante en nuestro medio según las particularidades que se puedan presentar, ya que posibilita aumento de calidad, aumentar el control de producción, en el cual las condiciones meteorológicas no influyan, ahorro de tiempos de ejecución como en los materiales y herramientas y poder almacenarlas hasta el momento de montaje en obra.

#### Fábrica fuera de la ubicación final

Este concepto es con el cual a la prefabricación se la considere como fabricación fuera de obra, por lo cual cabe observar que los sitios de producción en los que se realicen las piezas prefabricadas podrían estar tan lejos o cerca como se quiera, así como en el pie de obra. En este último, las circunstancias de producción e incorporación de maquinarias de calidad superior a la usual podrían ser más complicadas dada la condición temporal del taller a pie de obra, pero esto conlleva ventajas adicionales como son: el ahorro en el rubro de transporte, espacio de almacenamiento reducido, la flexibilidad en función del avance de las obras, entre otros.



**Imagen 23:** Ejemplo de sistema constructivo de paneles prefabricados de hormigón, sentido vertical  
**Fuente:** Elaboración propia

Imagen 24: Hormigón prefabricado elaborado en fábrica  
Fuente: Google

## 2.3. PRE-FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 2.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PRE-FABRICACIÓN.

Así como muchos elementos constructivos, los elementos prefabricados tienen sus pros y contras, a continuación, enlistamos las ventajas y desventajas que pueden presentar los sistemas constructivos prefabricados.

#### 2.3.3.1. VENTAJAS DE LA PRE-FABRICACIÓN

- Calidad de los materiales:** La utilización de maquinarias para producción proporciona una buena calidad probada y constante de los materiales, los mismos que son determinados, dosificados y controlados. Estos procesos dan como resultados materiales con resistencia superior ajustando las técnicas constructivas. Las muestras prefabricadas tienen precisión geométrica, de esta manera garantizando el encaje con precisión (Steven & Edgar, 2018).
- Simplificación en los plazos de ejecución:** Esto ocurre debido a que se eliminan los tiempos de espera entre las distintas tareas de obra. Cada uno de los trabajos responden a una metodología de trabajo realizada de tal manera que se los procesos se enlazan unos con otros. Mejorando los

tiempos de la obra por la producción de elementos en serie (Steven & Edgar, 2018).

- Simplificación de la maquinaria en obra:** Se eliminan los encofrados y sistemas de andamios.
- Secciones con mayor resistencia estructural:** La reutilización de los cofres equipara el coste inicial de los mismos y nos permite obtener secciones con una resistencia estructural mayor (Steven & Edgar, 2018).

- Economía:** Con la prefabricación se logra mejorar los tiempos de duración de la obra con una reducción de gastos fijos; control eficiente de rendimientos de mano de obra.
- Reducción de desperdicios:** En el caso de los paneles prefabricados al ser construidos con anterioridad disminuye el desperdicio de materiales. Los escombros producidos en obra se simplifican permitiendo una mayor agilidad en la ejecución de obra (Albán & Utreras, 2020).

- Acabados:** la utilización de paneles prefabricados otorga facilidad en la obra, los acabados pueden ser seleccionados por el constructor antes de

comenzar el montaje en obra (Albán & Utreras, 2020).

#### 2.3.3.2. DESVENTAJAS DE LA PRE-FABRICACIÓN

- Aspecto estructural:** Problemas que se generan a partir de la escasa o nula rigidez frente a los esfuerzos horizontales, como son los generados por el viento. Asimismo, por los inconvenientes al momento de resolver las uniones. Lo cual representa una debilidad del sistema.

- Manipulación y transporte:** Los elementos constructivos soportan estados de carga transitorios en su colocación y transporte, levantamiento al piso respectivo y montaje, que ponen en peligro la resistencia estructural del elemento constructivo. Deben ser respetados los niveles de los puentes a desnivel en las carreteras. El lugar de almacenamiento, manipulación y método de transporte puede alterar a las piezas si estas operaciones no son realizadas por personal capacitado (Steven & Edgar, 2018).

- Aspecto económico-financiero:** Para edificar con elementos prefa-

bricados se requiere de una gran inversión inicial para comenzar la producción en serie, pero este proceso se justifica en obras grandes con plazos de ejecución reducidos.

- Sobre el montaje:** Se debe disponer de maquinaria pesada para el montaje de elementos estructurales prefabricados y tener el espacio suficiente para operar la maquinaria (Albán & Utreras, 2020).
- Sobre la fabricación:** Debido a que en la fabricación de estos elementos se debe enfrentar problemas, tales como los tiempos de fabricación y montaje, esto necesita que el proyecto debe proveer de todas las instalaciones previas al comienzo de la ejecución de la obra. Es indispensable la coordinación de tareas para las instalaciones a fin de evitar contratiempos. Una equivocación en la resolución de estos problemas (uniones, tiempos, costes, resistencia estructural, etc.) puede llevar al fracaso de la obra (Albán & Utreras, 2020).

Imagen 25: Transporte del hormigón prefabricado la obra  
Fuente: Google



Imagen 26: Panel prefabricado de hormigón  
Fuente: Google

## 2.3. PRE-FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 2.3.4. PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

#### 2.3.4.1. DEFINICIÓN

Los paneles de hormigón prefabricado se realizan con anterioridad, utilizando materiales conglomerantes, tales como: arena, piedra, grava, agua con la mezcla de cemento. Son industrializados y fabricados en serie, son transportados y montados en obra con el apoyo de maquinaria pesada, por lo general se lo realiza mediante grúas. Dependiendo de su grado de prefabricación son construidos de manera cuidadosa para obtener los mejores resultados y cumplir con todas las solicitudes para las cuales se diseñaron.

Los paneles prefabricados se clasifican en:

- **Paneles ligeros:** No requieren de maquinaria grande ya que son de fácil montaje, a más que son construidos con materiales ligeros.
- **Paneles pesados:** Son los que necesitan maquinaria grande para su montaje ya que se constituyen de elementos de mayor peso, por lo general su anclaje se lo realiza directamente en la estructura.

Los tipos de paneles prefabricados se puede dividir también según la carga que soporta en la estructura, dependiendo de esto tenemos:

- **Paneles no portantes:** No están diseñados para soportar esfuerzos verticales, son utilizados para dividir espacios, actúan como tabiques o paredes. Los mismos que pueden ser suprimidos sin que afecte la resistencia estructural del proyecto ni la estabilidad, solo soportan su peso propio (Albán & Utreras, 2020).

# CAPÍTULO III

Elaboración de panel aglomerado de hormigón con fibra de bagazo de la caña de azúcar

*"La tarea del arquitecto consiste en proporcionar a la vida una estructura mas sensible".*  
• **Alvar Aalto**



**Imagen 6:** Valle de Yunguilla  
**Fuente:** Catarata propia

### 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Previo a la elaboración del panel de hormigón aglomerado con fibra del bagazo de la caña se considerarán las siguientes investigaciones:

1. Norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Por lo tanto, se utilizará varias normativas técnicas que tienen como objetivo la supervisión del control de calidad de los productos comercializados en nuestro país. En consecuencia, se procedió a utilizar las normas INEN 862 y 696 para el agregado fino o arena.

2. En el estudio “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar” por (Saraz et al., 2007), mismo que plantea la elaboración de hormigón con fibra de bagazo el cual nos explica los tamaños ideales que debe tener la fibra.
3. Investigación titulada “Aprovechamiento de la totora como material de construcción” elaborada por (Hidalgo-Cordero, 2007), las que explican el proceso que deben tener las fibras para su inmunización ante ataques externos. Aunque, dichos procesos no eran experimentados específicamente con las fibras de bagazo, son de gran utilidad debido a que las fibras naturales en su mayoría tienen una composición similar. Las fibras de bagazo, antes de la elaboración del panel, se someterán a dos procesos químicos de inmunización. La primera inmunización es para proteger la fibra ante el ataque biótico y la segunda es para proteger la fibra ante el ataque alcalino que produce el cemento. Con la finalidad de mejorar su rendimiento y durabilidad dentro del hormigón.
4. Dosificaciones realizada por (Espinoza, 2015) en la investigación “Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzado Con Fibras De Bagazo De Caña De Azúcar”.

#### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

##### 3.1.1.1. CEMENTO GUAPÁN

Cemento producido con Clinker, adiciones minerales y sulfato de calcio, los cuales son dosificados en la molienda. Para el control de calidad se utilizan procedimientos basados en las normas Técnicas Ecuatorianas y en el Sistema de Gestión de Calidad fundamentado en la (INEN 9001, 2016).



Imagen 7: Cemento guapán  
Fuente: Catálogo de cementos guapan

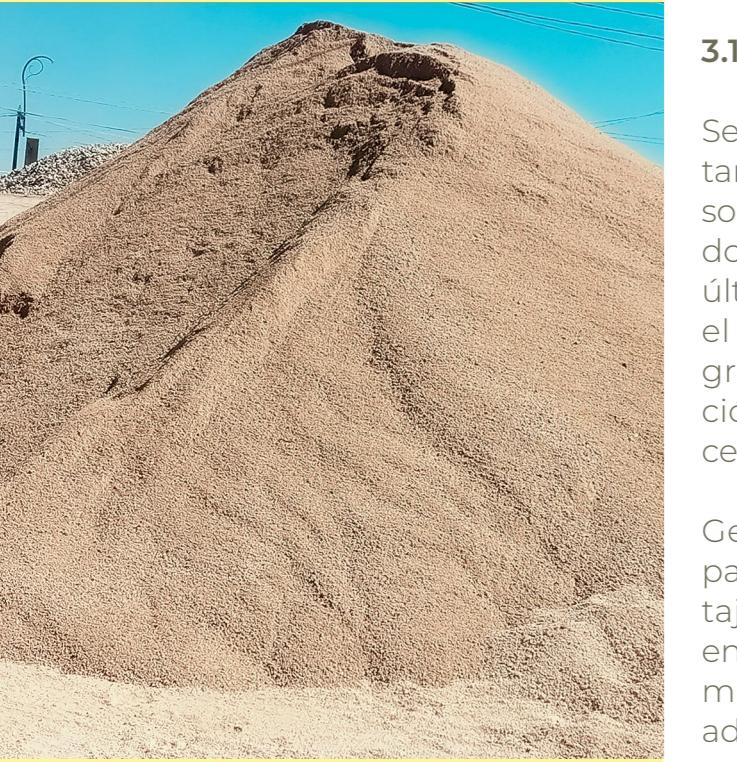


Imagen 28: Arena  
Fuente: Google

### 3.1.1.2. ARENA

Se le llama arena al árido que pasa por un tamiz de 4 mm de luz de malla; árido grueso es el que resulta retenido por mencionado tamiz, es decir que es muy grueso. Por último, el árido total o simplemente árido el que se compone de proporciones de grava y arena adecuadas para la elaboración del hormigón en el caso que sea necesario (Moreno, 2013).

Generalmente la arena que se adquiere para la construcción contiene un porcentaje de agua, lo que representa humedad en el material, por lo que se recomienda almacenarla en un lugar cubierto para que adquiera humedad. El aumento de la can-

tidad de agua propicia un incremento del volumen y por ende una mayor cantidad de agua en la mezcla (Moreno, 2013).

La recomendación del ACI para hormigones de alta resistencia (uso portante), que el módulo de finura de la arena se encuentre dentro del rango de 2.50 - 3.20, ya que si llegase a tener menos de 2.50, la mezcla puede ser pegajosa, y no tener la trabajabilidad esperada y podría necesitar mayor cantidad de agua que la dosificada.

## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

#### 3.1.1.2. ARENA

##### 3.1.1.2.1. Ensayo de humedad para Agregado fino o arena, norma INEN 862

###### Objetivo

En la norma INEN 862 podemos encontrar un método de ensayo para encontrar el porcentaje de humedad en la arena, el mismo que es evaporable por secado en una muestra de áridos, tanto los porcentajes de la humedad superficial, como la del porcentaje de humedad retenida en los poros de los áridos (NTE INEN 862, 2011).

###### Alcance

Por lo general en los áridos se puede encontrar que su porcentaje de humedad puede ser de agua combinada químicamente con los minerales que contiene el árido como tal. Este porcentaje de agua no es evaporable y no se incluirá en el porcentaje a determinar en este ensayo (NTE INEN 862, 2011).

Este ensayo no determina las variaciones que puedan presentarse en el depósito. En los casos en que el árido se almacena por calor, o cuando se requiera una medición más minuciosa, el ensayo debe realizarse utilizando un horno ventilado de temperatura controlada (NTE INEN 862, 2011).

Las partículas de gran tamaño (árido grueso), aquellas mayores de 50 mm, pueden necesitar mayor tiempo para que la humedad interna pase a la superficie. Se debe considerar si el método deseado es rápido o no dada la suficiente precisión para el uso que se va a dar a la arena, cuando se secan las partículas de gran tamaño (NTE INEN 862, 2011).

## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

#### 3.1.1.2. ARENA

##### 3.1.1.2.1 Ensayo de humedad para Agregado fino o arena, norma INEN 862

###### Materiales

- Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantener en  $1100 \pm 50$  C.
- Balanzas con capacidades superiores a 20 kg y 2000 gr y precisión de 1gr y 0.1 gr.
- Recipientes y bandejas metálicas.
- Arena.

###### Procedimiento

Previo al ensayo de humedad se realizó el ensayo de pureza de la arena, para esto se colocó en una probeta 400ml de agua y arena, de tal manera que cada parte sea la mitad del total, además se colocó hidróxido de sodio en una proporción del 3% con respecto al agua, se dejó reposar durante un día para evaluar la pureza de la arena. Como resultado se obtuvo agua transparente, es decir que la arena era válida para realizar los demás ensayos.

- A. Pesamos 6000 gramos de arena en la balanza;
- B. Calculamos el peso de 1 recipiente metálico;
- C. Colocamos 600 gramos de arena en un recipiente;
- D. Pesamos nuevamente los recipientes con la arena en su interior;
- E. Ubicamos los envases con el material dentro del horno a una temperatura inferior a  $60^{\circ}$  C durante una hora;
- F. Sacamos los envases del horno y dejamos enfriar por 15 minutos;
- G. Pesamos nuevamente los recipientes;
- H. Realizamos los cálculos correspondientes para analizar la variación de los pesos de la arena húmeda a seca.

###### Cálculos para determinar la humedad de la arena

$$H = (\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}) / (\text{Peso seco}) * 100$$

$$H = (600 - 532) / 532 * 100$$

$$H = 12,78\%$$



## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

#### 3.1.1.2. ARENA

##### 3.1.1.2.2 Ensayo de granulometría para Agregado fino o arena, norma INEN 696

###### Objetivo

La norma establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado (INEN-696, 2011).

###### Alcance

Este método de ensayo se usa principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos. Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para esti-

mar la porosidad y el arreglo de las partículas (INEN-696, 2011).

En la norma INEN se incluyen instrucciones para el análisis granulométrico de áridos que contienen mezclas de fracciones finas y gruesas.

###### Materiales

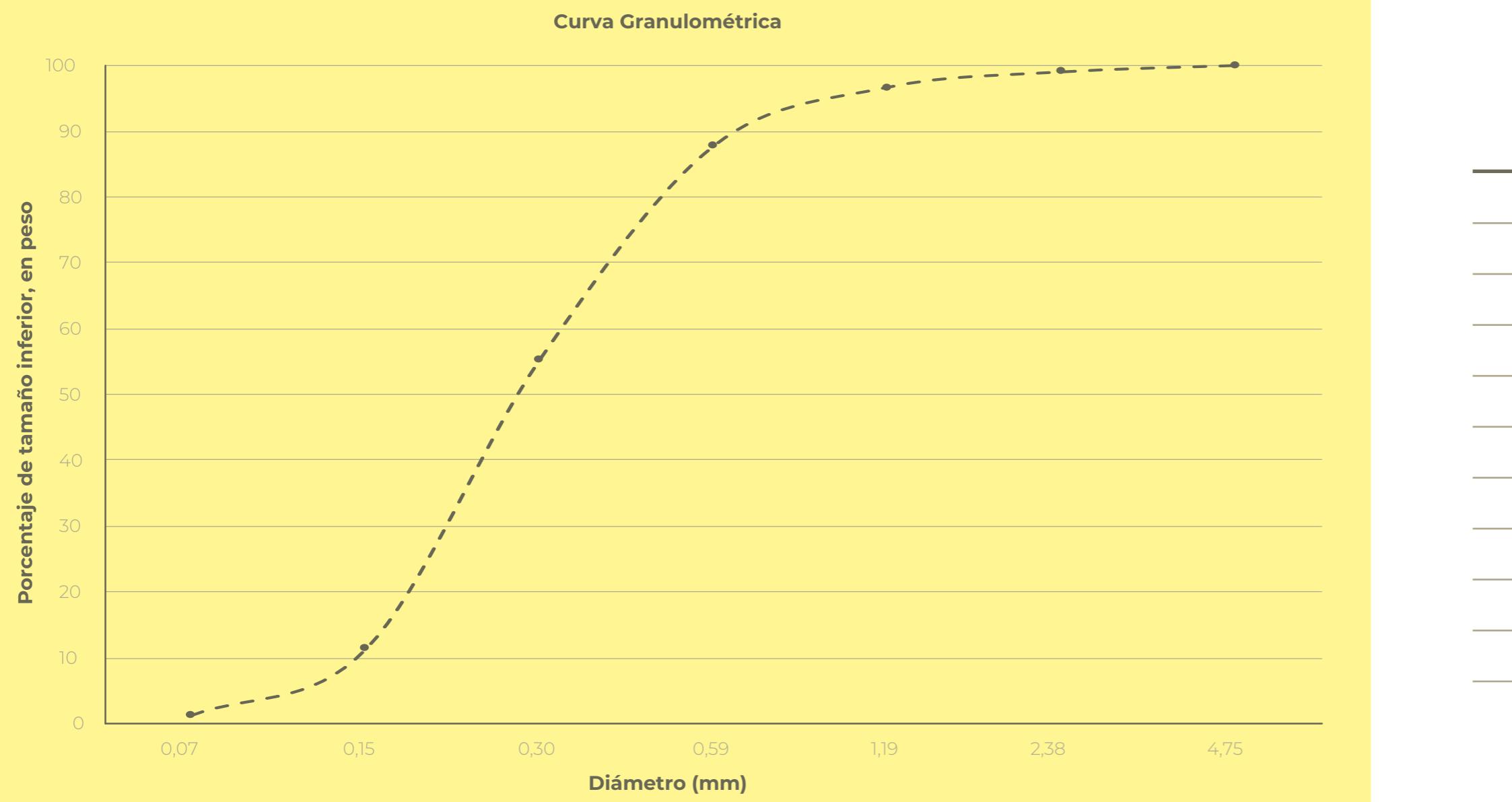
- Juego de tamices (4, 8, 16, 30, 50, 100, 200);
- Balanzas con capacidades superiores a 20 kg y 2000 gr y precisión de 1gr y 0.1 gr;
- Vibrador mecánico;
- Arena;
- Bandeja metálica, recipientes plásticos y escobilla o cepillo de acero.

###### Procedimiento

- A. Tomamos una muestra de 700 gramos de arena seca;
- B. Pesamos cada tamiz y registramos sus pesos;
- C. Se colocan los tamices por orden de malla, de manera que la que tenga una abertura mayor quede hasta arriba y la de menor abertura hasta el fondo, antes del plato que retendrá la porción más fina;
- D. Colocamos la arena en el tamiz número 4;
- E. Colocamos el juego de tamices en el vibrador mecánico durante 5 minutos;
- F. Pesamos la arena de cada tamiz;
- G. Registrados los valores.



Imagen 30: Granulometría de la arena a usar en el hormigón con fibra de bagazo de caña de azúcar.



**Tabla 02:** Curva granulométrica de la arena  
**Fuente:** Elaboración propia

Caldas | Galarza

### 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

#### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

##### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ #	ABERTURA MM	PESO RETENIDO GR	P. RET. ACUM. GR	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% PASA
N° 4	4,75	6,8	6,8	0,010	0,010	99,03
N° 8	2,38	16,4	23,2	0,023	0,03	96,69
N° 16	1,19	62,4	85,6	0,089	0,12	87,77
N° 30	0,59	227,2	312,8	0,325	0,45	55,31
N° 50	0,30	307,9	620,7	0,440	0,89	11,33
N° 100	0,15	70,4	691,1	0,101	0,99	1,27
N° 200	0,07	5,4	696,5	0,008	-	0,50
<b>FONDO</b>		3,5	700	0,005		
<b>TOTAL</b>		700		1	<b>2,46</b>	<b>MOD. FINURA</b>

**Tabla 01:** Análisis granulométrico de la arena usada en el hormigón con fibra de bagazo  
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

#### 3.1.1.3. AGUA

Es el líquido con mayor abundancia en el planeta, está compuesto por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno. El agua es el componente del concreto que al momento de que se mezcla con el cemento, proporciona propiedades de fraguado y endurecimiento (Concreto, 2020).

#### 3.1.1.4. AGREGADO

El agregado grueso es el material que ocupa mayor volumen en la mezcla de hormigón, alrededor del 75%, por lo tanto, se debe seleccionar y dosificar con especial cuidado, en el caso de cometer errores en su proporción termina afectando la resistencia y las propiedades del hormigón.

Por lo anterior, el árido grueso debe ser seleccionado cuidadosamente, limpio, duro y

libre de recubrimientos en la superficie, en lo posible no debe superar el 1.5% de materia orgánica, ni arcillas superiores al 5%. La evaluación de las propiedades de los agregados es muy importante ya que influye directamente en la resistencia del hormigón. Según el ACI 211 4R-98, el agregado grueso de menor tamaño ( $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{8}$  de pulgada) tiene mayor dureza, resistencia y se recomienda emplear en hormigones mayores a 9000 PSI (62 MPa).

#### Agregado grueso : Ripio

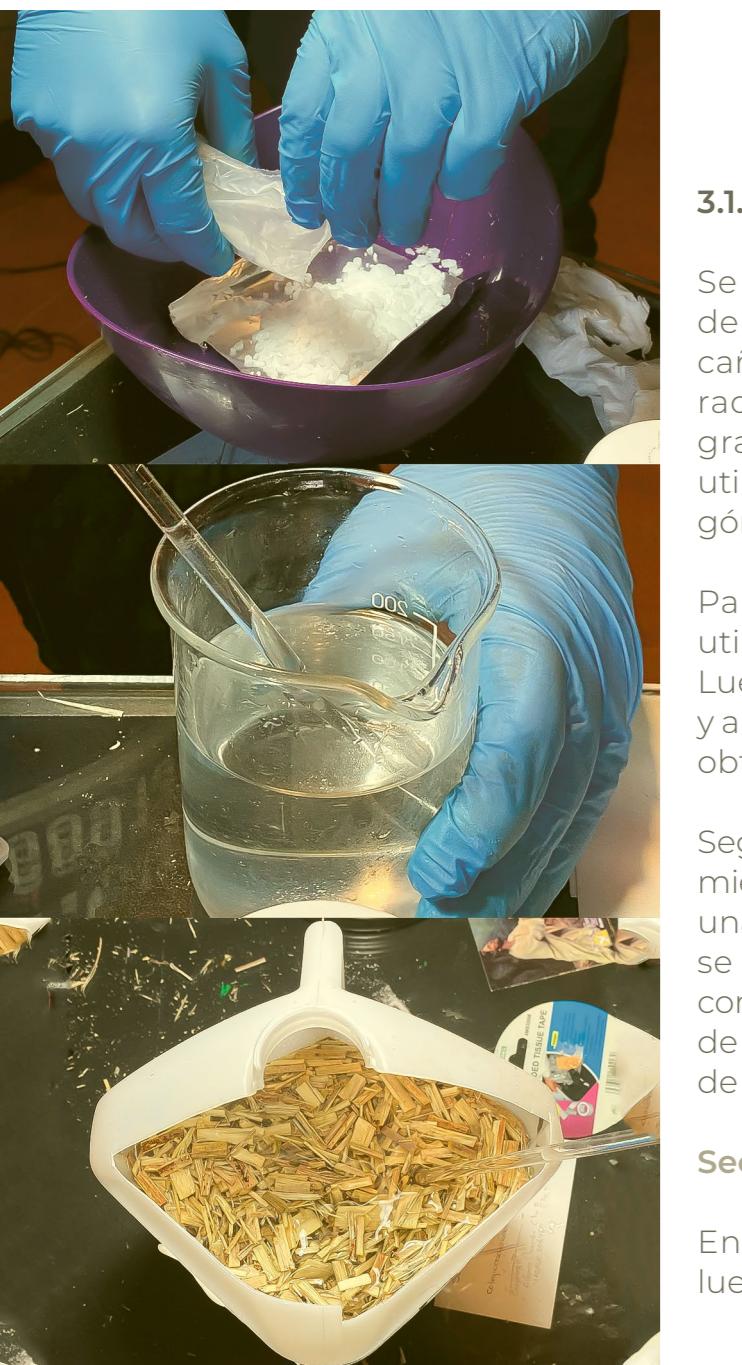
Para el caso del ripio no se procedió con un tipo de tratamiento especial. Por el contrario, llevamos a cabo una limpieza con agua, para eliminar la arena contenida e impurezas que adquiere el material por el almacenamiento, rodamiento y transporte. Así mismo, el material fue ubicado a la intemperie, pero cubierto por la lluvia, con el fin de conseguir que el mismo se encuentre

seco y no afecte el contenido de agua con nuestra dosificación.

Por otro lado, los espesores de los paneles y las muestras requeridas para nuestra investigación fue necesario realizar un tamizado del material con una malla de abertura indicada de 19,4mm (INEN) o  $\frac{3}{4}$  pulg (ASTM), indicada en el Apéndice y de la norma INEN 154.



Imagen 3: Agregado grueso (ripio) usado en el hormigón con fibra. Fuente: Catarpa propia



### 3.1.1.5. FIBRA DE BAGAZO

Se considera al bagazo como el residuo de materia que queda luego de que a la caña de azúcar se le extrae el jugo azucarado o guarapo. Esos restos poseen una gran cantidad de fibras que pueden ser utilizadas como fibro-refuerzo en el hormigón (UNL/DICYT, 2017).

Para el presente trabajo de titulación, se utilizó bagazo de nuestra zona de estudio. Luego de pasar por un proceso de secado y almacenaje, se retiró todo el almidón para obtener únicamente la fibra de la cáscara.

Según el texto de (Juárez et al., 2003) recomienda que las fibras naturales deben tener una longitud entre 20 y 30 mm, por lo que se cumplió con estas especificaciones al cortar nuestra fibra, ya que al ser más grande podría ser perjudicial para los resultados de resistencia del hormigón propuesto.

### Secado de la fibra de bagazo

En principio, el bagazo es denominado luego de ser extraído el jugo de la caña de

azúcar. Por consiguiente, el material todavía contiene humedad y es necesario eliminarlo. Por lo que, se mantuvo el bagazo a la intemperie cubierto por la lluvia para conseguir su secado naturalmente.

### Obtención de almidón y corte de fibra

Previo al retiro del almidón, el bagazo debe encontrarse en estado seco. El almidón que aún se encuentra impregnado en el bagazo es eliminado manualmente, ya que para el propósito de fibro-refuerzo, su aporte es despreciable. Por ende, obtenemos solamente la fibra que según el texto de (Espinoza, 2015) las características morfológicas y las propiedades físico - mecánicas del bagazo de caña de azúcar, lo encasillan como un material apto para ser usado como Fibro-refuerzo. Adicionalmente, la longitud óptima para que las fibras de bagazo puedan ser manipuladas y aprovechadas, es de 26 mm según el texto mencionado anteriormente, que realizó ensayos e investigaciones con la pasta de cemento y distintas fibras naturales.

## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.1.

### MATERIALES Y TRATAMIENTOS

#### Inmunización de la fibra del bagazo ante el ataque biótico.

Una vez cortadas las fibras en una longitud óptima se utilizan preservantes hidrosolubles, que son sales disueltas en agua.

De esta manera se eliminarán todos los agentes bióticos que puedan estar contenidas en las fibras.

Debido a la falta de estudios sobre la inmunización de las fibras de bagazo de la caña de azúcar, se recurrió al texto de (Salazar

Contreras & Díaz, 1997) titulado "Inmunización de la Guadua" en el cual explican un proceso en el cual se eliminan todos los seres bióticos de las fibras naturales.

De la misma manera, para nuestro caso se realizó una solución de 6 litros, que contiene la relación de inmunización mencionada anteriormente correspondiente: 60g de bórax, 60g de ácido bórico, 30g de dicromato de sodio y 5,85 litros de agua destilada. Finalmente, se procede a sumergir las fibras en la solución por un lapso de 48 horas. Al haber transcurrido este tiempo, las fibras fueron retiradas y nuevamente sumergidas en agua destilada para eliminar el exceso de las sales retentidas.

#### PRESERVANTE HIDROSOLUBLE : RELACIÓN 1:1:0,5

LITROS DE SOLUCIÓN (KG)	100	6
PARTES DE BORAX (KG)	1	0,6
PARTES DE ÁCIDO BÓRICO (KG)	1	0,6
PARTES DE DICROMATO DE SODIO (KG)	0,5	0,3
AGUA DESTILADA (KG)	97,5	5,5
TIEMPO DE INMERSIÓN	48 Horas	48 Horas

Tabla 3: Preservante hidrosoluble  
Fuente: Elaboración propia

## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.1. MATERIALES Y TRATAMIENTOS

#### 3.1.1.5. FIBRA DE BAGAZO

##### Inmunización de la fibra del bagazo ante el ataque alcalino del cemento.

La alcalinidad contenida en el cemento conduce a problemas de durabilidad y flexibilidad en las fibras. Esto eventualmente causará una reducción en la resistencia y tenacidad de la fibra si estas fibras no fueron tratadas para resistir el ataque alcalino que el cemento contenido en el hormigón proporcionará.

En consecuencia, se realizó una solución como la que usa (Hidalgo, 2007) en su tra-

bajo de titulación en el cual maneja fibras naturales. La solución se la realiza con hidróxido de sodio que tiene como objetivo eliminar las capas límite débiles, cuya labor es proteger la fibra pero que en realidad no resisten al entorno alcalino del cemento, y generan otras capas delgadas que resistirán el efecto del ataque de los álcalis.

El tratamiento alcalino trata de sumergir las fibras durante 24 horas en una concentración de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 4%, que dará como resultado la menor posible disminución en la resistencia

a la tracción y por lo tanto produce la mayor resistencia a la tracción con la rugosidad que necesita (Hidalgo-Cordero, 2007).

Para nuestro trabajo de titulación requerimos una solución de 6 litros, con la concentración indicada anteriormente del 4%, lo que representa que corresponde 240 g de NaOH y 5,76 kg de agua destilada. Luego de esto, las fibras fueron inmersas en la solución por un lapso de 24 horas. Posteriormente, las fibras fueron retiradas y nuevamente sumergidas en agua destilada para eliminar el exceso de NaOH.

##### TRATAMIENTO ALCALINO : CONCENTRACIÓN 4%

LITROS DE SOLUCIÓN (KG)	1	6
PARTES DE NAOH (KG)	0,04	0,24
AGUA DESTILADA (KG)	0,96	5,76
TIEMPO DE INMERSIÓN	24 Horas	24 Horas

Tabla 04: Dosificación del tratamiento alcalino para las fibras de bagazo

Fuente: Elaboración propia

Caldas | Galarza

#### 3.1.1.6. ADITIVO PLASTOCRETE 161 HE

El aditivo utilizado en el hormigón es el Plastocrete 161 HE, que es un aditivo líquido. Diseñado para cumplir la norma ASTM C-494 Tipo E. Aditivo químico reductor de agua, pero su uso se basó principalmente en su capacidad para acelerar de resistencias. No es inflamable, por lo que no representa un peligro para las fibras naturales (SIKA, 2021).

##### Ventajas

- Incrementa conjuntamente la resistencia inicial y final del hormigón;
- Permite un rápido desencofrado;
- Mayor utilización de encofrados;
- Rápida obtención de resistencias en lugares fríos;

- Aumentar la manejabilidad de la mezcla y acelerar resistencia;
- Disminuir el contenido de cemento, al reducir el agua de la mezcla, y mantener la relación A/C.

- Permite la optimización de las obras

##### En la dosificación

- La dosificación varía de 0,2% a 1,25% del peso del cemento.

##### Modo de empleo

- Agregar la cantidad deseada, manualmente o por medio de un dosificador automático, al agua de la mezcla.

##### ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO

% FIBRA	ADITIVO(KG)	CEMENTO(KG)	DÍAS
4	0,14	200	7
1,5	0,09	6,87	7
2,5	0,09	4,73	7

Tabla 05: Dosificación del aditivo acelerante de fraguado

Fuente: Elaboración propia

Caldas | Galarza

### 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

#### 3.1.2. DOSIFICACIÓN

En la dosificación es importante las proporciones de los elementos que la conforman como el cemento, agregado fino, agregado grueso (ripio y bagazo) y agua, para conseguir la resistencia y durabilidad requerida en los paneles aglomerados de hormigón propuestos.

Se creó una mezcla conjuntamente con el asesor del trabajo de titulación, Ing. Juan Solá Quintuña, con el cual se revisaron dosificaciones realizadas con hormigones con fibra de caña (Espinoza, 2015) que nos servirán para el hormigón que se está realizando. Con el fin de obtener la mejor dosificación

con la fibra del bagazo. Asimismo, se obtuvieron las indicaciones para el manejo a la hora del mezclado, vaciado y desmoldado, además de una resistencia óptima.

Para la elaboración de paneles, muestras y cilindros. Se realizaron dos dosificaciones, al 1,5% y 2,5% de cantidad de fibra natural que servirá de fibro-refuerzo. Para el cálculo se adicionó la fibra al hormigón como parte de la cantidad de agregado grueso, se mantuvo una relación en las mezclas de 1:1,8:2:0,06 y 1:1,85:2,05:0,10 (cemento, arena, ripio y fibra) respectivamente.

Para las mezclas con 1,5% y 2,5% de fibra se manejó una relación Agua/Cemento (a/c) de 0,5 y 0,47 respectivamente. También, con el objetivo de disminuir tiempos, en la

mezcla agregamos un aditivo acelerante de fraguado para 7 días. Las proporciones descritas en las especificaciones del aditivo indica que se necesita 4 kg de aditivo en 200 kg de cemento.

En las siguientes tablas describimos detalladamente las cantidades de materiales con los diferentes porcentajes de fibra de bagazo necesarios para la elaboración de los paneles, muestras y probetas requeridas para nuestra investigación. Cabe recalcar que tomamos el dato de la absorción de humedad del bagazo que es de 78,5 % descrita en el texto de (Espinoza, 2015) según en sus investigaciones.

#### PESO CON LOS MATERIALES SECOS

	% FIBRA	RELACIÓN	KG/CM3	M3	CEMENTO (KG)	ARENA (KG)	GRAVA (KG)	FIBRA (KG)	AGUA (L)
<b>CEMENTO:ARENA:GRAVA:FIBRA</b>	2,5	1:1,85:2,05:0,10	120	0,012	4,73	3,89	9,92	0,48	2,25
<b>CEMENTO:ARENA:GRAVA:FIBRA</b>	1,5	1:1,8:2:0,06	120	0,017	6,87	2,97	14,38	0,42	3,44

Tabla 6: Peso de los materiales secos  
Fuente: Elaboración propia

#### PESO CON MATERIALES HUMEDOS

	% FIBRA	RELACIÓN	KG/CM3	M3	CEMENTO (KG)	ARENA+HUMEDAD (KG)	GRAVA (KG)	FIBRA+HUMEDAD (KG)	AGUA (L)	
<b>CEMENTO:ARENA:GRAVA:FIBRA</b>	2,5	1:1,85:2,05:0,10	120	0,012	4,73	10,13	9,92	0,86	0,73	
<b>CEMENTO:ARENA:GRAVA:FIBRA</b>	1,5	1:1,8:2:0,06	120	0,017	6,87	4,63	14,38	0,75	1,45	
				Total	0,029	11,60	24,76	24,30	1,6	2,8

Tabla 7: Peso de los materiales con contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia

## 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

### 3.1.3. COFRES Y PROBETAS

Se define como encofrado, como las construcciones auxiliares de geometría cambiante y de diferente material según sea necesario, destinado a servir de molde para la elaboración de un elemento constructivo de hormigón, por lo general cumplen con las siguientes características: (Albán & Utreras, 2020).

- Forma;
- Resistencia;
- Inmovilidad;
- Rígidez;
- Adherencia.

Para realizar el ensayo de conductividad térmica se consultó previamente al Instituto Nacional de Eficiencia Energética (INER) las dimensiones adecuadas de las muestras a ensayar, por lo que se siguieron las medidas estandarizadas en el manual del "Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética", en el cual nos especifica lo siguiente:

"Para materiales aislantes, las medidas óptimas son 500mm de ancho y 500mm de longitud, con espesor mínimo de 12mm

#### 3.1.3.1. PROBETAS PARA PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

Para realizar el ensayo de conductividad térmica se consultó previamente al Instituto Nacional de Eficiencia Energética (INER) las dimensiones adecuadas de las muestras a ensayar, por lo que se siguieron las medidas estandarizadas en el manual del "Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética", en el cual nos especifica lo siguiente:

En relación al tamaño y forma, la muestra deberá ser un bloque sólido y tener una geometría en forma de paralelepípedo regular, tal como se muestra a continuación:

"Para materiales aislantes, las medidas óptimas son 500mm de ancho y 500mm de longitud, con espesor mínimo de 12mm

hasta 100mm. Es posible entregar otras medidas bajo consulta previa. Para materiales no aislantes, las medidas óptimas son 150mm de ancho y 150mm de longitud. El espesor mínimo debe ser calculado de acuerdo con el tipo de material, entre 12mm y 100mm. El espesor será determinado bajo consulta previa" (Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética, 2020).

Luego de analizar las especificaciones técnicas y dimensionales para la elaboración de las muestras, tanto las del ensayo de conductividad como las de compresión. Se procede a realizar los respectivos cofres.

#### Materiales para elaboración de los cofres:

- A. Probetas de 15 cm de ancho por 15 cm de altura y por 3.5 cm de espesor;
  - B. Placa de Hormigón de 30 cm de ancho por 60 cm de altura y por 3.5 cm de espesor;
- Madera;
  - Tornillos de 1 pulg;
  - Plancha de MDF / 45x85x1,5 cm;
  - Tiras de madera;
  - Plástico impermeabilizante;
  - Silicona, para el cuidado de las aristas.

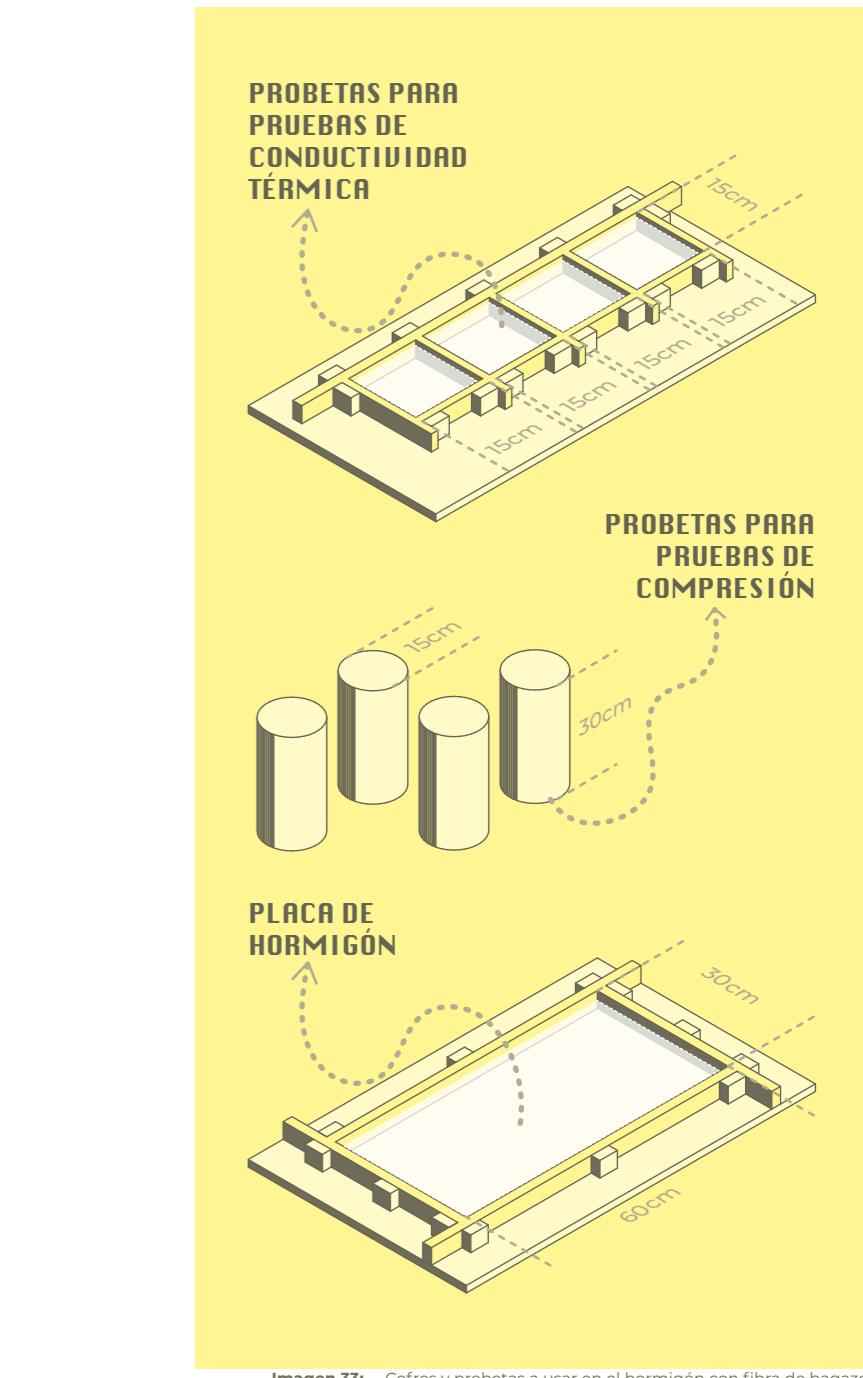


Imagen 3: Cofres y probetas para el hormigón con fibra de bagazo de caña de azúcar elaborado por la autoría propia

### 3.1. ELABORACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

#### 3.1.3. COFRES Y PROBETAS

##### 3.1.3.2. PROBETAS PARA PRUEBAS DE COMPRESIÓN.

Para realizar los ensayos a compresión se realizarán probetas con las especificaciones requeridas en la norma ACI\_318\_08, capítulo 5, numeral 5.3.3.2, literal (d). (ACI, 2008).

“Para cada mezcla de prueba deben fabricarse y curarse al menos dos probetas cilíndricas de 150 por 300 mm o tres probetas de 100 por 200 mm de acuerdo con la ASTM C192M. Las probetas deben ensayarse a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para  $f_c'$  (ACI, 2008)”.

Por lo investigado se procederá con las probetas de 15 cm de ancho por 15 cm de altura y por 3.5 cm de espesor.

#### HORMIGÓN DE 1,5% FIBRA

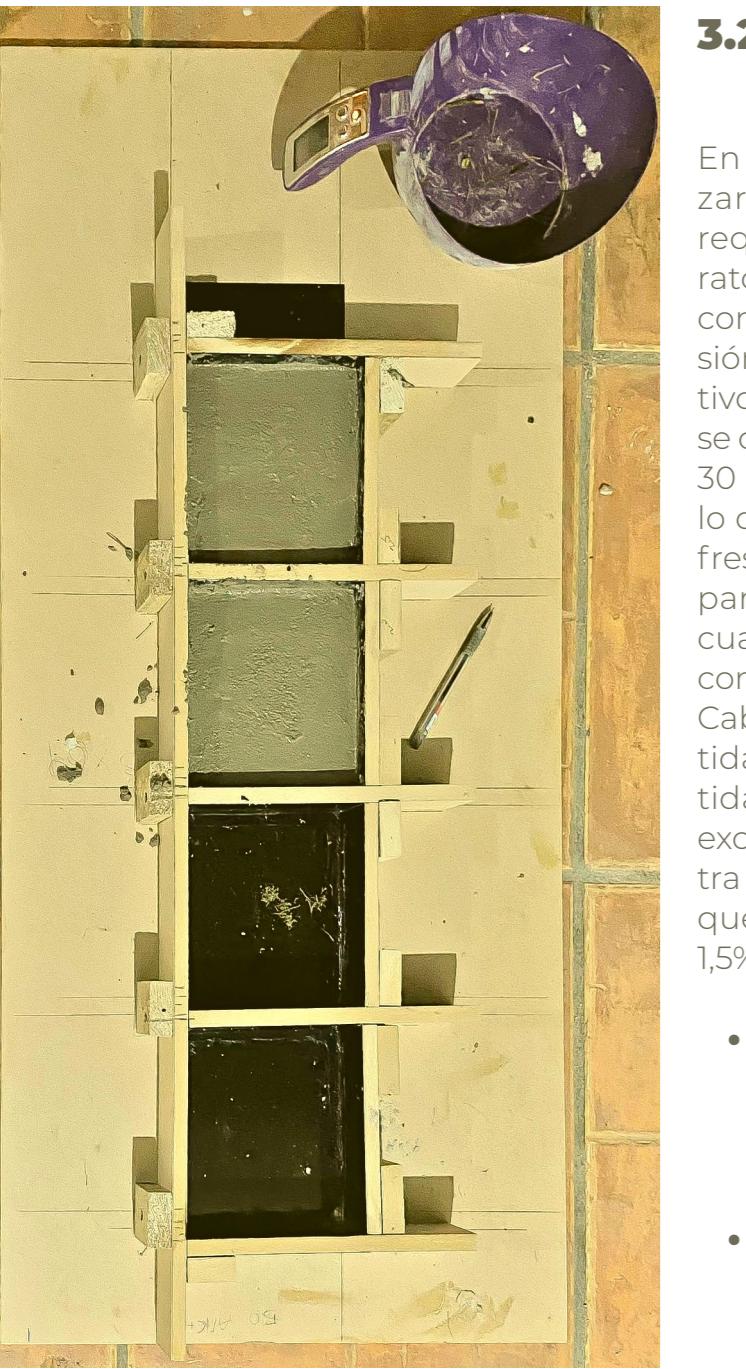
	PROBETAS CILÍNDRICAS	MUESTRAS INER	PANELES REQUERIMIENTO
<b>CANTIDAD</b>	2	2	1
<b>LARGO (M)</b>	0,15	0,15	0,6
<b>ANCHO (M)</b>	0,15	0,15	0,3
<b>ESPESOR (M)</b>	0,3	0,035	0,035
<b>VOLUMEN M<sup>3</sup></b>	0,011	0,001	0,005
<b>VOLUMEN TOTAL</b>			0,07

Tabla 08: Definición para hormigón con 1,5% de fibra de bagazo de caña de azúcar elaborado propia

#### HORMIGÓN DE 2,5% FIBRA

	PROBETAS CILÍNDRICAS	MUESTRAS INER	PANELES REQUERIMIENTO
<b>CANTIDAD</b>	2	2	-
<b>LARGO (M)</b>	0,15	0,15	-
<b>ANCHO (M)</b>	0,15	0,15	-
<b>ESPESOR (M)</b>	0,3	0,03	-
<b>VOLUMEN M<sup>3</sup></b>	0,011	0,001	-
<b>VOLUMEN TOTAL</b>			0,02

Tabla 09: Definición para hormigón con 2,5% de fibra de bagazo de caña de azúcar elaborado propia



### 3.2. FUNDICIÓN

En esta etapa, los diversos cofres se realizaron con anterioridad para cumplir los requerimientos para las pruebas de laboratorio, tanto las del calor específico (INER) como las de pruebas mecánicas (compresión) las cuales son parte de nuestros objetivos de la investigación. En consecuencia, se construyó un cofre de 60 cm de largo por 30 cm de ancho para presentar un módulo de prefabricación adaptable, cuatro cofres de 15 cm de ancho por 15 cm de largo para ensayos de conductividad térmica y cuatro probetas cilíndricas para ensayos a compresión de las muestras de hormigón. Cabe recalcar que se realizó la misma cantidad de muestras tanto para 1,5% de cantidad de fibra de bagazo como para 2,5%; exceptuando el primero que es para muestra de módulo de prefabricación adaptable que solo se efectuó con la dosificación de 1,5% de fibra de bagazo.

- En principio, antes de la fundición untamos con aceite quemado el molde de los cilindros para un fácil desencofrado. Por otro lado, el resto de cofres fueron humedecidos con agua.
- Según la dosificación para cada porcentaje de fibra obtuvimos los pesos correspondientes de todos los materiales.

Imagen 34: Fundición de placas de hormigón de 15x15x3,5cm  
Fuente: Captura propia

- Por la cantidad de material elaborado fue necesario utilizar una mezcladora mecánica, ya que proporciona un mayor grado de eficiencia en la producción del mismo.
- Se procedió a mezclar el agregado fino (arena) con el cemento obteniendo un color uniforme.
- Se colocó inicialmente el agregado grueso (ripió y bagazo) con una pequeña cantidad de agua, luego de esto, se colocó el agregado fino, mezclado anteriormente con cemento, el agua restante y el aditivo.
- Una vez obtenida la mezcla homogénea procedemos a verter en cada uno de los cofres.

La fase de fundición se puso en obra en dos procesos, que básicamente poseen la misma metodología. El primer proceso fue realizado todo el procedimiento descrito anteriormente con la dosificación de 1,5% de fibra de bagazo y para la dosificación de 2,5% de fibra de bagazo se repitió todo el proceso para poder obtener resultados más exactos entre las diferencias de las dos dosificaciones.

### 3.3. DESENCOFRADO

Las muestras preparadas permanecieron en reposo 72 horas desde su vertido en las probetas y cofres, luego de eso se desencofró e inmediatamente después las muestras fueron sometidas a un proceso de curado en tanques de agua durante 4 días.



Imagen 35: Fundición de placas de hormigón de 60x30x3,5cm  
Fuente: Captura propia

### 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Posterior a la elaboración del hormigón con fibra de bagazo y de acuerdo a la metodología seguida, es importante y obligatorio medir las condiciones en las que se encuentra el hormigón, por lo que en el presente trabajo de titulación se realizarán los siguientes ensayos:

- Ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, de acuerdo a la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 1573, 2010). Este ensayo se lo realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
- Ensayo para la determinación de la conductividad térmica de acuerdo a las normas ISO 8302, ASTM C177, EN 12664, EN 12667. Ensayo realizado en el Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética (LABET) del Instituto de investigación Geológica y Térmica mediante un Medidor de conductividad térmica de placa caliente.



Imagen 37: Placa al 2,5% de contenido de fibra de bagazo  
Fuente: Captura propia

Imagen 38: Probeta de hormigón al 2,5% de contenido de fibra de bagazo  
Fuente: Captura propia

Imagen 39: Probeta de hormigón al 2,5% de contenido de fibra de bagazo  
Fuente: Captura propia

## 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.4.1. ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

En el presente ensayo se siguió la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1573, 2010 para evaluar hormigones de cemento hidráulico, misma que requiere especímenes cilíndricos de 300x150 mm, respectivamente curados de hormigón. Dichas especificaciones fueron cumplidas a cabalidad, por lo que para el ensayo se evaluarán cuatro probetas, dos al 1.5% de fibra y dos al 2.5% de fibra.

#### 3.4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO (INEN 1573, 2010)

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

#### 3.4.1.2. ALCANCE

Los resultados de este método de ensayo se utilizan como base para:

- Control de calidad de la dosificación del hormigón.
- Operaciones de mezclado y colocación.

Determinación del cumplimiento con las especificaciones, control para evaluación de la efectividad de aditivos y usos similares.

#### 3.4.1.3. MÉTODO DE ENSAYO

Este siguiente ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a las muestras de cilindros de hormigón de cemento hidráulico con una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que el espécimen frace. La resistencia a fuerza de compresión de una muestra se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen (NTE INEN 1573, 2010).

#### Equipos

- Prensa Hidráulica.
- Bases de neopreno.

#### 3.4.1.4. PROCEDIMIENTO

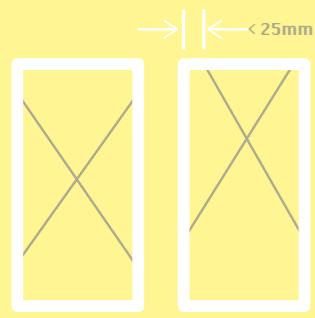
Se requiere realizar los ensayos de compresión de cilindros curados en húmedo, lo más pronto luego de retirarlos de la humedad (NTE INEN 1573, 2010).

Las muestras de hormigón con fibra de bagazo deben ser ensayadas en condición húmeda. Se requiere que los cilindros se mantengan húmedos utilizando cualquier método conveniente durante el tiempo comprendido entre la remoción del almacenamiento húmedo y el ensayo (NTE INEN 1573, 2010).

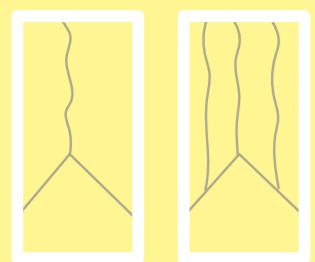
Todas las muestras de ensayo para una edad de ensayo establecida, deben romperse dentro de los parámetros de tiempo admisibles, señaladas a continuación:



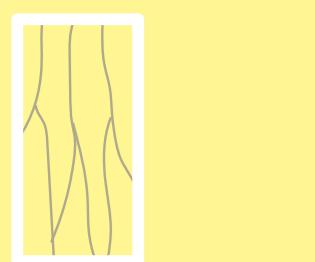
Imagen 40: Probeta de hormigón con fibra en prensa hidráulica  
Fuente: Catura propia

**ESQUEMA DE LOS MODELOS TÍPICOS DE FRACTURA**

**TIPO 1**  
Conos en ambos extremos razonablemente bien formados, fisuras a través de la cabecera menor a 25mm.



**TIPO 2**  
Cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales que recorren a través de la cabecera, cono no muy definido en el extremo.



**TIPO 3**  
Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos.

## 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.4.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

#### 3.4.1.5. COLOCACIÓN DEL ESPÉCIMEN.

Colocar el bloque de carga plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente bajo del bloque de carga esférico (superior). Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo y colocar el espécimen de ensayo sobre el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de carga del bloque de carga esférico (NTE INEN 1573, 2010).

#### 3.4.1.6. VERIFICACIÓN DEL AJUSTE A CERO Y ASENTAMIENTO DEL BLOQUE.

Antes de ensayar al cilindro, se debe verificar que el indicador de carga esté en cero. En los casos en los que el indicador no está correctamente situado en cero, se debe ajustar el indicador antes de comenzar. Puesto que se lleva el bloque de carga esférico hasta apoyar sobre el espécimen, girar con la mano y suavemente su parte móvil de tal modo de obtener un asentamiento uniforme (NTE INEN 1573, 2010).

#### 3.4.1.7. VELOCIDAD DE CARGA.

Aplicar la carga continuamente y sin impacto. La carga debe ser aplicada a una velocidad de movimiento (medida desde la platina a la cruceta) correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s. Se debe mantener la velocidad de movimiento señalada al menos durante la última mitad de la fase de la carga esperada.

No se debe hacer ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruceta) cuando la carga última está siendo alcanzada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fisuración en el espécimen.

**ESQUEMA DE LOS MODELOS TÍPICOS DE FRACTURA**

**TIPO 4**  
Fractura diagonal, si fisuras a través de los bordes; golpear con un martillo para distinguir de tipo 1.



**TIPO 5**  
Fracturas a los bordes en el extremo superior o en el fondo (ocurre comúnmente cuando se ensaya con neoprenos).



**TIPO 6**  
Similar tipo 5, pero el extremo del cilindro está en punta.

## 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.4.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

#### 3.4.1.9. INFORME DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

##### Muestra 1

- **Laboratorio:** Laboratorio de suelos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
- **Fecha del ensayo:** 27 de mayo del 2021
- **Código:** PROB\_01 (1.5% fibra)
- **Diámetro(mm):** 150 mm
- **Área de la sección transversal (mm<sup>2</sup>):** 17600 mm<sup>2</sup>
- **Carga máxima:** 9528.6 kgf
- **Carga máxima (kN):** 93.443 kN
- **Resistencia a la compresión (aprox. 0,1 Mpa):** 53.9 kgf/cm<sup>2</sup>
- **Tipo de fractura:** Tipo 6
- **Defecto en el espécimen:** Posible eficacia nula del aditivo debido a los químicos contenidos en la fibra.
- **Edad del espécimen:** 7 días
- **Densidad del espécimen:**  $9,93 \text{ kg} / 0,0053 \text{ m}^3 = 1879,24 \text{ kg/m}^3$
- **Observaciones:** Las probetas fueron transportadas del lugar de curado hacia el laboratorio, con una envoltura de espuma flex y esponja, en cajas de cartón prensado.



Imagen 43: Probeta de hormigón luego del fracaso a fuerzas de compresión  
Fuente: Captura propia

##### Muestra 2

- **Laboratorio:** Laboratorio de suelos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
- **Fecha del ensayo:** 27 de mayo del 2021
- **Código:** PROB\_02 (1.5% fibra)
- **Diámetro(mm):** 150 mm
- **Área de la sección transversal (mm<sup>2</sup>):** 17600 mm<sup>2</sup>
- **Carga máxima:** 10301.4 kgf
- **Carga máxima (kN):** 101.02 kN
- **Resistencia a la compresión (aprox. 0,1 Mpa):** 58.2 kgf/cm<sup>2</sup>
- **Tipo de fractura:** Tipo 6
- **Defecto en el espécimen:** Posible eficacia nula del aditivo debido a los químicos contenidos en la fibra.
- **Edad del espécimen:** 7 días
- **Densidad del espécimen:**  $10,19 \text{ kg} / 0,0053 \text{ m}^3 = 1924,52 \text{ kg/m}^3$
- **Observaciones:** Las probetas fueron transportadas del lugar de curado hacia el laboratorio, con una envoltura de espuma flex y esponja, en cajas de cartón prensado.

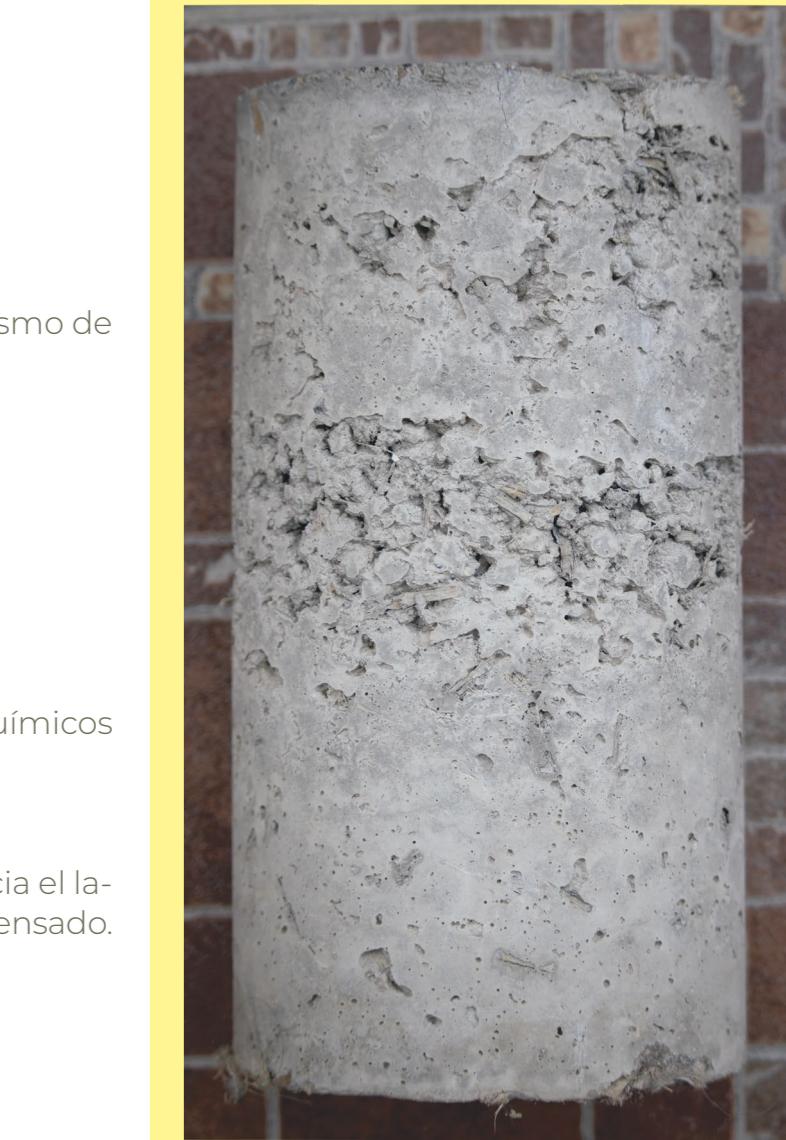


Imagen 44: Probeta de hormigón luego del fracaso a fuerzas de compresión  
Fuente: Captura propia



Imagen 45: Probeta de hormigón luego del fracaso a fuerzas de compresión  
Fuente: Captura propia

## 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.4.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

#### 3.4.1.9. INFORME DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

##### Muestra 3

- **Laboratorio:** Laboratorio de suelos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
- **Fecha del ensayo:** 27 de mayo del 2021
- **Código:** PROB\_03 (2.5% fibra)
- **Diámetro(mm):** 150 mm
- **Área de la sección transversal (mm<sup>2</sup>):** 17600 mm<sup>2</sup>
- **Carga máxima:** 7642.7 kgf
- **Carga máxima (kN):** 74.94 kN
- **Resistencia a la compresión (aprox. 0,1 Mpa):** 43.2 kgf/cm<sup>2</sup>
- **Tipo de fractura:** Tipo 6
- **Defecto en el espécimen:** Posible eficacia nula del aditivo debido a los químicos contenidos en la fibra.
- **Edad del espécimen:** 7 días
- **Densidad del espécimen:**  $9,57 \text{ kg} / 0.0053 \text{ m}^3 = 1807,54 \text{ kg/m}^3$
- **Observaciones:** Las probetas fueron transportadas del lugar de curado hacia el laboratorio, con una envoltura de espuma flex y esponja, en cajas de cartón prensado.

##### Muestra 4

- **Laboratorio:** Laboratorio de suelos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
- **Fecha del ensayo:** 27 de mayo del 2021
- **Código:** PROB\_04 (2.5% fibra)
- **Diámetro(mm):** 150 mm
- **Área de la sección transversal (mm<sup>2</sup>):** 17600 mm<sup>2</sup>
- **Carga máxima:** 10086.7 kgf
- **Carga máxima (kN):** 98.91 kN
- **Resistencia a la compresión (aprox. 0,1 Mpa):** 57 kgf/cm<sup>2</sup>
- **Tipo de fractura:** Tipo 6
- **Defecto en el espécimen:** Posible eficacia nula del aditivo debido a los químicos contenidos en la fibra.
- **Edad del espécimen:** 7 días
- **Densidad del espécimen:**  $9,9 \text{ kg} / 0.0053 \text{ m}^3 = 1868,81 \text{ kg/m}^3$
- **Observaciones:** Las probetas fueron transportadas del lugar de curado hacia el laboratorio, con una envoltura de espuma flex y esponja, en cajas de cartón prensado.

Los resultados obtenidos muestran un comportamiento satisfactorio en relación a otras investigaciones realizadas con hormigón con fibra de bagazo de la caña de azúcar, en el artículo científico de (Saraz et al., 2007) "Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de baga-



Imagen 46: Probeta de hormigón luego del fracaso a fuerzas de compresión  
Fuente: Captura propia

## 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN MUESTRAS COMPUESTAS DE HORMIGÓN LIGERO CON FIBRA DE BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA ADMISIBLE
24 horas	$\pm 0,5$ h o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

Tabla 10: Ensayo de laboratorio para conductividad térmica  
Fuente: Laboratorio de ensayos térmicos, LABET

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA:	
2105001, equilibrio con el sitio de la prueba (24h)	
MODIFICACIONES AL PROCEDIMIENTO O A LA MUESTRA:	
2101001, aplicación de almohadillas de relleno y sensores adicionales tipo película	
CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO:	
Código de Muestra:	2106001
Fecha de ensayo:	2021-06-15
Temperatura Ambiente Promedio:	16,3 °C
Humedad Relativa:	77,1 %

Tabla 11: Ensayo de laboratorio para conductividad térmica  
Fuente: Laboratorio de ensayos térmicos, LABET

CONDICIONES Y DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Código	2106001
Largo (mm)	151
Ancho (mm)	155
Espesor (mm)	35,63
Peso (g)	1556,1
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1866
Fecha de recepción	2021-06-10
Otros	(Color, composición)
	Hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar

Tabla 12: Ensayo de laboratorio para conductividad térmica  
Fuente: Laboratorio de ensayos térmicos, LABET

Para realizar el ensayo para la determinación de la conductividad térmica a nuestro material se enviaron dos muestras que cumplan los requerimientos del laboratorio (Energética, 2020) para evaluar materiales; mismos que deben tener una dimensión de 150x150x30 mm.

#### 3.4.2.2. INFORMACIÓN DEL EQUIPO USADO PARA EL ENSAYO.

- Descripción del equipo:** Medidor de conductividad térmica de placa caliente
- Modelo:**  $\lambda$  Meter EP500e, Versión C.
- Muestra de Verificación:** Etal 210
- Verificación:** 2021 – Enero – 21
- Accesorios:** Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo película.

#### 3.4.2.3. RESULTADOS

- Temperatura del ensayo:** 28°C
- Diferencia de Temperatura:** 15°C
- Observaciones:** El procedimiento de ensayo es una variación al método en proceso de designación SAE.

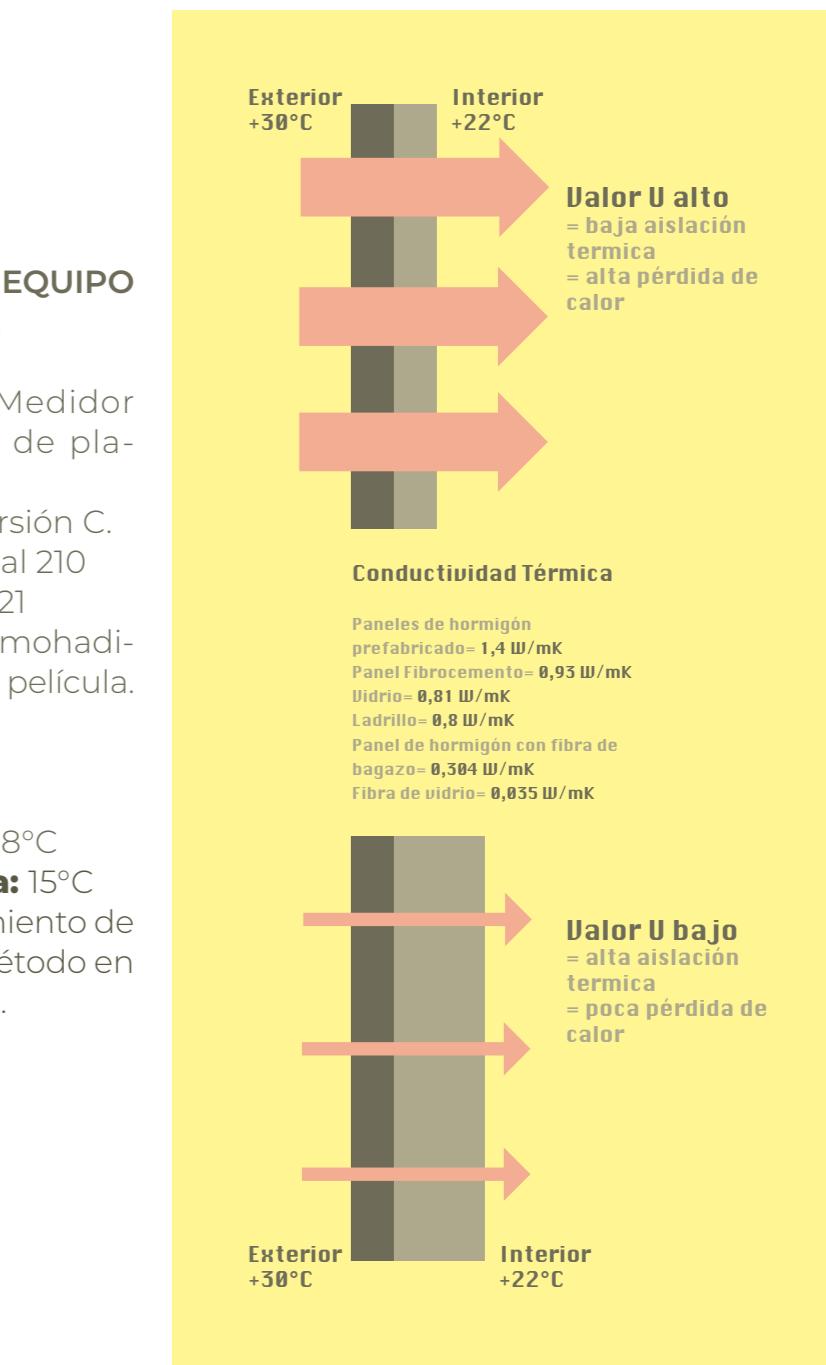




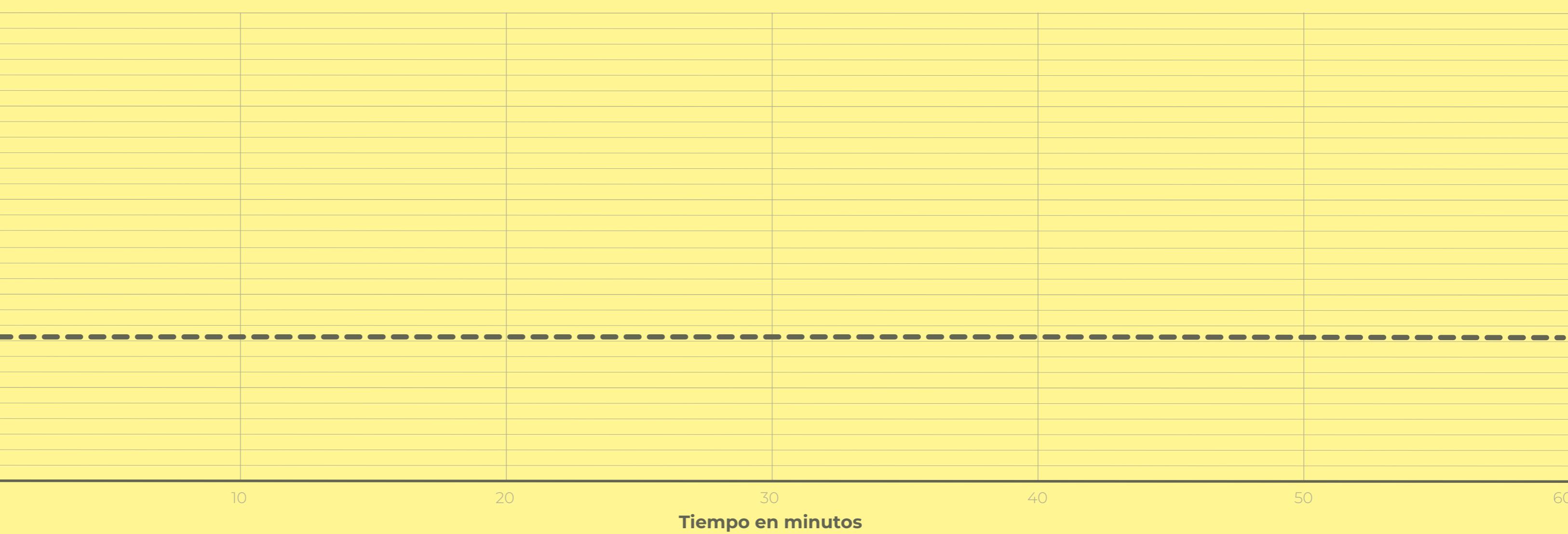
Imagen 48: Muestra de 15x15 cm, hormigón con 2,5% de fibra  
Fuente: Captura propia

Id. Muestra			
Conductividad Térmica	0,304	W/m-K	2106001

Tabla 13: Resultado de prueba de conductividad térmica del hormigón con fibra de bagazo de la caña de azúcar  
Fuente: Laboratorio de ensayos térmicos, LABET

Caldas | Galarza

Conductividad (W/m-K)  
2106001



# CAPÍTULO IV

Análisis de confort de la propuesta

*“El arquitecto del futuro se basara en la imitación de la naturaleza, porque es la forma mas racional, duradera y económica de todos los métodos”.*  
• **Antonio Gaudi**



**Imagen 4:** Vale de Yunguilla  
Fuente: Catarra propia

## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1.1. SITIO

Para obtener la información del área de estudio del presente trabajo, se revisó la “Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial del GAD de Santa Isabel” (GAD Santa Isabel, 2020).

El cantón Santa Isabel se encuentra ubicado en la cuenca alta y media del río Jubones, al sur de la provincia del Azuay, en este cantón nos encontramos con las parroquias:

- **Parroquia:** Carmen de Pijilí;
- **Parroquia:** San Salvador de Cañaribamba;
- **Parroquia:** San Pablo de Shaglli;
- **Parroquia:** Abdón Calderón.

Se localiza en las coordenadas de los extremos

- 79°34'53" W 2°54'19" S al **Norte**;
- 79°16'57" W 3°22'14" S al **Sur**;
- 79°13'15" W 3°17'13" S al **Este**;
- 79°37'30" W 2°59'30" S al **Oeste**.

En lo que respecta al clima, presenta distintas variaciones dependiendo de su ubicación geográfica y altitud. Podemos encontrar temperaturas que oscilan entre los 16° a 32° C, presentando una gran variedad de biomas, con una temperatura promedio de 24 °C.

#### 4.1.1.1. LÍMITES GEOGRÁFICOS

Los límites del Cantón Santa Isabel son los siguientes:

- **Norte:** Con el cantón Cuenca de la provincia del Azuay y Balao de la provincia del Guayas;
- **Sur:** Con el cantón Zaruma de la provincia del Oro, Saraguro de la provincia de Loja y Nabón de la provincia del Azuay.;
- **Este:** Con los cantones San Fernando, Girón y Nabón de la provincia del Azuay;
- **Oeste:** Con el cantón Pucará de la provincia de Azuay y Balao de la provincia del Guayas;

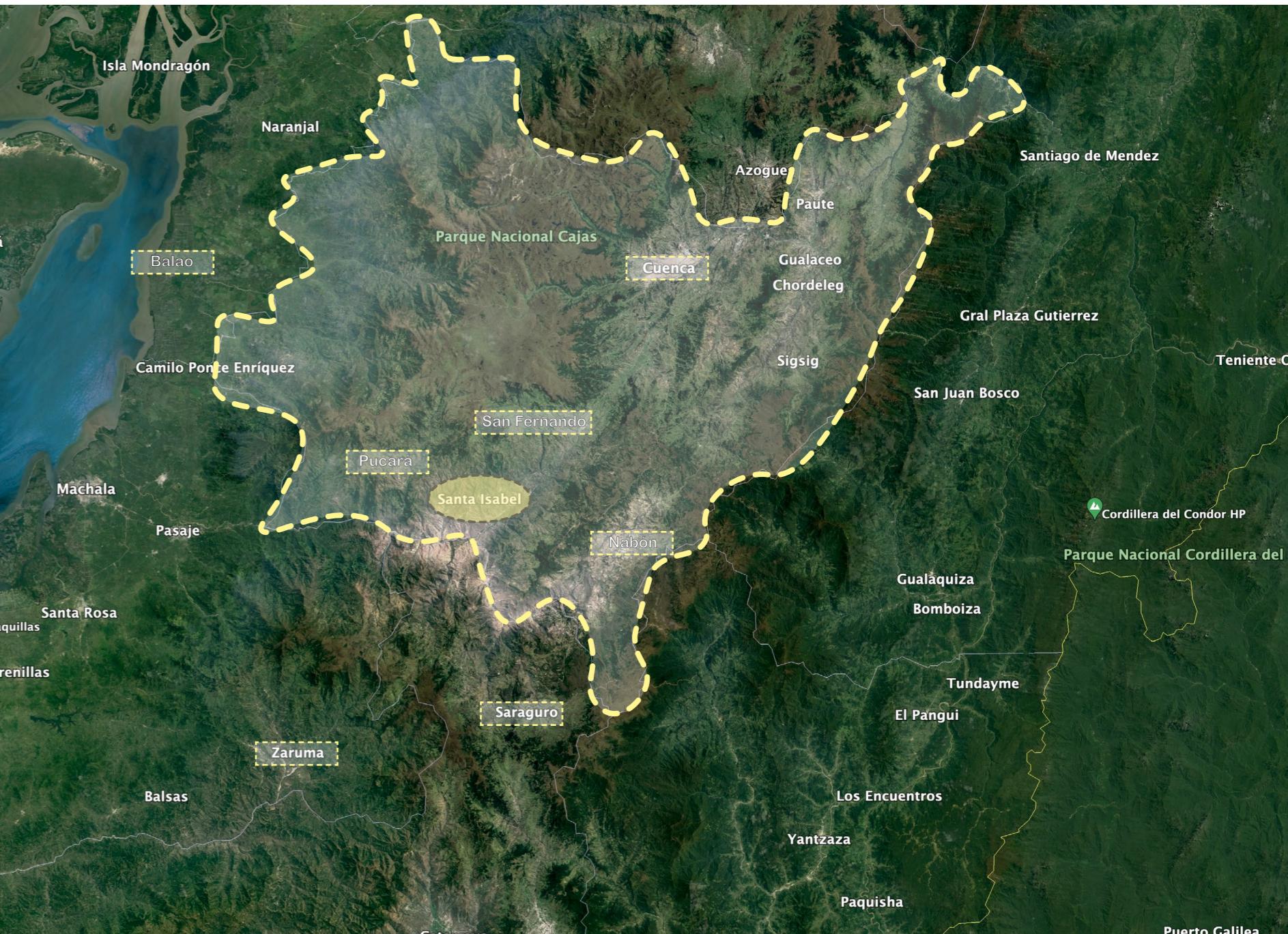
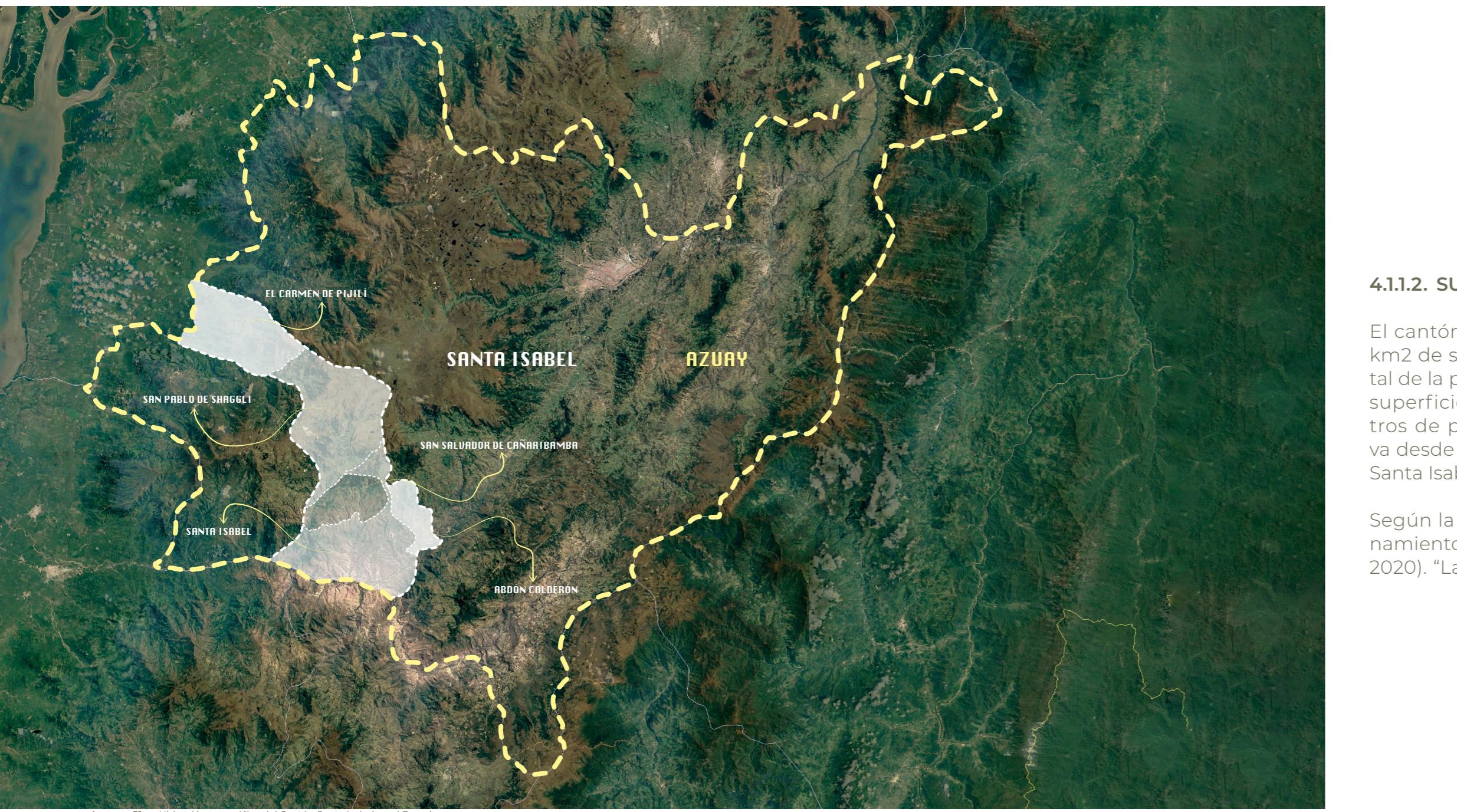


Imagen 50 Ubicación geográfica del cantón Santa Isabel en la provincia del Azuay. Fuente: elaboración propia



## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1.1. STIO

#### 4.1.1.2. SUPERFICIE Y TOPOGRAFÍA

El cantón Santa Isabel cuenta con 771.41 km<sup>2</sup> de superficie siendo el 9.63% del total de la provincia del Azuay que tiene una superficie de 8008.45 km<sup>2</sup>, 280898 metros de perímetro y el rango altitudinal va desde los 200 a los 4120 m.s.n.m. (GAD Santa Isabel, 2020).

Santa Isabel según el VII Censo de Población y Vivienda realizado en 2010 por el INEC, tenía una población de 19.167 habitantes, el 48,4% hombres y 51,6% mujeres, que en ese entonces no incluía a "El Carmen de Pijili" como parroquia de su territorio; de acuerdo a las estimaciones de la Secreta-

ría Técnica Planifica Ecuador, la población del cantón para el año 2020 se ubicaría en 28.621 habitantes.

#### Superficie por parroquia:

- **Santa Isabel:** Se distingue por contener el 37,63% de superficie del Cantón;
- **Shagli:** 33,23%;
- **El Carmen de Pijili:** 2,2%;
- **Abdon Calderon:** 7,93%.

## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1.2. GENERALIDADES

#### 4.1.2.1. PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

El cultivo de la caña de azúcar es característico de los climas tropicales, su cultivo es de aprovechamiento plurianual; según diversas investigaciones realizadas, una plantación soporta de tres a cinco zafras (estado de maduración), perdiéndose por cada corte aproximadamente un 10% de las plantas, por lo que es necesario realizar nuevas siembras.

En la Provincia del Azuay, los principales valles donde se cultiva caña de azúcar de primera calidad, por las condiciones de los terrenos y principalmente por su clima son los de Yunguilla, Paute, Gualaceo.

Los valles de la Región Interandina producen caña de azúcar que disponen mejor calidad y mayor cantidad de jarabe o dulce por la inclinación de los suelos; no siendo así en los terrenos de la costa y oriente, que por ser planos conservan mayor cantidad de agua. En consecuencia, con la información del texto Manejo de Cultivos en el Ecuador (Navacerrada et al., 2021), el ciclo vegetativo o maduración de la caña será de acuerdo a la ubicación de los sembríos, si estos se encuentran ubicados en la costa y oriente será de 12 meses, si se encuentran en los valles interandinos el ciclo de maduración será de 18 a 24 meses y hasta de 30 meses.

En nuestra Provincia, los tipos de caña de azúcar que se siembra son:

- **En Paute:** Casa Blanca, Argentina y Blanca;
- **En Santa Isabel:** Canalpoa, Cubana, P.O.J.; Costa Rica, Criolla (Puerto Rico).

Según entrevistas realizadas a cañicultores, podemos manifestar que: "En condiciones normales, una hectárea produce aproxima-

En la provincia del Azuay, la preparación de la tierra se ha mecanizado, las tareas se han modernizado obteniendo rendimientos mejores y mayores; si antes se utilizaban arados con tracción animal, hoy se emplean tractores. Igualmente, en las cosechas se utilizan máquinas que facilitan el trabajo en forma significativa.

damente 80 toneladas métricas de caña de azúcar y cada tonelada rinde más o menos 2 quintales de azúcar".

Dependiendo de los cuidados que se dé al terreno, cada hectárea produce 4.000 litros de aguardiente, el mismo que dependerá del grado de jarabe que tenga la caña. Según (Peñaloza, 2005) es así que, en el valle de Yunguilla, el jarabe es de 9 a 10°, en Paute es de 12°. Si tiene 11° de jarabe se necesitará 5 1/2 litros de guarapo para que produzca un litro de aguardiente.

tiene más agua que jarabe o dulce, por el terreno plano que causa la acumulación de agua; en cambio, en los valles interandinos la caña tiene más jarabe por la inclinación de los terrenos.

CAÑA DE AZÚCAR PARA AZÚCAR	CAÑA DE AZÚCAR PARA OTROS USOS		
UPAs	Superficie Plantada	UPAs	Superficie Plantada
0	0	<b>2335</b>	<b>2588</b>

Tabla 14: Producción de caña de azúcar en la provincia del Azuay  
Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería 2021

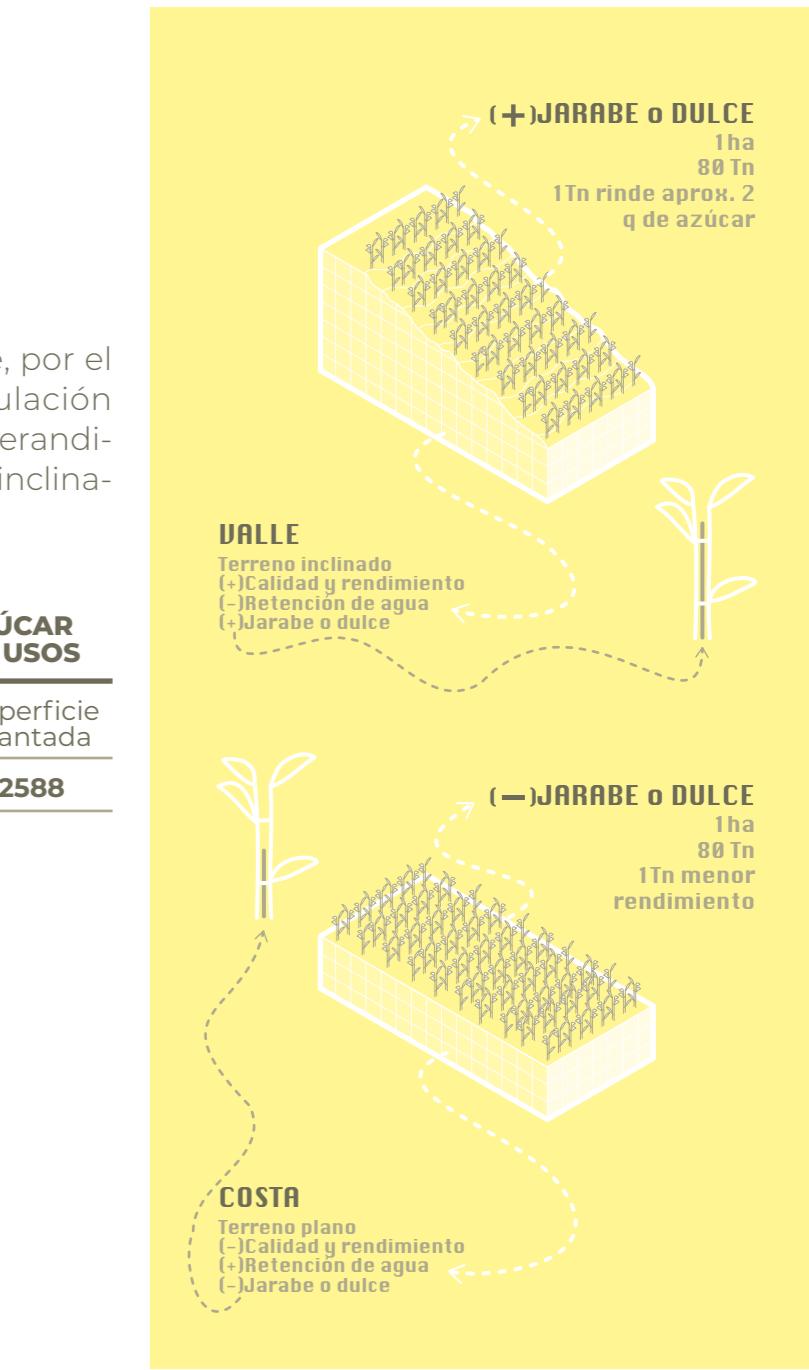


Imagen 5.2: Proceso de producción de la caña de azúcar  
Fuente: Elaboración propia

## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1.2. GENERALIDADES

#### 4.1.2.2. DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE ESTA ACTIVIDAD

Ecuador ha sido un país eminentemente agrícola, debido a la gran fertilidad natural de los suelos, clima y demás bondades de la naturaleza, sin embargo, el sector puede experimentar deficiencias por los siguientes factores:

- Deficiencia en el apoyo gubernamental
- Estancamiento financiero del sector
- Mala distribución de tierras
- Inadecuada asistencia técnica, etc.

Debido a que nuestro país tiene un régimen de producción, se pueden diferenciar tres características:

- Por la existencia de mano de obra libre y disponible o fuerza de trabajo desocupada que en definitiva constituye un ejército industrial de reserva.
- Por la imposibilidad de ahorrar y por ende de invertir.
- Limitada tecnología que se dispone.

En la provincia del Azuay, las superficies de producción de caña de azúcar se caracterizan por ser muy extensas, por lo que el mercadeo de esa producción cubrirá las necesidades básicas de la familia (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca MAGAP, 2016). Las zonas pequeñas de cultivo están ubicadas en áreas montañosas, en cambio las grandes haciendas generalmente se encuentran en zonas planas.

Según datos obtenidos por (GAD Santa Isabel, 2020). Entre las principales actividades económicas a las que se dedica la población de esta parroquia, se encuentra el servicio de alojamiento y alimentación; aproximadamente 400 hectáreas de terreno están dedicadas al cultivo de caña de azúcar. Con las cuales, en las moliendas del sector se pueden obtener los siguientes derivados:

- Panela.
- Guarapo.
- Aguardiente.



Imagen 53: Plantaación de Caña de Azúcar  
Fuente: Catura propia

## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

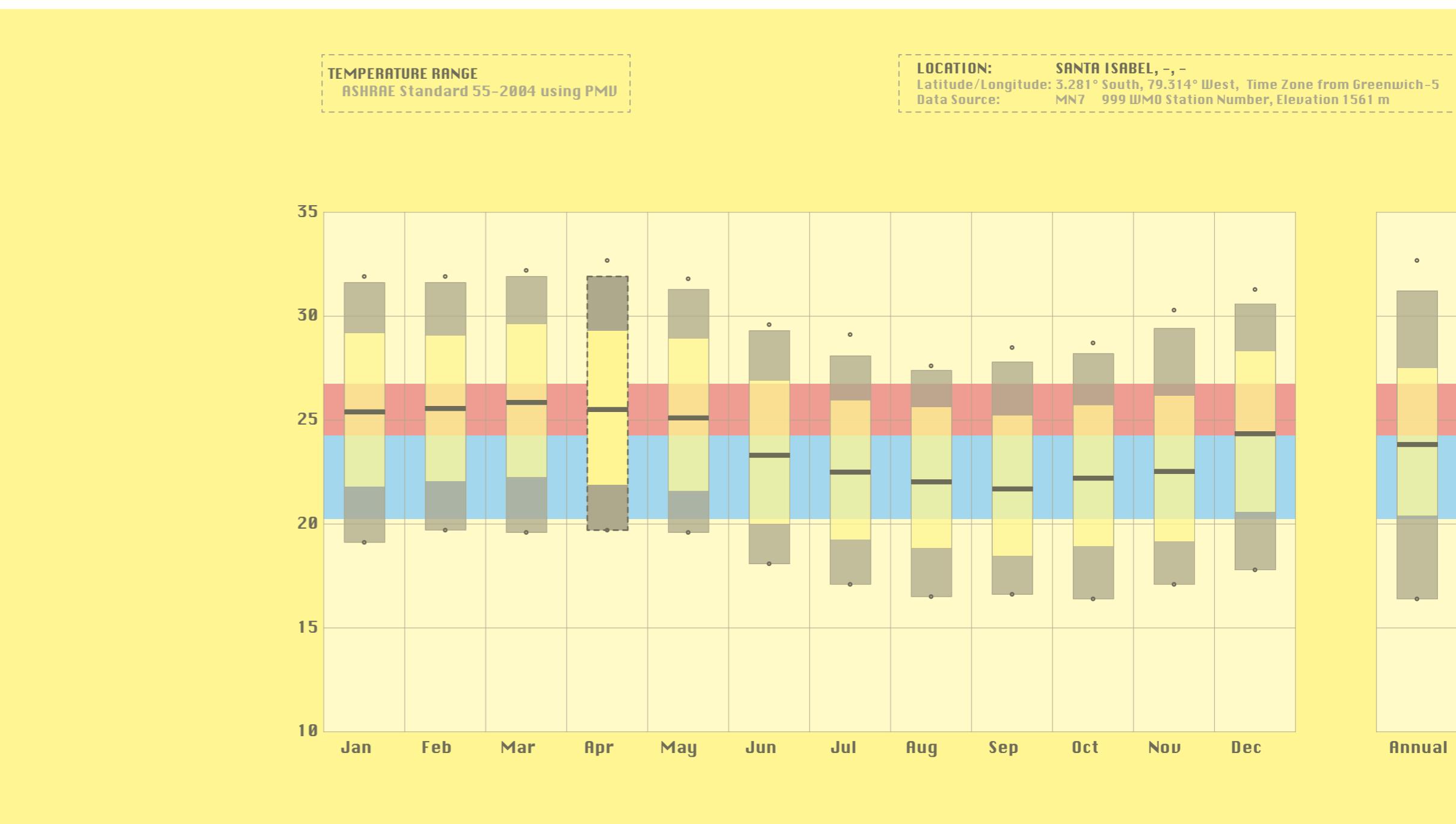
### 4.1.3. ANÁLISIS CLIMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Cabe mencionar que en los datos climáticos no se pudieron obtener de una estación ubicada en el área de estudio por circunstancias que atraviesa actualmente al mundo, por lo que se optó por usar la información climática obtenida mediante el software "Meteonorm 8" el cual nos proporcionó el fichero climático en formato (.epw).

"Meteonorm 8" es una combinación única de fuentes de datos confiables y herramientas de cálculo sofisticadas, mismo que proporciona acceso a años típicos y series temporales históricas. Asimismo, permite acceder a series temporales históricas de radiación, temperatura, humedad, precipitación y viento (Meteonorm.com, 2022). La versión utilizada actualmente contiene

datos horarios desde 2010 y se actualiza constantemente. El software trabaja mediante interpolación de datos anteriores de la estación de la zona de interés, así como también triangula datos de estaciones cercanas teniendo en cuenta la altura de la zona. Por lo que los datos climáticos usados en el presente trabajo de titulación fueron calculados, no medidos.

Como primera instancia tenemos la temperatura anual de la zona (Imagen 07), en la cual podemos revisar que en los meses de diciembre a mayo se registran las temperaturas más altas, superando los 30°C. Mientras que en los meses de junio a noviembre se registran temperaturas que oscilan los 26°C.



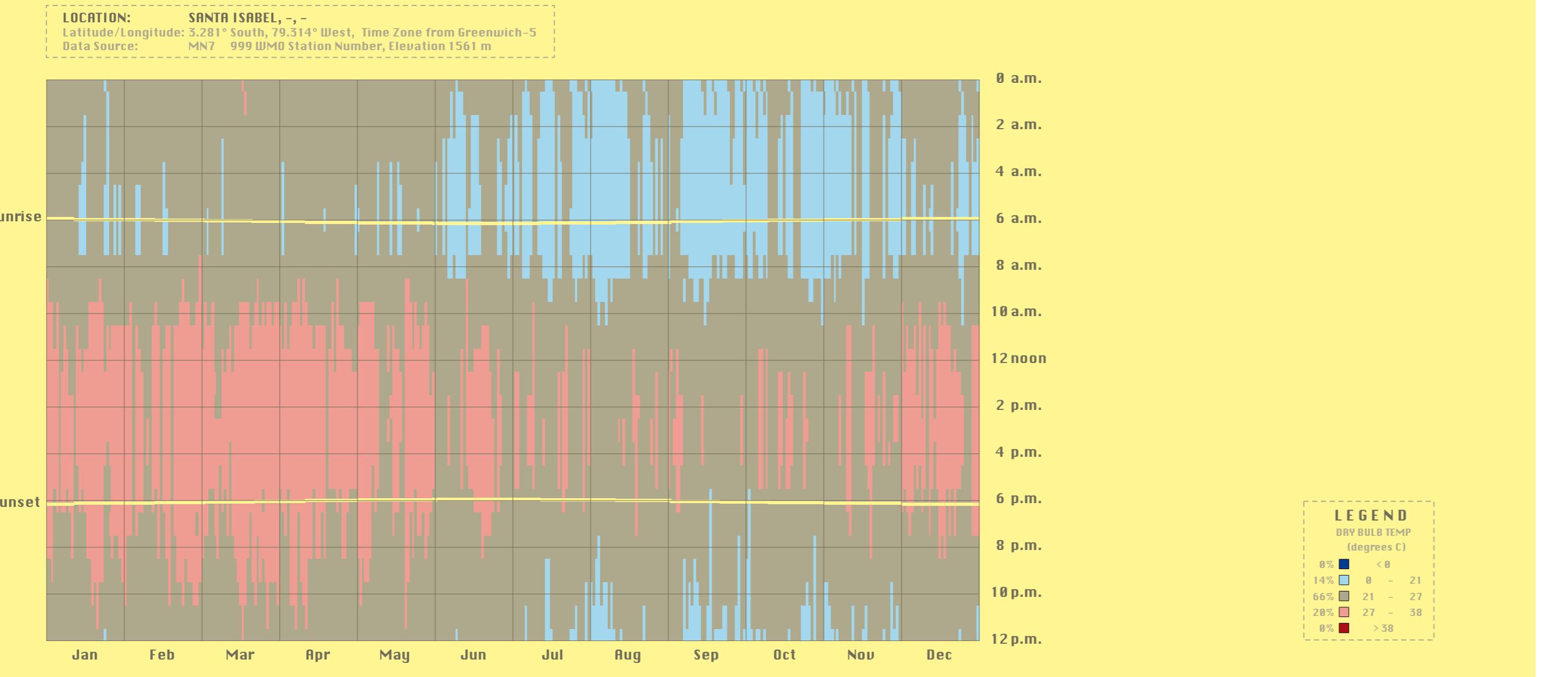


Imagen 55: Temperatura anual por horas del día del Cantón Santa Isabel  
Fuente: Fichero climático, Software Climate consultant

## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1.3. ANÁLISIS CLIMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En la temperatura del bulbo seco (Imagen 08) aníval de las 24 horas horas del día, podemos observar que el 14% de las horas del día anuales están entre 0 a 24°C, el 66% entre 21-27°C y el 20% entre 27-38°C, así se recalcar que la zona de estudio no presenta temperaturas menores a 0°C ni mayores a 38°C. Las temperaturas más altas (27-38°C) se registran en los meses de diciembre, mayo, generalmente entre las 0 a.m y 6 p.m.

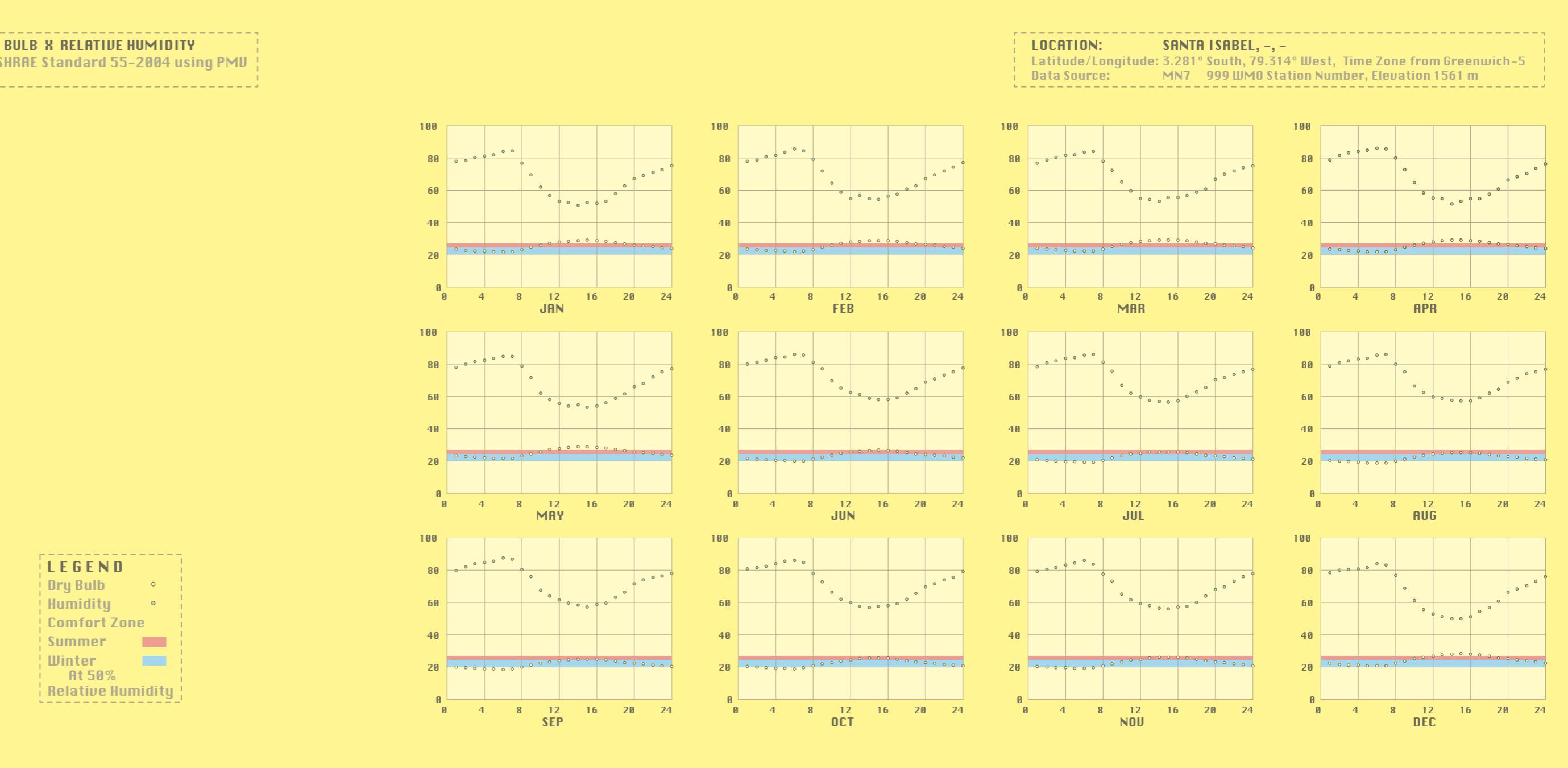
## 4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1.3. ANÁLISIS CLIMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En la humedad relativa y temperatura del bulbo seco podemos observar que:

La humedad se encuentra elevada con respecto al confort en todos los meses del año.

La temperatura del bulbo seco se encuentra dentro de los rangos de confort durante los meses de junio a noviembre, mientras que de diciembre a mayo sobrepasan los valores del confort.



## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.1. PROYECTO DE VIVIENDA “CASA PARA TODOS”

En nuestro territorio nacional existe el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador (MIDUVI), el cual tiene como objetivo ser la entidad pública que promueve ciudades incluyentes, diversas, equitativas, innovadoras y sustentables para el Buen Vivir. Por ello, este organismo constitucional sostiene la misión de ser la entidad del estado que ejerce la rectoría e implementación de la política en las ciudades, garantizando a la ciudadanía el acceso a la vivienda digna, al hábitat seguro y saludable (MIDUVI, 2021a).

Por lo que, el modelo de vivienda del MIDUVI será usado como caso de estudio para realizar la evaluación y comparación con el

sistema constructivo propuesto en el presente trabajo de titulación.

El MIDUVI, como entidad plantea objetivos institucionales, uno de ellos es “incrementar el acceso a vivienda habitable, segura y adecuada y el acceso a suelo con servicios a nivel nacional” (MIDUVI, 2021b). El cual promueve y contribuye al desarrollo de personas que actualmente no poseen vivienda propia.

El proyecto de vivienda “Casa para Todos” comenzó a ejecutarse en el año 2019, actualmente permanece en vigencia y tiene proyecciones hasta el 2028, por el MIDUVI

y ejecutado por las empresas públicas: Ecuador estratégico EP y Casa Para Todos EP (Proyecto De Vivienda “Casa para todos - CPT”, 2018).

#### 4.2.1.1. FUNCIONAMIENTO

Para poder otorgar una casa, proyecto de vivienda “Casa Para Todos” organiza en segmentos a las personas interesada por su condición socio-económica. Desde la población en pobreza extrema hasta núcleos familiares de ingresos económicos medios, e incluso aporta con incentivos y subvenciones en un apartado.

#### 4.2.1.2. GENERALIDADES

En el Acuerdo Ministerial Nro. 021-21, art. 3 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2021), las características de la vivienda de interés social serán:

- La región y el piso climático en el que se va a emplazar, de esto también depende que modelo de casa se emplaza en los diferentes pisos climáticos, en nuestro caso se analizará la vivienda emplazada en el área de estudio.
- Número de integrantes.
- Las características y necesidades de habitabilidad del núcleo familiar.

Esto es un derecho para todos los ecuatorianos, independientemente de su situación social y económica (Proyecto De Vivienda

“Casa para todos - CPT”, 2018); sin embargo, un gran porcentaje enfrenta problemas habitacionales y de hábitat. Como consecuencia, tenemos viviendas con deficiencias en sus sistemas constructivos, carentes de servicios básicos y en algunos casos ubicadas en zonas

proyectos de enfoque “Cría”, perteneciente a la parroquia Santa Isabel, provincia de Azuay, fue realizado por la Ing. Alexandra Arias Abad en el año 2014 (MIDUVI, 2015). Dicho proyecto fue financiado bajo el título de “menor cuantía” por el MIDUVI y el Sistema Nacional de Contratación Pública.

A continuación, la vivienda modelo del proyecto será presentada arquitectónicamente y constructivamente. Posteriormente, se dejará en evidencia las deficiencias que actualmente posee, luego se realizarán las simulaciones de confort, con el fin de mejorar las condiciones de habitabilidad.

#### 4.2.1.3. PROPUESTA DE VIVIENDA EN EL PROYECTO LA “CRÍA”

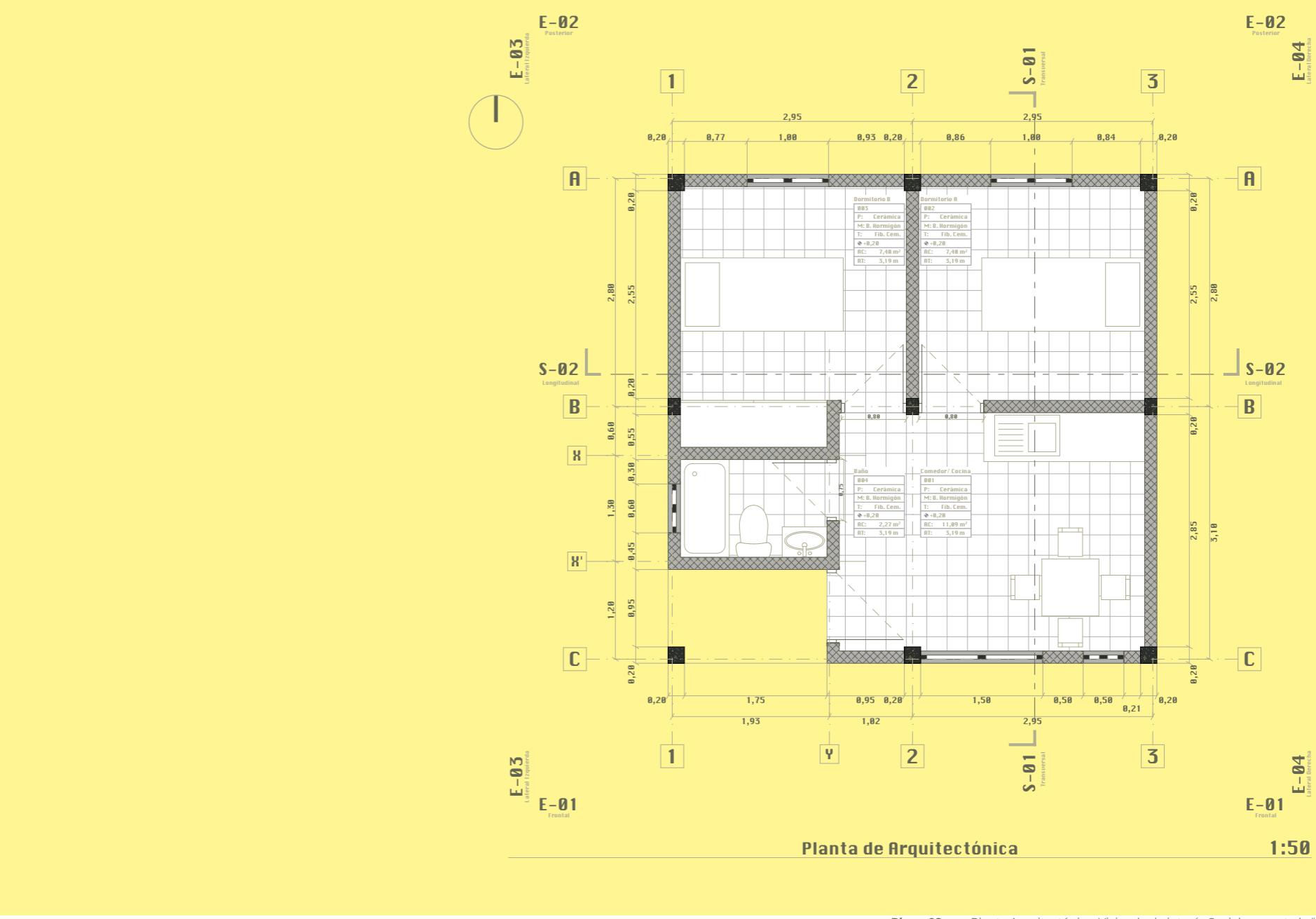
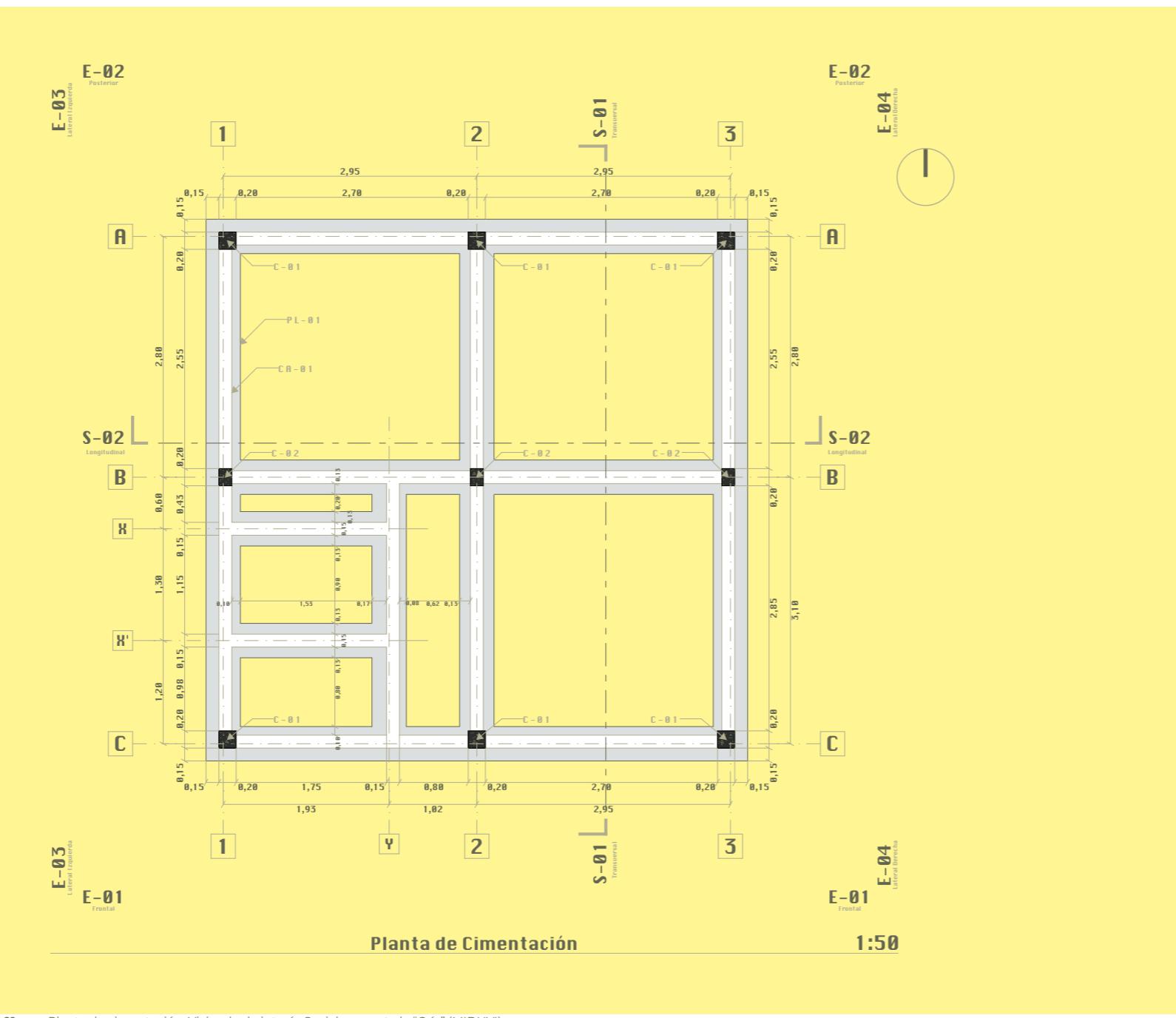
El proyecto de vivienda Rural construyó 31 viviendas nuevas en el área de estudio, el

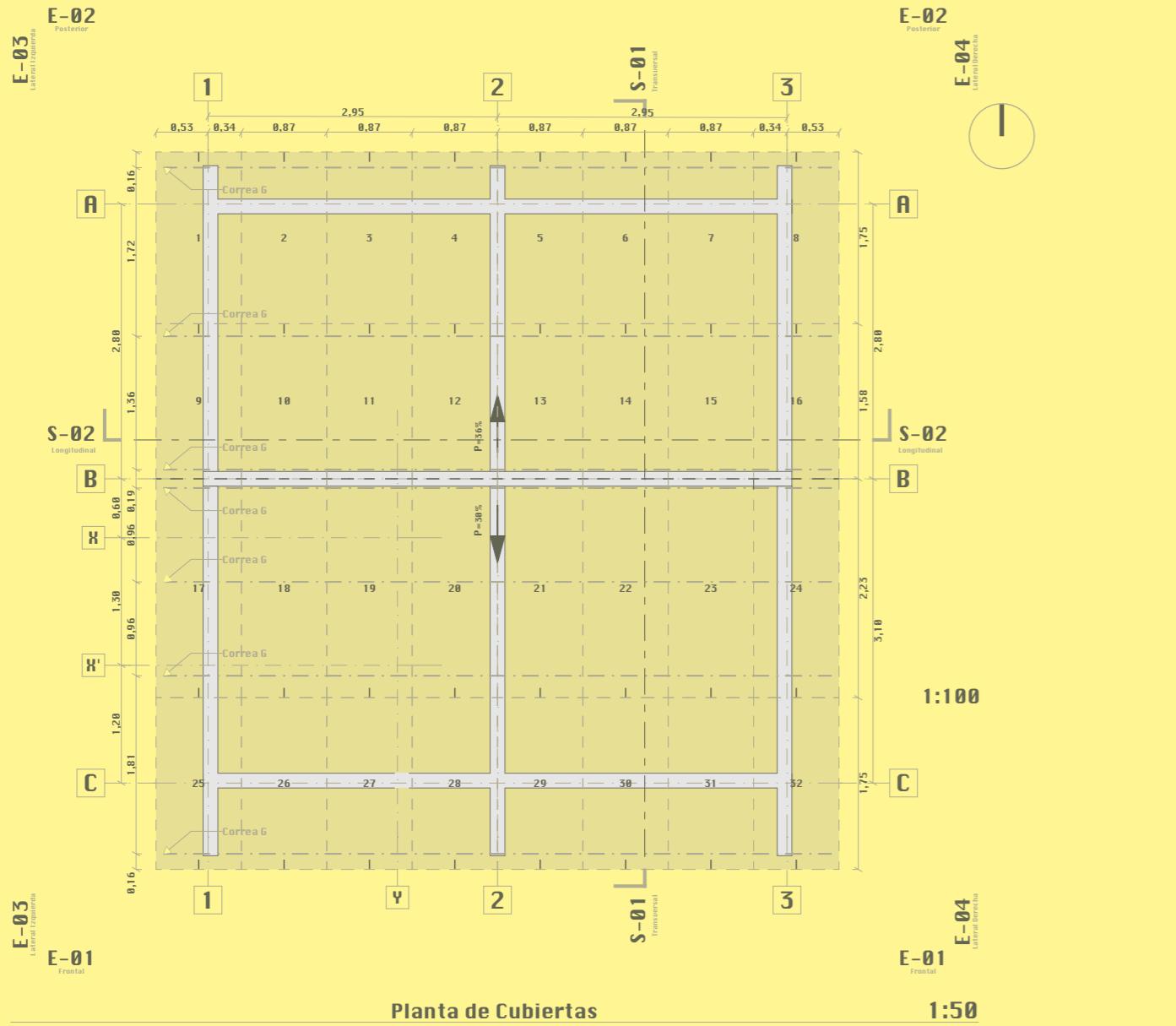
## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.1. PROYECTO DE VIVIENDA “CASA PARA TODOS”

#### Leyenda

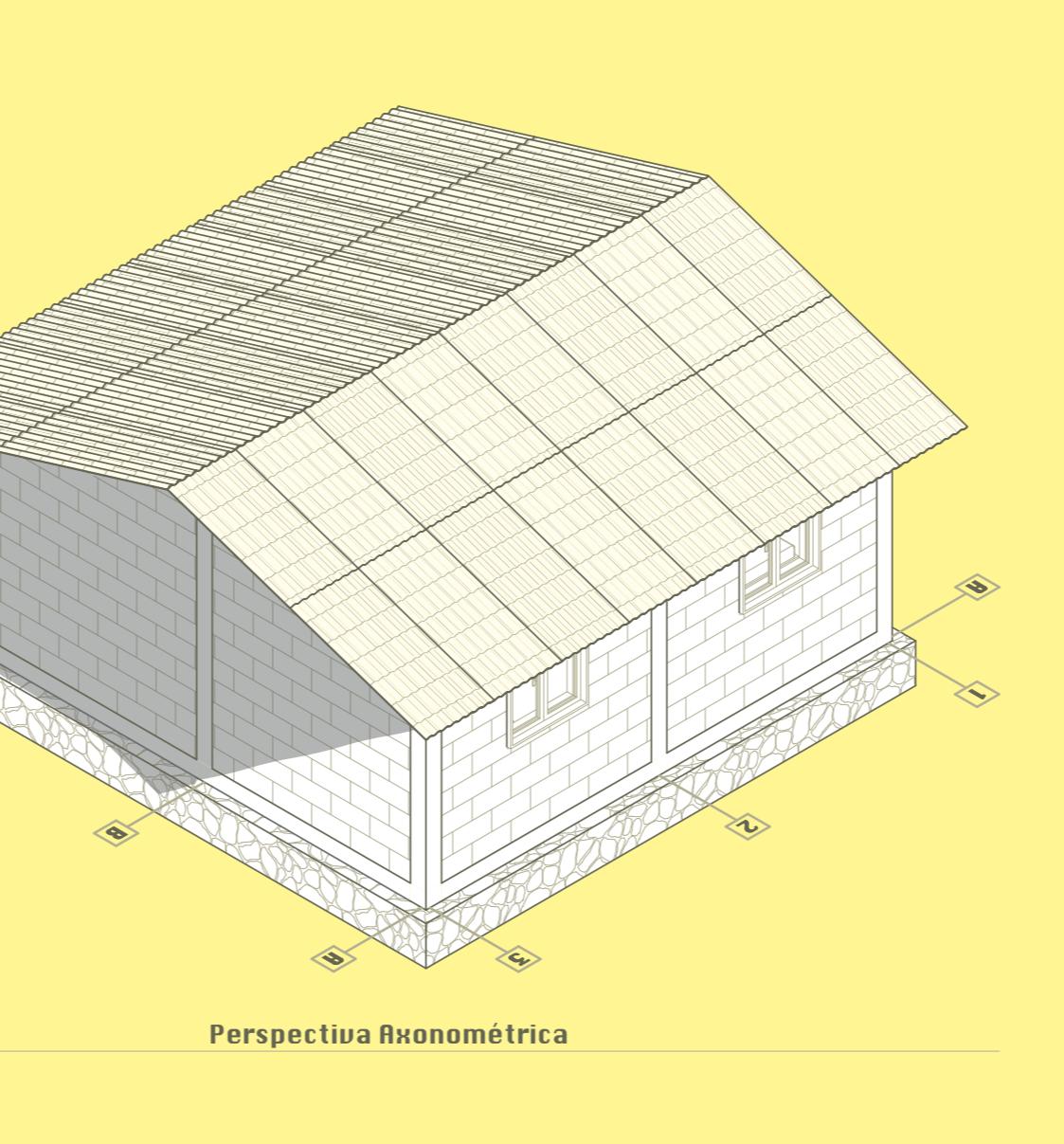
- PL - 01:** Cimiento de mampostería de piedra 40 x 50 cm;
- CA - 01:** Cadenas de hormigón armado 15 x 20 cm;
- C - 01:** Columnas de hormigón armado 20x20 cm;
- C - 02:** Columnas de hormigón armado 15x20 cm;
- V - 01:** Vigas de hormigón armado 15x15
- Correas G:** 80x40x15x2 mm.



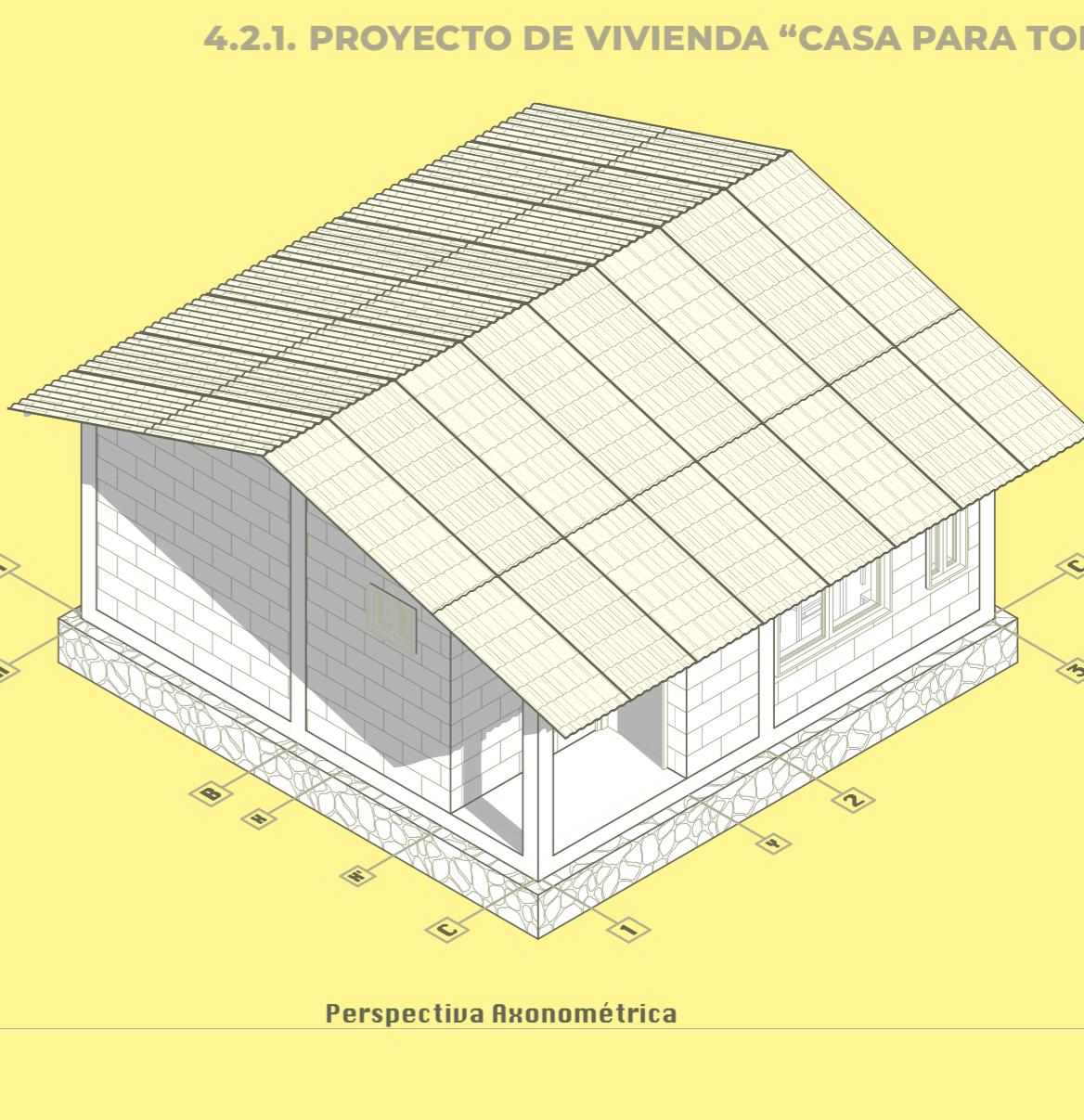


**Plano 03:** Planta de cubiertas, Vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI)  
**Fuente:** Elaboración Propia

Caldas | Galarza



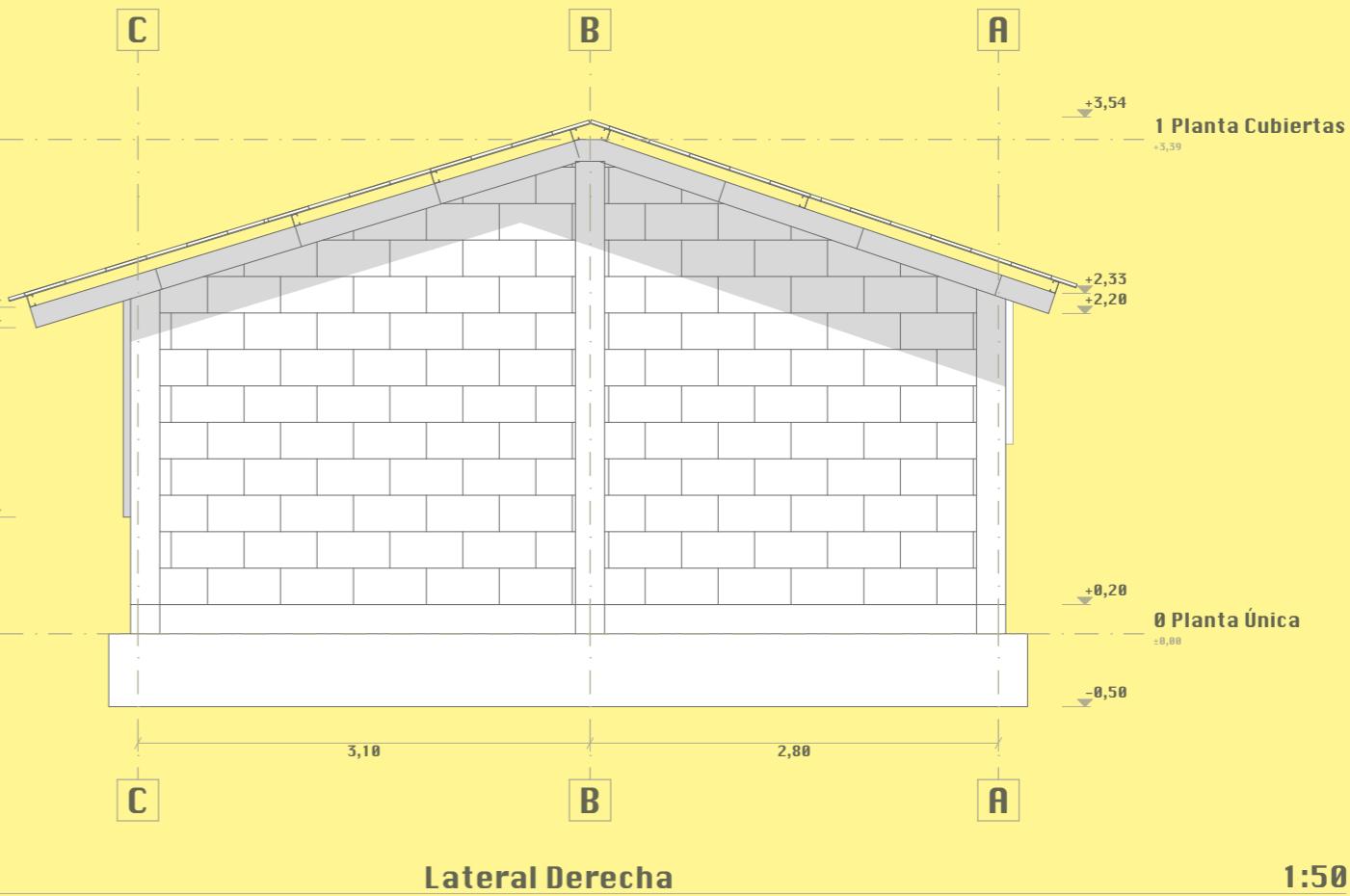
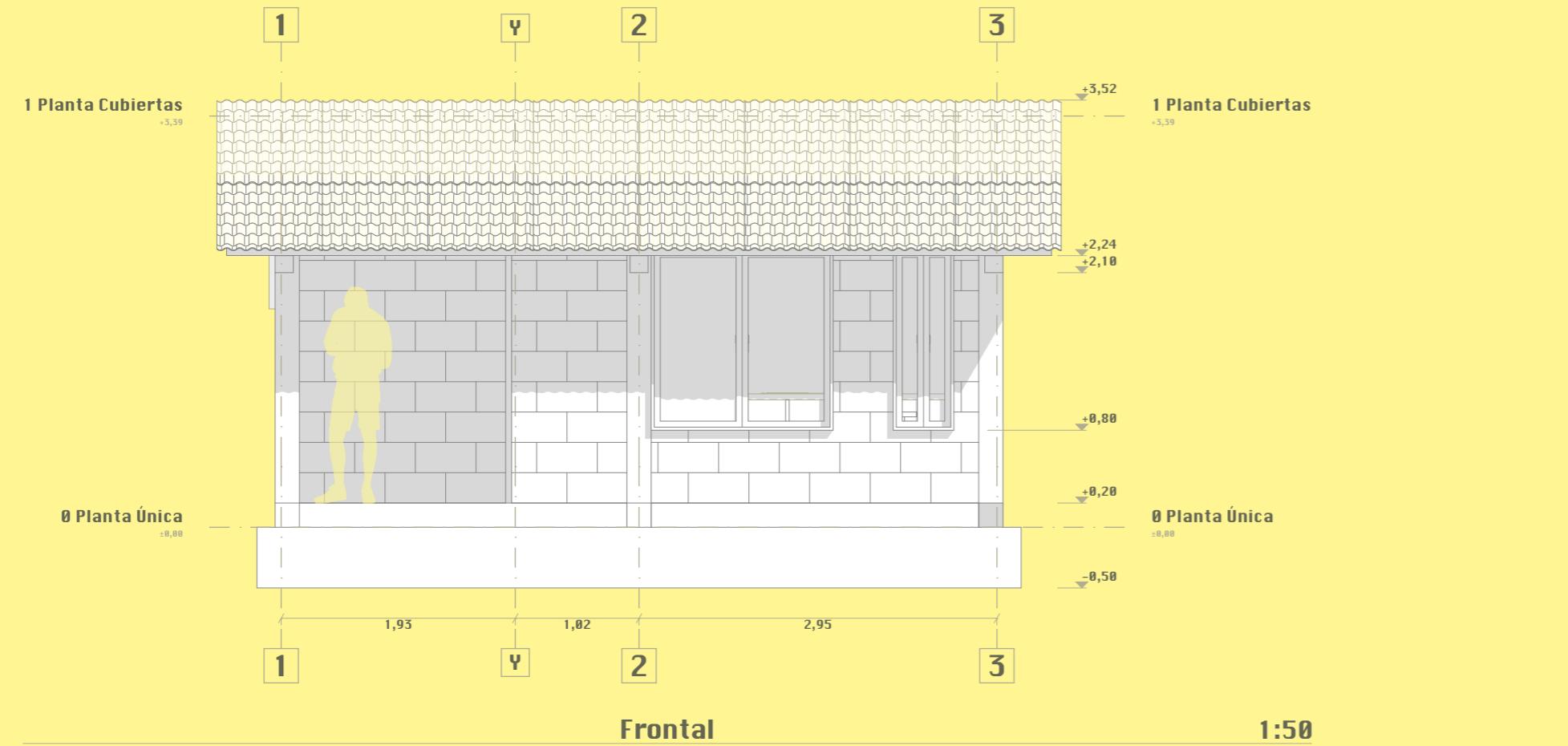
homotetica



Perspectiva F

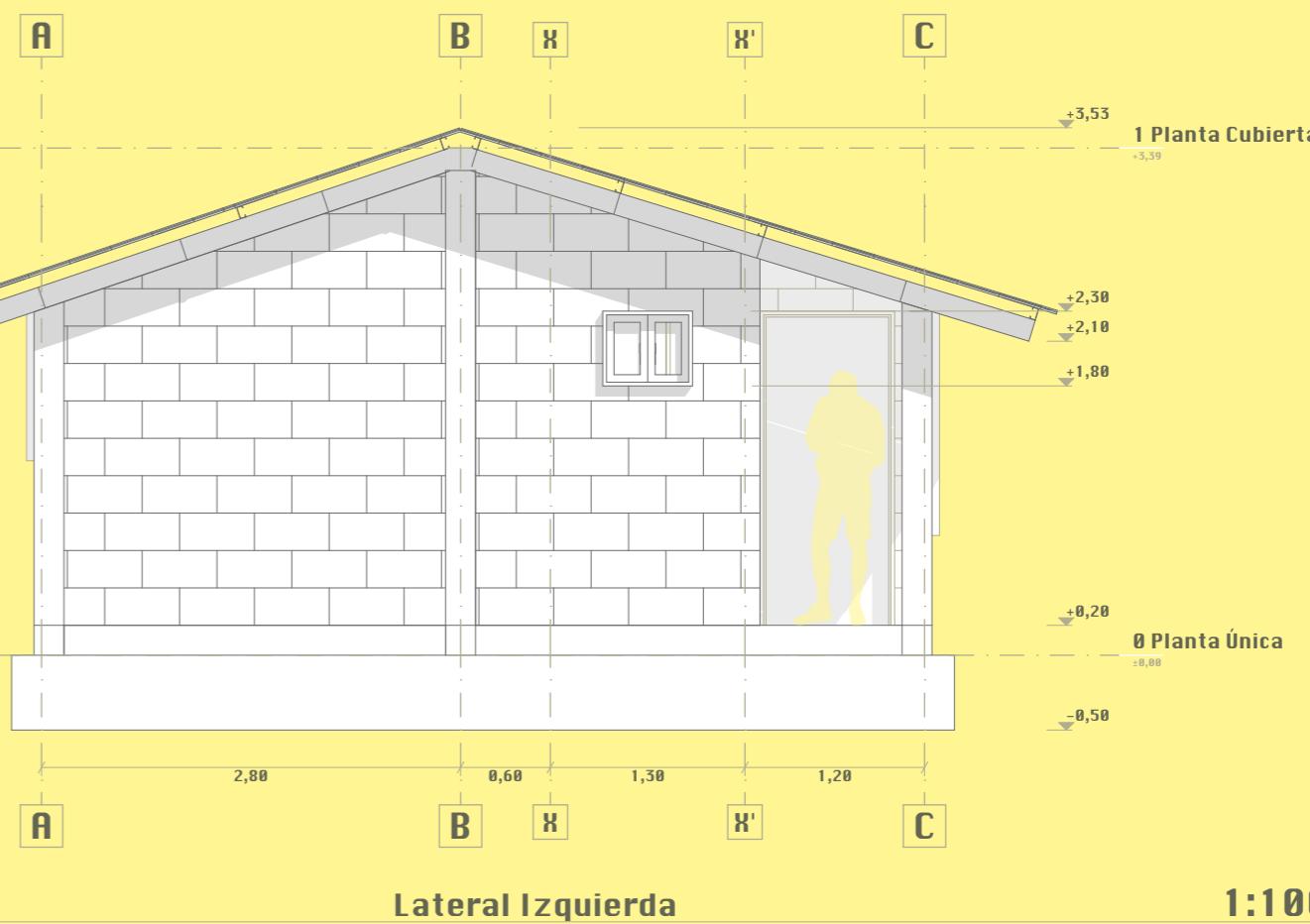
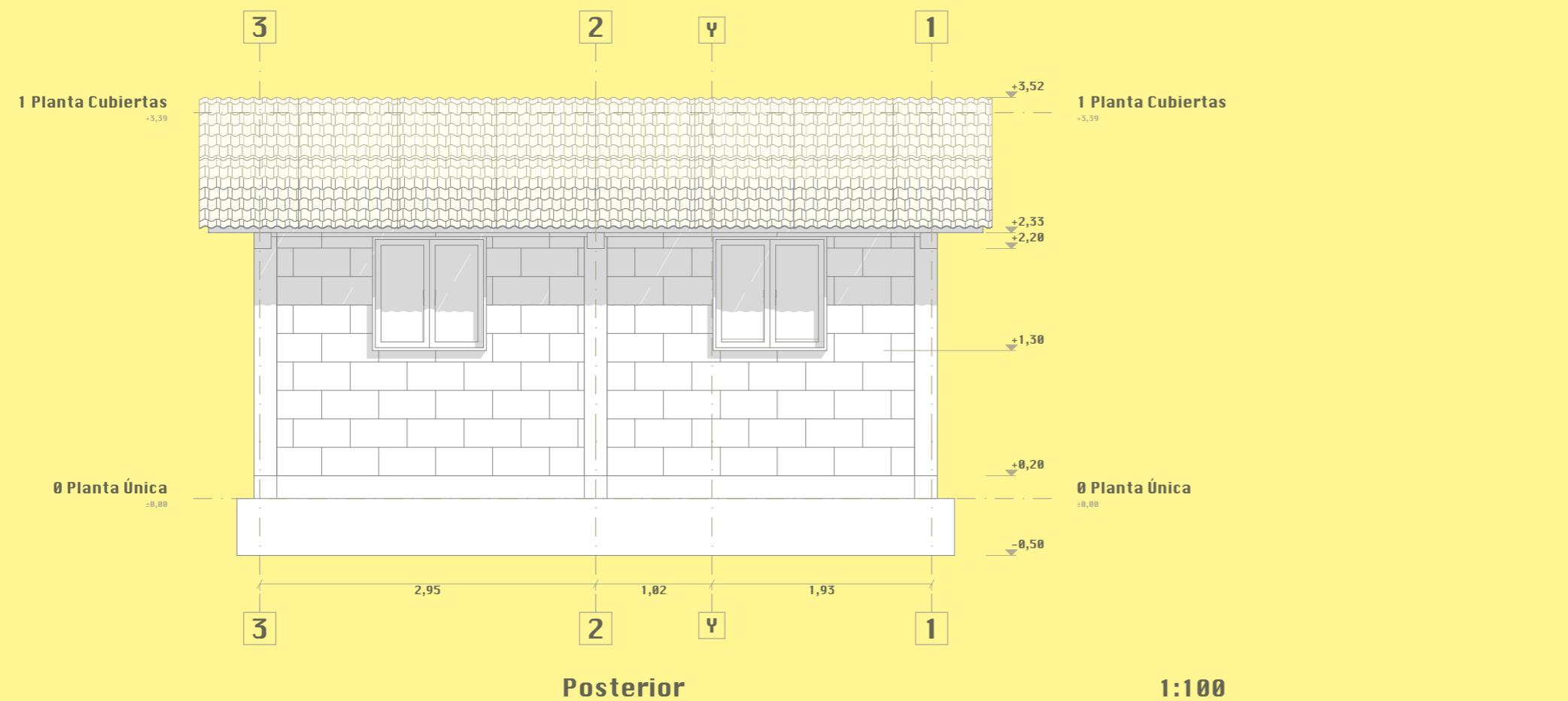
## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.1. PROYECTO DE VIVIENDA “CASA PARA TODOS”



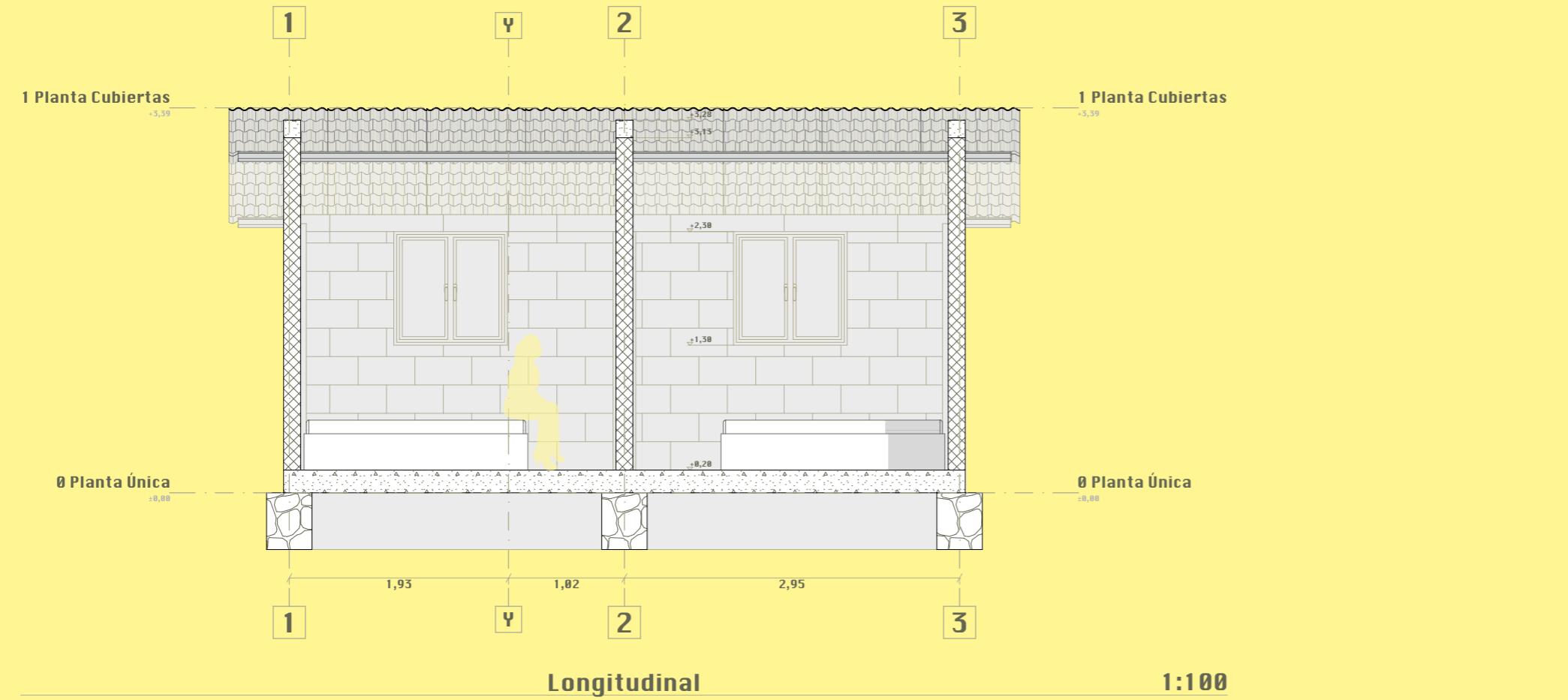
## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.1. PROYECTO DE VIVIENDA "CASA PARA TODOS"



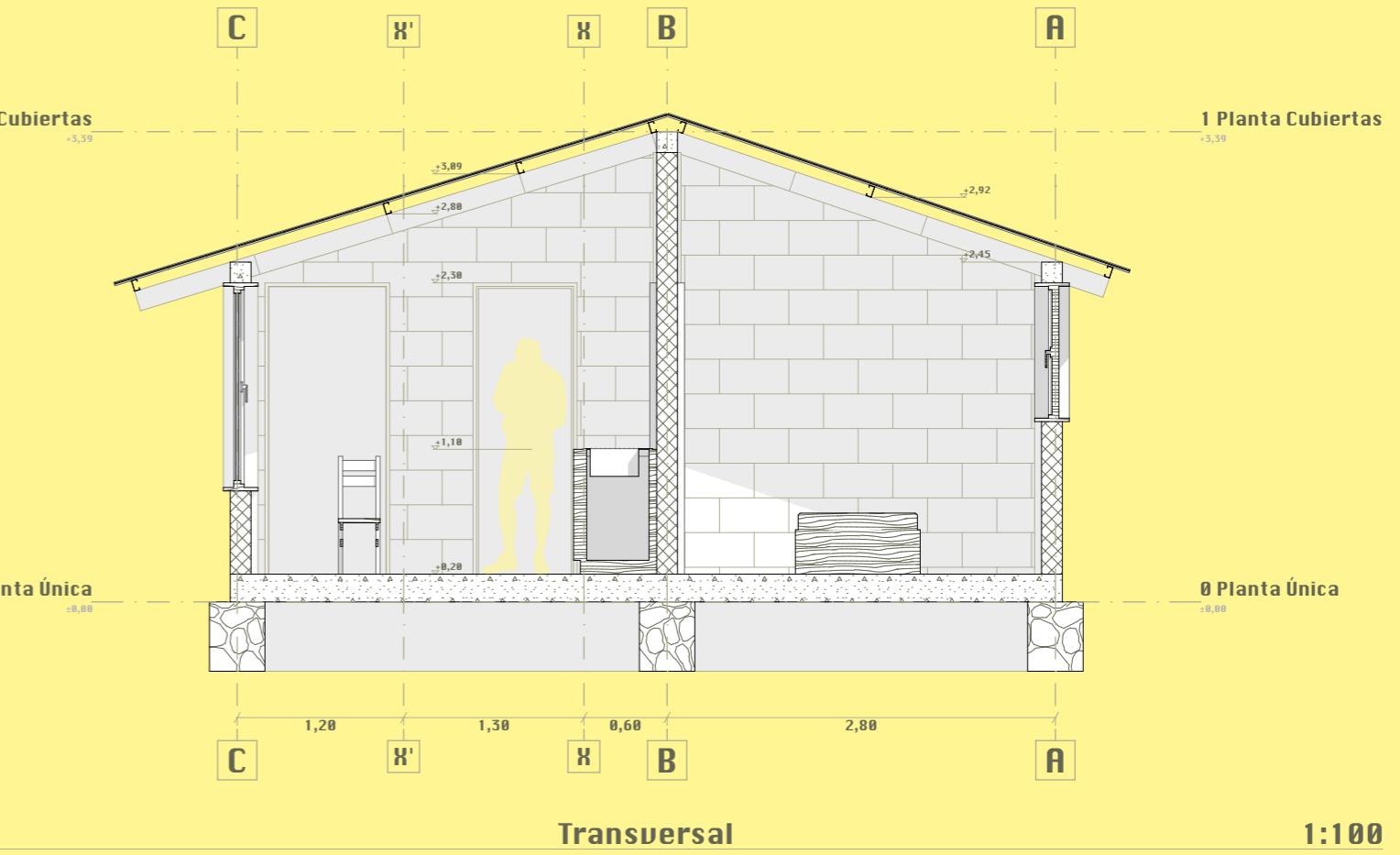
## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.1. PROYECTO DE VIVIENDA “CASA PARA TODOS”



Plano 10: Sección longitudinal, Vivienda de interés Social, proyecto la “Cría” (MIDUVI)  
Fuente: Elaboración Propia

Caldas | Galarza



Plano 11: Sección transversal, Vivienda de interés Social, proyecto la “Cría” (MIDUVI)  
Fuente: Elaboración Propia

Caldas | Galarza

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.2. ANÁLISIS LUMÍNICO EN LOS SOLSTICIOS

El análisis del soleamiento es muy importante, ya que gracias a este podemos analizar la cantidad de incidencia solar en las fachadas y así poder orientar la vivienda hacia la dirección más favorable para su confort. Luego de realizar análisis lumínicos en la vivienda, llegamos a que la ubicación más desfavorable es la "Sur – Norte", ya que cuando el sol se levanta por el este calienta la fachada que tiene al área de servicio y privada; por el oeste sucede exactamente lo mismo a partir del mediodía. Este análisis nos permite conocer las deficiencias de la vivienda a fin de proponer estrategias pasivas para mejorar su confort.

#### 21 de diciembre

A continuación, se muestra el soleamiento en el solsticio del 21 de diciembre a las 9 am, 1 pm y 5 pm.

La fachada Frontal y la fachada Lateral Izquierda son las más afectadas en esta época del año, lo cual se puede observar en los siguientes gráficos; según la orientación de la vivienda, los paramentos que recibirán mayor radiación solar son la zona de servicio y social.

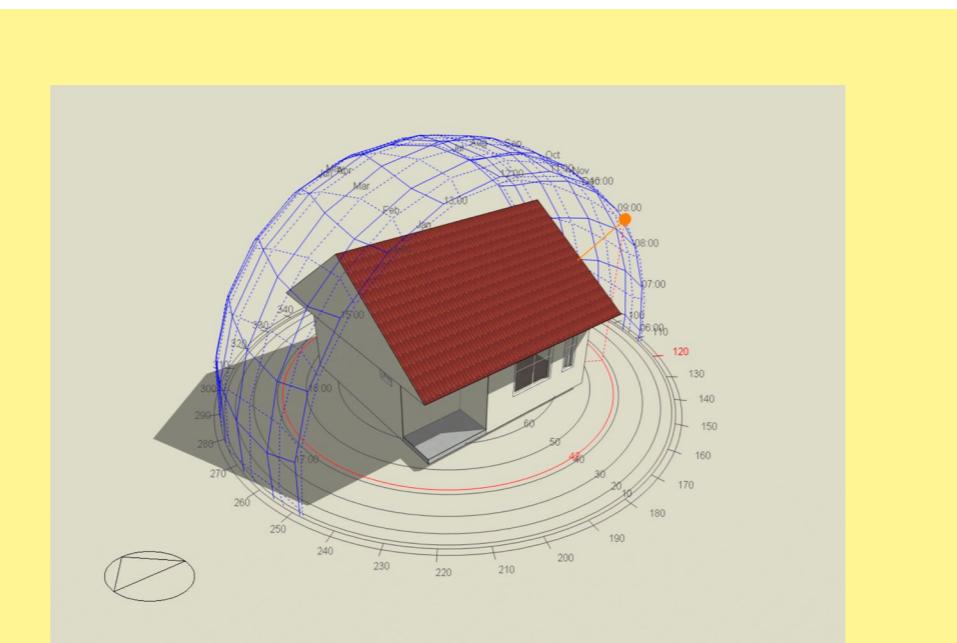


Imagen 57: Modelo de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur - Norte 21 - Dic - 9am  
Fuente: Simulación Design Builder

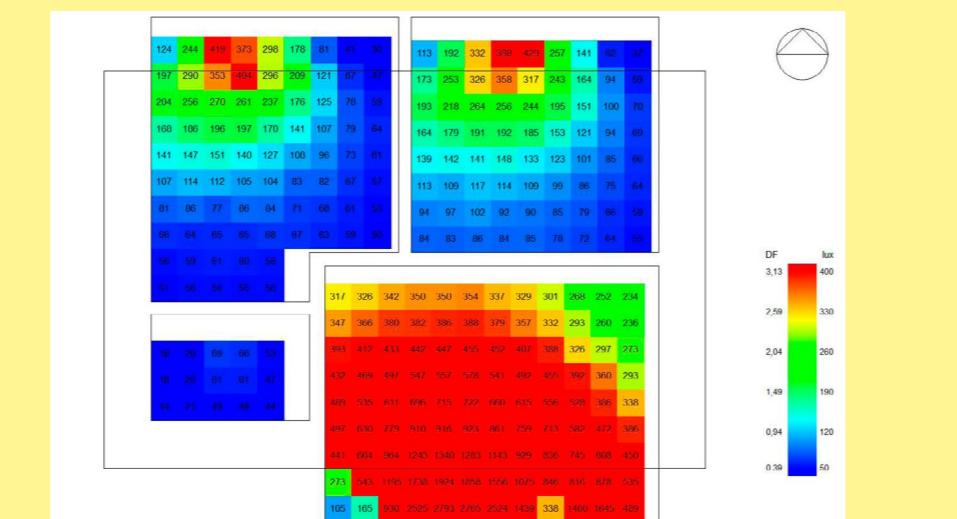


Imagen 58: Planta de iluminación natural de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21 - Dic - 9am  
Fuente: Simulación Design Builder



Imagen 59: Modelo de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21 - Dic - 1pm  
Fuente: Simulación Design Builder

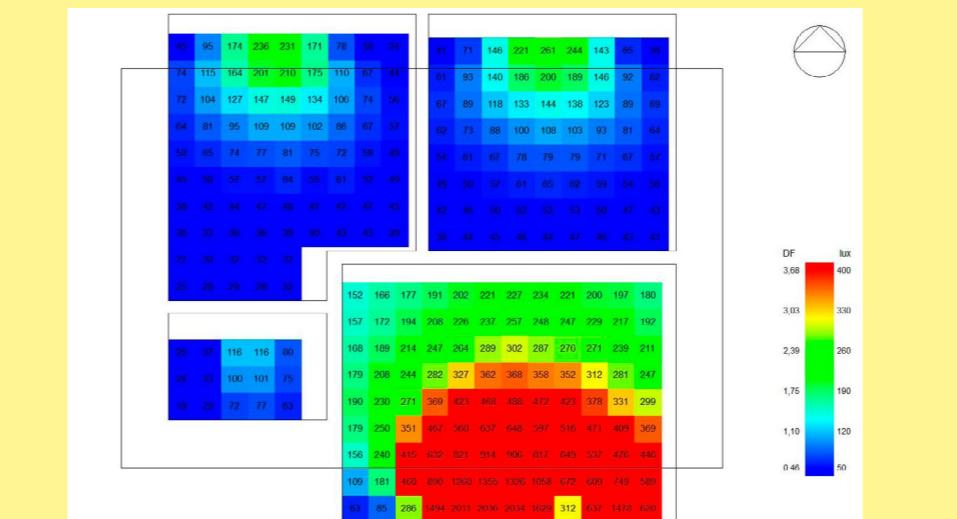


Imagen 60: Planta de iluminación natural de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21 - Dic - 1pm  
Fuente: Simulación Design Builder

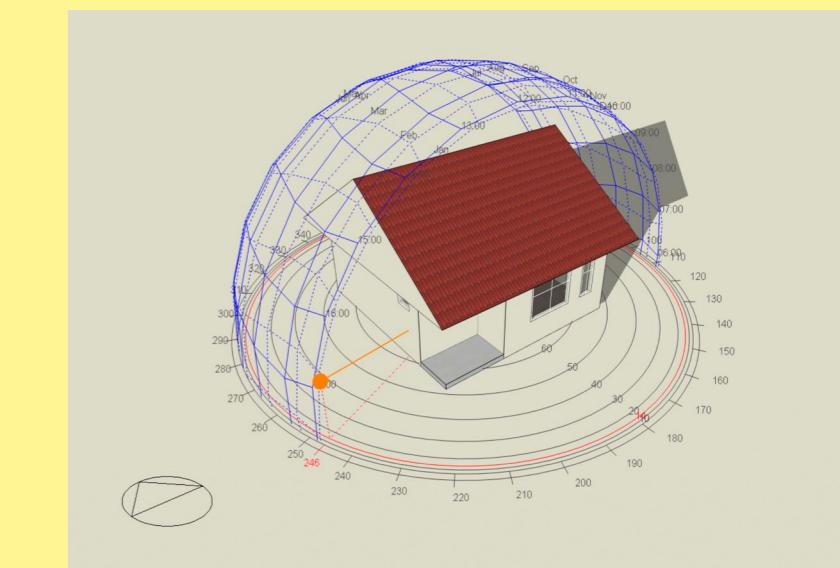


Imagen 61: Modelo de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21 - Dic - 5pm  
Fuente: Simulación Design Builder

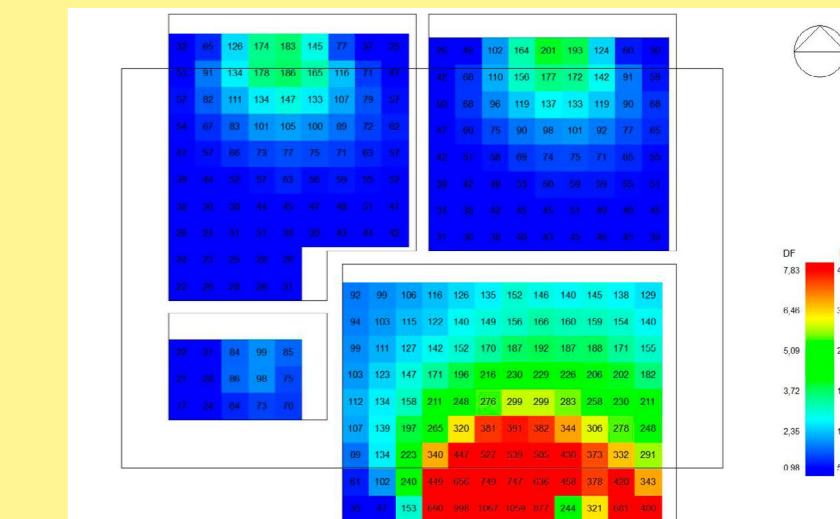
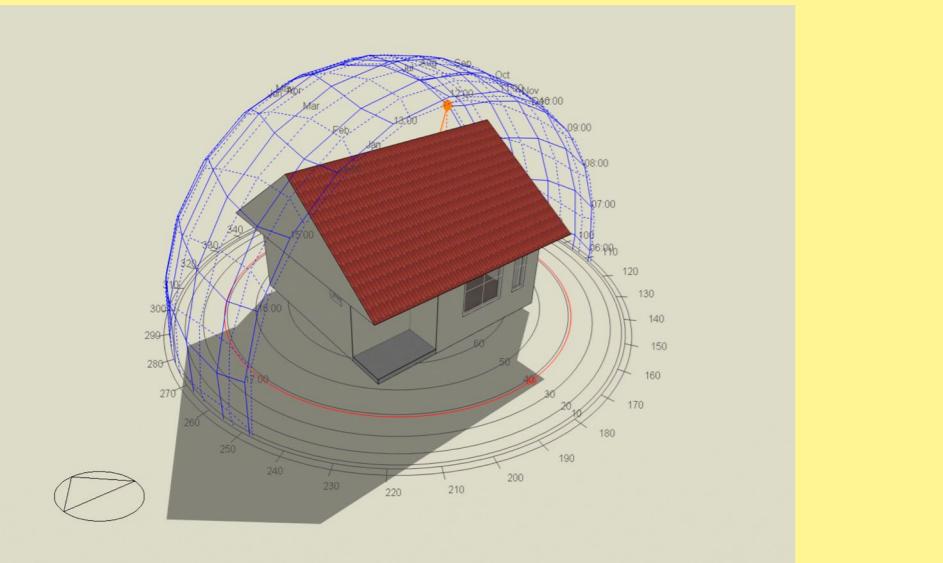
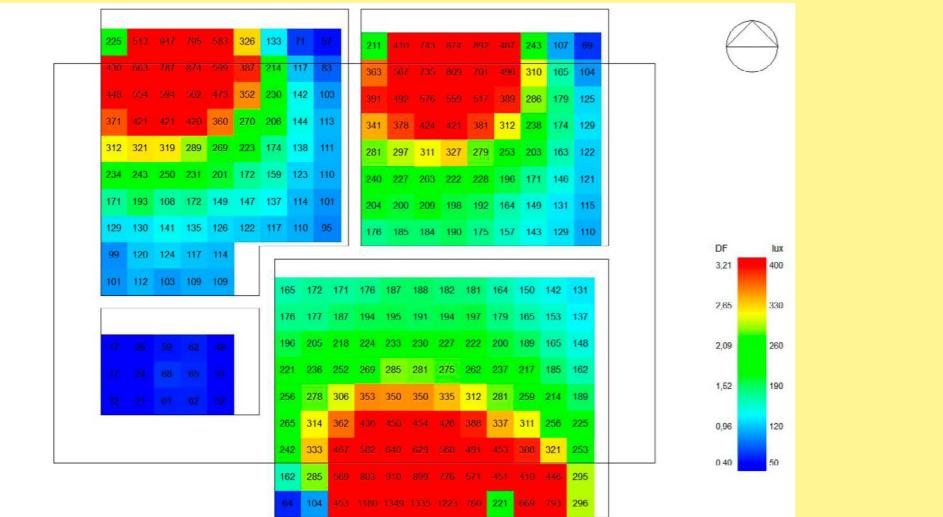


Imagen 62: Planta de iluminación natural de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21 - Dic - 5pm  
Fuente: Simulación Design Builder



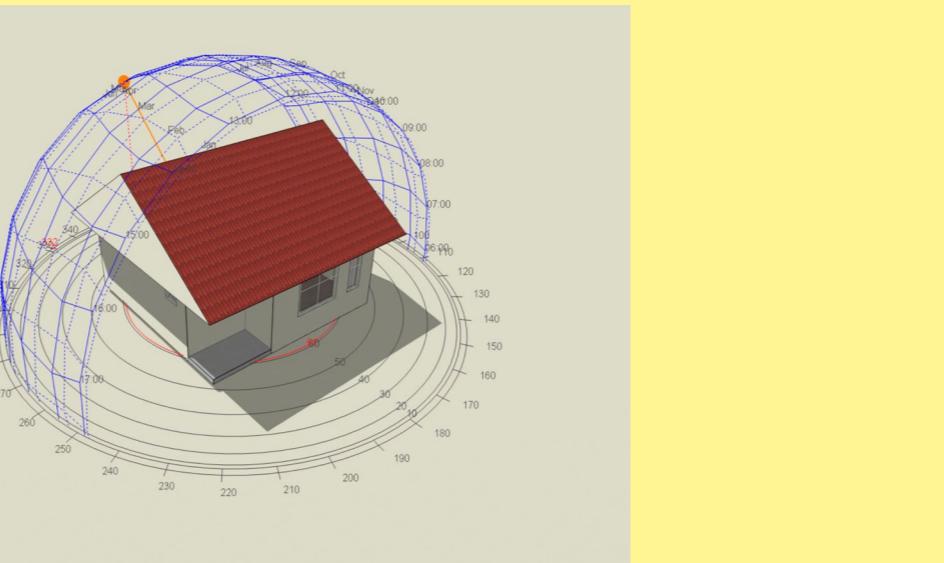
**Imagen 63:** Modelo de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21-Jun-9am

Fuente: Simulación Design Builder



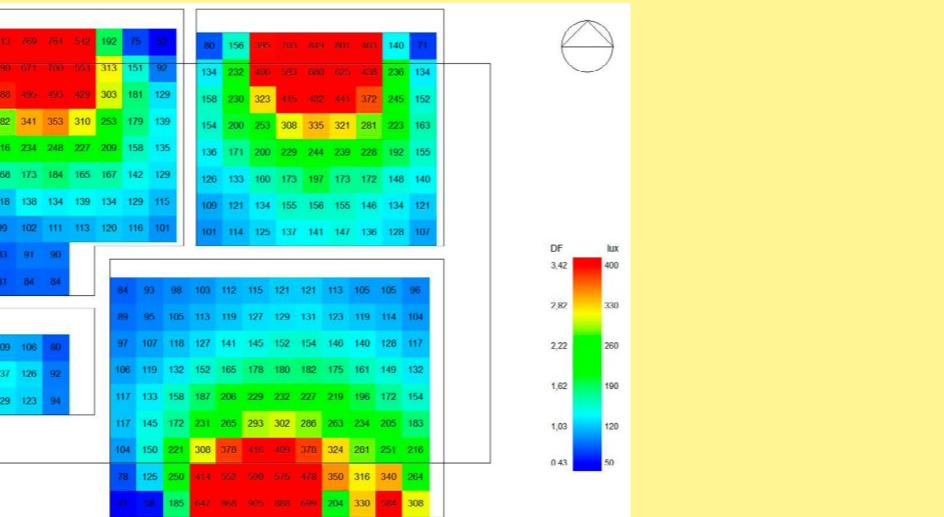
**Imagen 64:** Planta de iluminación natural de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21-Jun-9am

Fuente: Simulación Design Builder



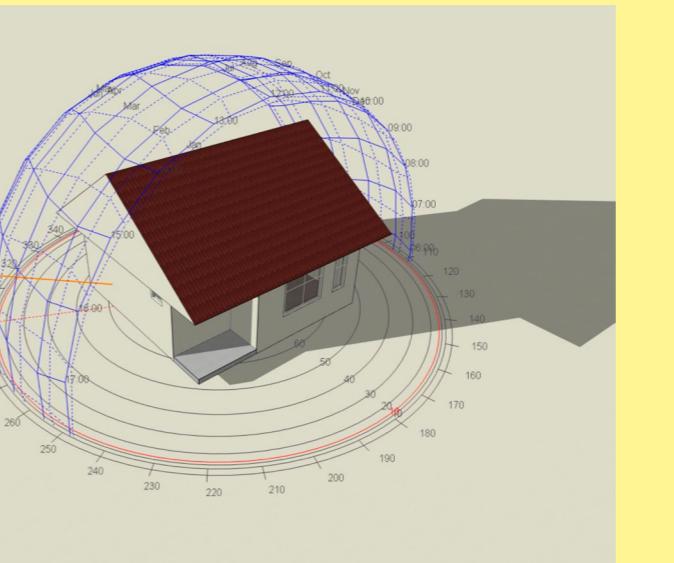
**Imagen 65:** Modelo de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21-Jun-1pm

Fuente: Simulación Design Builder



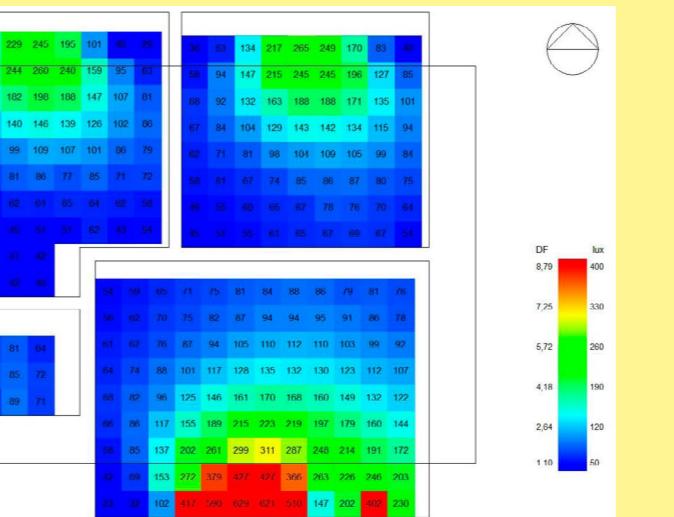
**Imagen 66:** Planta de iluminación natural de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21-Jun-1pm

Fuente: Simulación Design Builder



**Imagen 67:** Modelo de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21-Jun-5pm

Fuente: Simulación Design Builder



**Imagen 68:** Planta de iluminación natural de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI), con emplazamiento Sur-Norte 21-Jun-5pm

Fuente: Simulación Design Builder

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.2. ANÁLISIS LUMÍNICO EN LOS SOLSTICIOS

21 de junio

En lo que respecta al solsticio de verano, los paramentos de la fachada Posterior y la fachada Lateral Derecha son los más afectados en esta época del año, nótense en los gráficos adjuntos; seguir el análisis, los planos recibirán radiación solar la zona de servicio y áreas de descanso (dormitorios).

A continuación, se muestra el desarrollo del 21 de junio a las 9am, 1 pm y 5 pm.

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.3. CONCEPTOS, PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

Los materiales usados en la construcción, repercuten a lo largo del tiempo en el medioambiente; y esto puede ocurrir desde sus primeras etapas, como puede ser la de cosecha y procesamiento. Hasta que llegue al final de su vida útil y se convierta en un desecho u escombro (A.Cabello, 2016).

Por lo mencionado anteriormente es necesario implementar materiales sostenibles en la construcción, como es el bagazo de la caña de azúcar. Ya que los sistemas que se usan tradicionalmente poseen contaminantes que a lo largo de su vida útil pueden dañar al medio ambiente.

Según Luis de Garrido (De Garrido, s/f) se deben tener en cuenta los siguientes indicadores para evaluar materiales con mayor nivel ecológico:

- **Costo:** Es un factor de gran relevancia, ya que los materiales evaluados serán aplicados a un sistema constructivo para una vivienda de interés social, por lo que se requiere bajo coste en su producción y traslado a la obra. De esta manera podría cumpliría con que sea accesible.

- **Energía consumida en su fabricación:** Para disminuir el gasto energético en la en una edificación, primero se deben elegir los materiales y componentes cuya obtención y fabricación requieran una gasto energético casi nulo en su obtención, en nuestro caso es el bagazo de la caña de azúcar que se obtiene en todas las molendas de la zona, es decir que no requiere gasto energético para su obtención (hablando en términos del hormigón) debido a que es resultado de la obtención de alimentos a base de caña.

- **Conductividad térmica  $\lambda$  (W/mK):** “La conductividad térmica de un material es una medida de su capacidad de transferir energía térmica (calor), al imponer un gradiente de temperatura.”(Coox & Rivera, 2019). Para nuestro material se realizaron los ensayos de conductividad con anterioridad en el “Laboratorio de Ensayos Térmicos en Materiales y Elementos de Construcción” (LABET) de la “Escuela Superior Politécnica del Litoral” (ESPOL), mismos resultados fueron expuestos en el capítulo anterior.
- **Resistencia térmica  $R$  (m<sup>2</sup>K/W):** Es la capacidad de un material de oponerse al flujo de calor.
- **Transmitancia térmica  $U$  (W/m<sup>2</sup>K):** Es una propiedad física que determina la facilidad de flujo de calor a través de un elemento. A diferencia de la conductividad térmica, la transmitancia considera las dimensiones y los elementos constitutivos del elemento analizado.
- **Confort térmico:** Es la sensación que expresa la satisfacción de los usuarios con respecto al ambiente o espacio térmico, es decir las personas experimentan una sensación de no tener calor ni frío; esto dependerá de las diferentes condiciones a las que este sometidos sus ocupantes, temperatura, humedad y movimiento de la ropa los cuales deberán ser favorables a las actividades que desarrollan dentro de una edificación o vivienda(Cox & Rivera, 2019).

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

#### 4.2.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICA DEL CASO DE ESTUDIO

La "arquitectura bioclimática", entendida en términos conceptuales, se fundamenta en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenida durante el proceso del proyecto y la obra" (Flavio Celis D'Amico, 2000).

Cabe señalar, el concepto propuesto por Celis nace del sentido común para analizar su entorno, en este caso, mediante el software Climate Consultant obtuvimos información relevante sobre las condiciones climáticas anuales de la zona de estudio como es el caso de la temperatura y la humedad relativa máxima; velocidad, dirección, temperatura y humedad relativa del viento.

Como se muestra en el gráfico #, el mes de abril posee la temperatura y la humedad más elevada, además, en el gráfico # demuestra con mayor precisión que entre las 10am y 6pm son las horas con mayor. Por lo tanto, en el diagrama de Givoni, gráfico #, se analizó en abril entre las 10 am y 6pm obteniendo como resultado que solo 19 horas se encuentra en confort, esto representa el 17% del total de horas analizadas.

Por esta razón se realizaron las simulaciones del sistema tradicional en aquel mes y dichas horas, en la vivienda con el sistema tradicional se obtuvo como resultado temperaturas fuera de la zona de confort.

con el análisis, ma, envolvente, getación, prote texturas". Para realizarán ciert

Por otro lado, para aumentar el tiempo de **Envolvente**

estrategias de diseño, las más favorables según el Climate Consultant son: la protección solar de ventanas, sumando 202 horas extras de confort que representa un 74,8% extra y el enfriamiento, agregando deshumidificación si es necesario, sumando 82 horas extras de confort que representa un 67,4% extra. Por tales motivos, se aplicarán estrategias pasivas en el Proyecto Casa Para Todos “La Cría” con el fin de alcanzar dichos valores.

Según (Pérez et al., 2013) "Se denomina estrategias pasivas a todos los casos en que se genera el intercambio de energía para y desde la edificación, realizado por medio de un proceso natural por radiación, conducción y convección. Además, los mismos están relacionados al diseño de la vivienda tener funciones de aislamiento, selección de las fuentes de energía renovables, generación y ventilación. Por lo que para que las viviendas pasivas puedan intercambiar energía con el exterior, los paramentos utilizados deben ser de tipo termodifusivo".

la orientación, factor formación, cubierta, vección y control solar, color y diseño. En este caso de estudio se realizó un análisis en específico:

nal por el sistema de paneles, de este modo se controla la temperatura exterior y la temperatura interna de la vivienda.

De igual manera, para revisar la definición de la estrategia de cubierta referimos a (Mercon, 2008). El cual dice que: “La cubierta es un elemento de gran importancia. Se caracteriza por cumplir la función de sombrilla y de paraguas y, en algunos casos, llega a descomponerse en multitud de cubiertas sobrepuertas, que se protegen mutuamente de la radiación, a la vez que disipan por ventilación la energía absorbida”. Por lo cual se podría optar como recomendación usar mayor área de cubierta para mejorar la protección solar. Por otro lado, es preciso señalar que la zona de estudio se encuentra dentro de la latitud cero, lo que significa que la cubierta recibirá la mayor parte de la radiación solar durante el día, por esta razón el panel propuesto también será colocado en la misma.

tructivo propuesto  
manera será aislada  
del lugar con la in-

The figure is a circular sunburst chart representing wind data for October 2022. The outer ring is divided into 12 segments, each representing a month from JUNIO 22 to DIC 22. The inner ring is divided into 12 segments, each representing a month from JUNIO 22 to DIC 22. The innermost circle is divided into 12 segments, each representing a month from JUNIO 22 to DIC 22. The center of the chart is a square grid representing a specific location. The grid has a scale of 14 m/s and a 0 m/s mark. The chart is oriented with 'NORTE' at the top. The segments are color-coded: light blue for JUNIO 22, JULIO 22, and AUG 13; light green for AUG 28, SEPT 11, and SEPT 24; yellow for OCT 6, OCT 20, and NOV 4; and red for NOV 22 and DIC 22. The segments are further subdivided into smaller sectors, with the largest sectors being light blue and light green.

**Imagen 69:** Diagrama de análisis aplicada al caso de estudio  
**Fuente:** Elaboración propia

**LOCATION:** SANTA ISABEL, -,-  
 Latitude/Longitude: 3.281° South, 79.314° West, Time Zone from Greenwich-5  
 Data Source: MN7 999 WMO Station Number, Elevation 1561 m

**LEGEND**  
 COMFORT INDOORS  
 100% COMFORTABLE  
 0% NOT COMFORTABLE

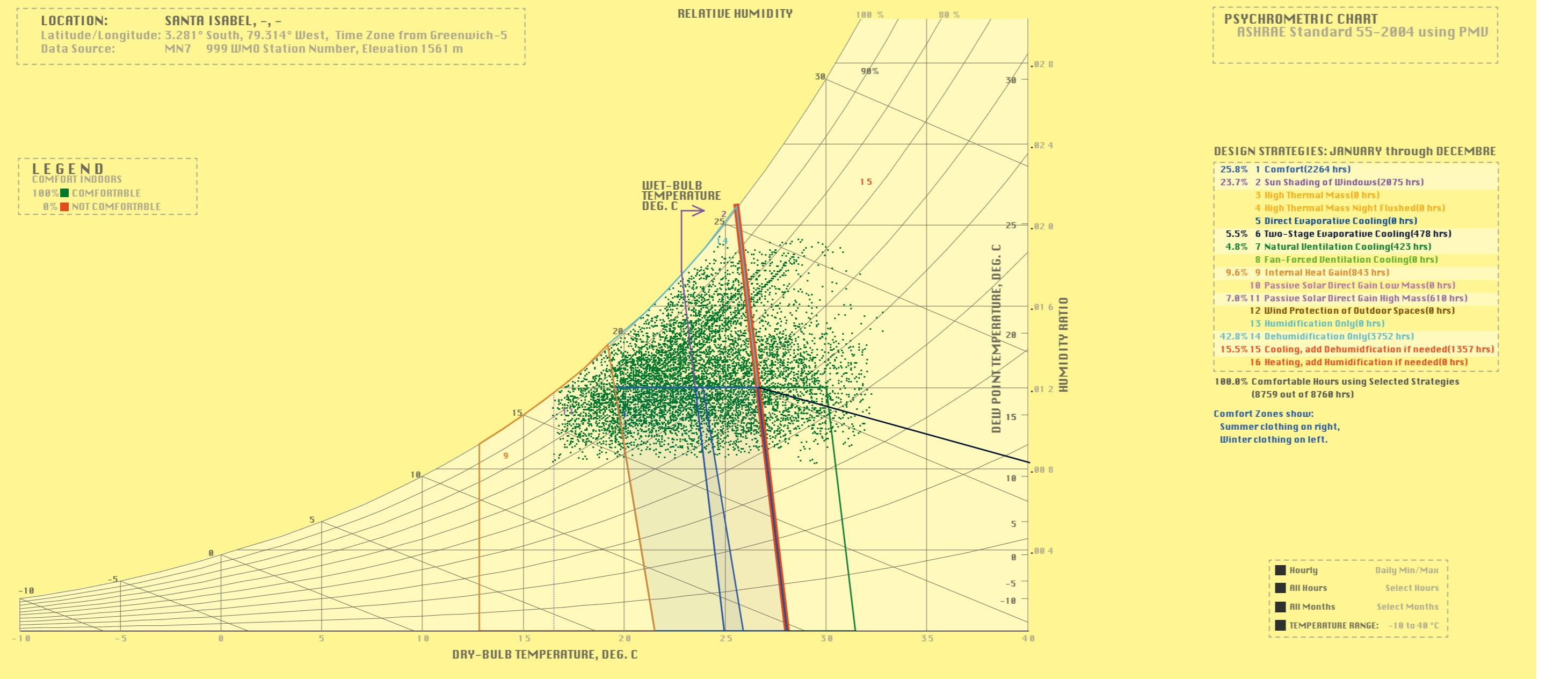


Imagen 70: Diagrama psicométrico anual del Cantón Santa Isabel  
 Fuente: Fichero climático, Software Climate consultant

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICA DEL CASO DE ESTUDIO

Revisando el diagrama psicométrico, imagen 70, el software freee lista estrategias de diseño respecto a los datos climáticos de la zona. El sistema constructivo propuesto busca solucionar los valores más representativos del diagrama, que son:

- Protección solar de las ventanas (**23.7%**);
- Deshumidificación (**42.8%**);
- Enfriamiento y deshumidificación (**15.5%**).

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

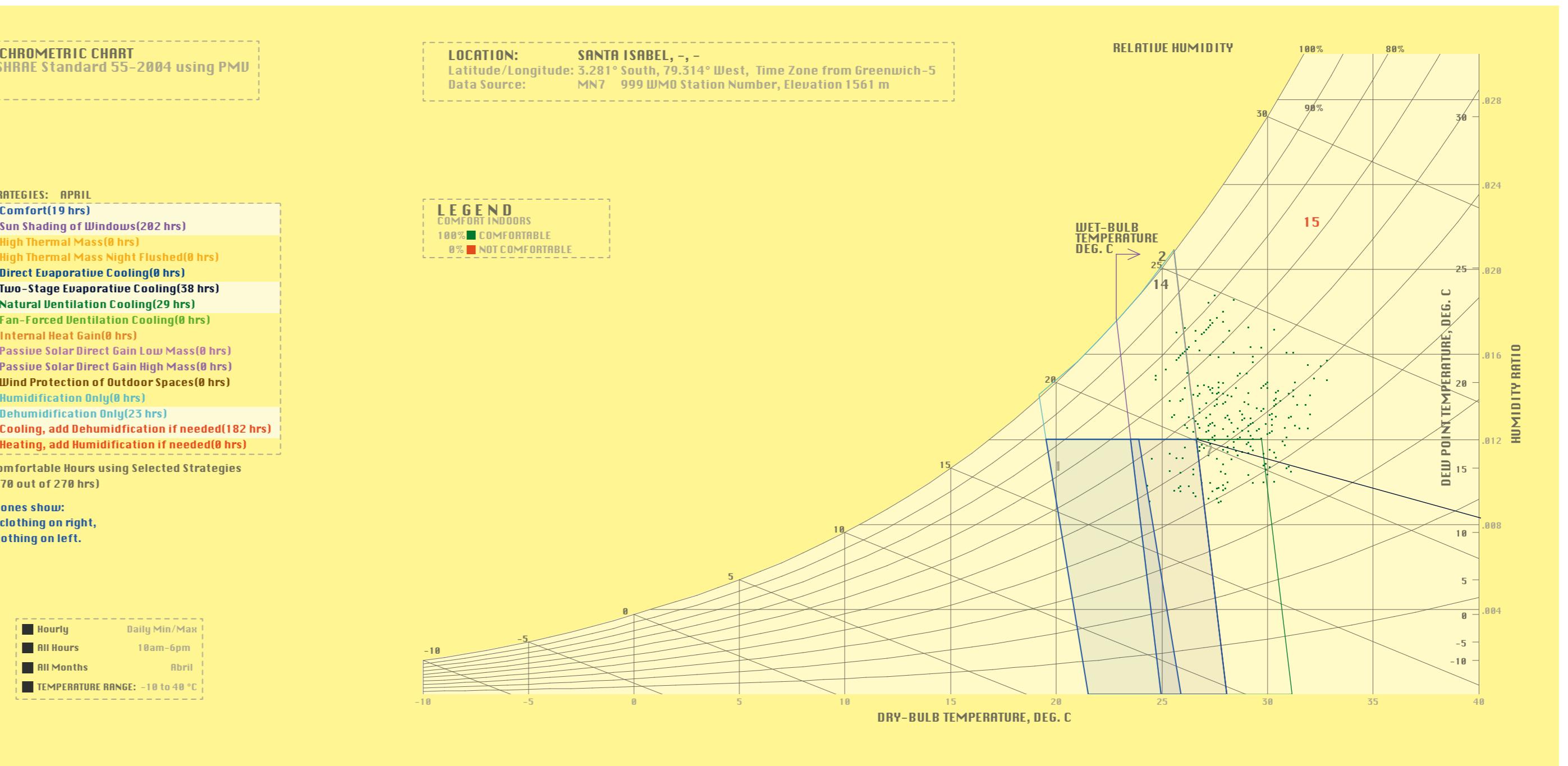
### 4.2.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICA DEL CASO DE ESTUDIO

Asimismo, el análisis se realizó en el mes de abril, imagen 07, ya que es el mes más caliente del año, entre las 10 am a 6 pm, imagen 08, debido a que se registraron las mayores temperaturas del dicho mes.

Por lo tanto, en el mes más cálido presentamos las siguientes estrategias:

- Protección solar de las ventanas (**74.8%**);
- Deshumidificación (**8.5%**);
- Enfriamiento y deshumidificación (**67.4%**).

Por lo expuesto, el sistema constructivo de paneles de hormigón aglomerado con el bagazo de la caña de azúcar, buscará ser un material de baja transmitancia térmica el cual ayudará a bajar la temperatura interna.



**LOCATION: SANTA ISABEL, -,-**  
Latitude/Longitude: 3.281° South, 79.314° West, Time Zone from Greenwich-5  
Data Source: MN7 999 WMO Station Number, Elevation 1561 m

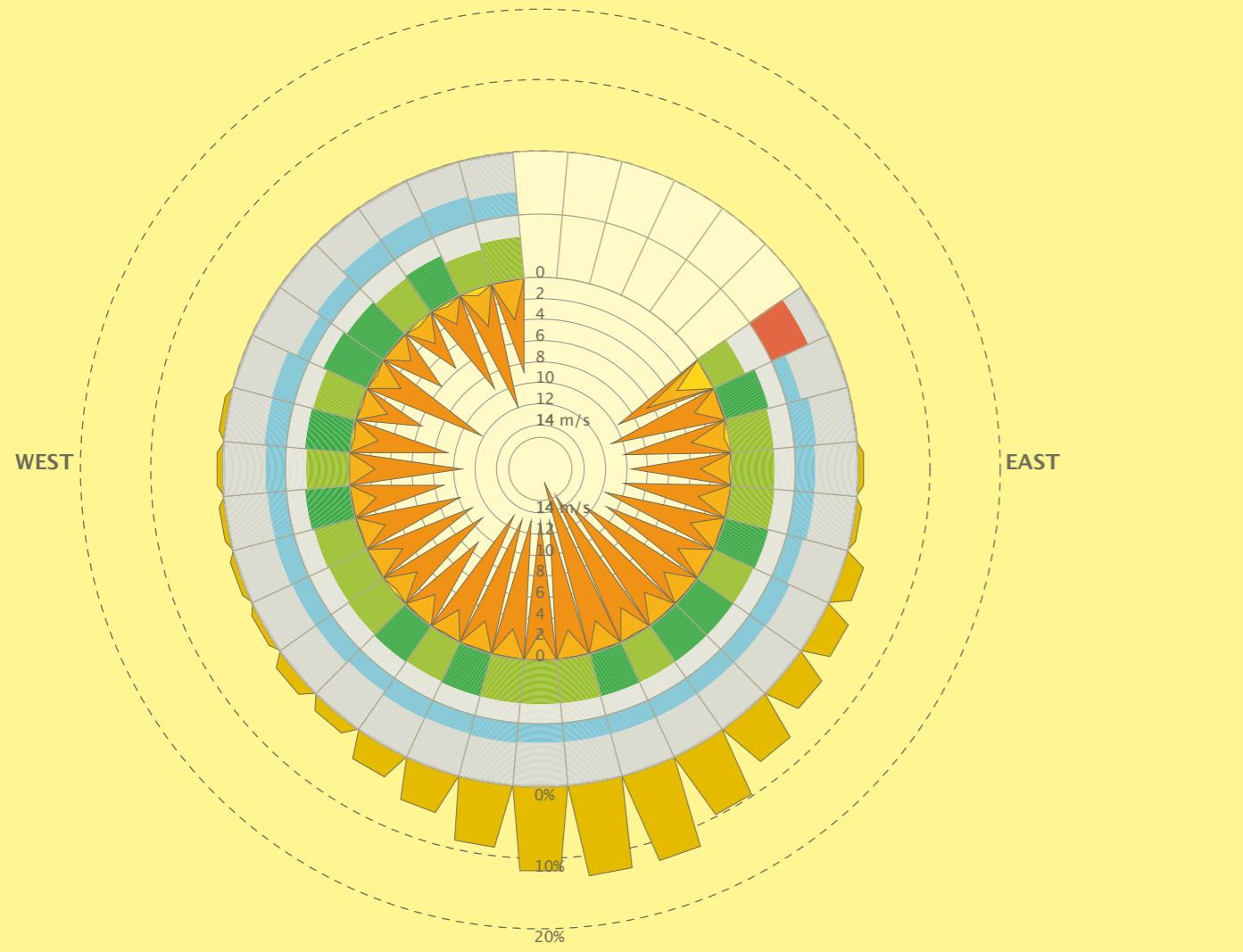


Imagen 72: Diagrama de la dirección del viento anual del Cantón Santa Isabel  
Fuente: Fichero climático, Software Climate consultant

N  
↑  
JANUARY - DECEMBER

WIND WHEEL



## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICA DEL CASO DE ESTUDIO

Por otro lado, el viento registrado por el fichero climático para la zona de estudio proviene del sur, con una desviación del 10° hacia el este, imagen 72, los cuales pueden llegar a tener unas velocidades mayores a 14 m/s, con temperaturas entre los 21-27°C. Estos datos son importantes debido a que se puede identificar en qué dirección orientar las aberturas de la vivienda para una óptima ventilación.

## 4.2. CASO DE ESTUDIO SISTEMA ACTUAL

### 4.2.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICA DEL CASO DE ESTUDIO

En lo que respecta al mes más caliente, abril, se obtuvieron los siguientes datos entre los parámetros de las captaciones de energía más altas, 10am – 6pm:

- La dirección del viento es la misma que la predominante de todo el año, **sur**.
- La temperatura del viento se encuentra entre los **27-38°C** con un rango de humedad de entre **30% al 70%**.
- El viento alcanza una velocidad de hasta **14 m/s**.

Cabe señalar que, si bien esta información (estrategia pasiva) obtenida es importante tomar en consideración para el diseño de viviendas, no fue imprescindible para el cálculo de zona de confort en el interior del caso de estudio, ya que, para ser tomada en cuenta es preciso considerar la ubicación del proyecto y las barreras que puede impedir el flujo del viento, por lo que, podría tomar una dirección de viento diferente a las presentadas en las **imágenes 72 y 73**. Se recomienda calcular la dirección del viento in situ para obtener unos datos precisos sobre dirección, velocidad, temperatura y humedad del viento.

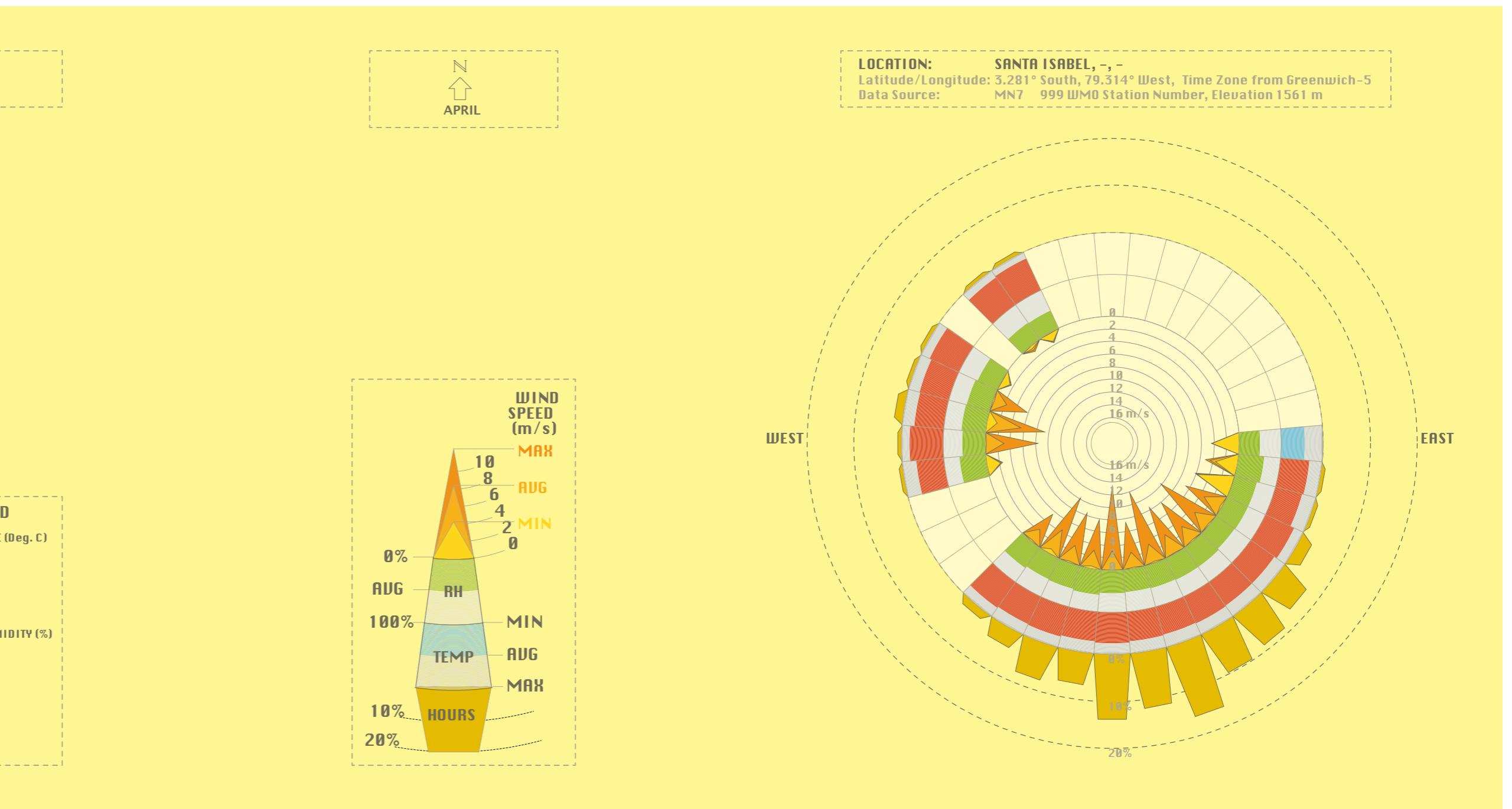


Imagen 73: Diagrama de la dirección del viento, más datos del Caso Santa Isabel  
 Fuente: Ficheroclimatico, Software Liner consult

### 4.3. ANÁLISIS DE SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

La vivienda de interés social implantada en los valles se caracteriza por usar como sistema constructivo los siguientes elementos:

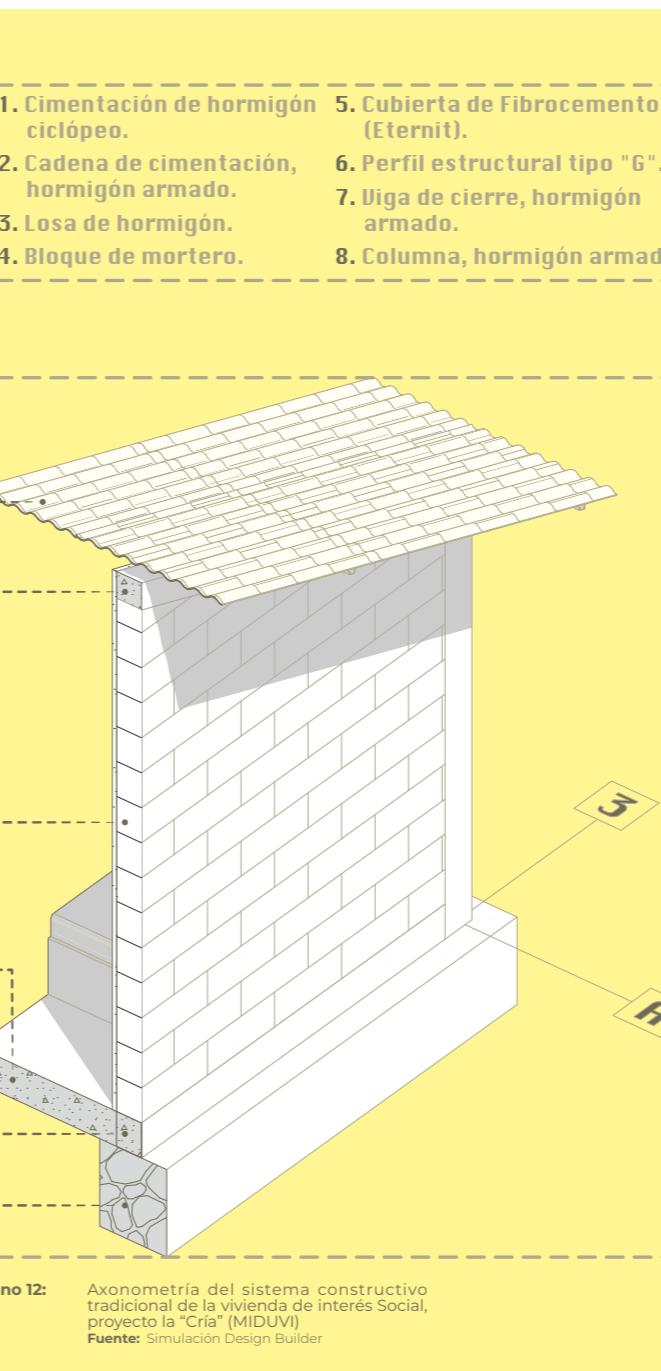
- **Paramentos:** Bloque de mortero en hiladas.
- **Piso:** Losa de hormigón armado.
- **Cubierta:** Fibrocemento (Eternit).

En lo que respecta a la estructura de la vivienda, tenemos una cimentación corrida de hormigón ciclópeo; cadenas, columnas y vigas de hormigón armado. Finalmente, en la cubierta tenemos perfiles estructura-

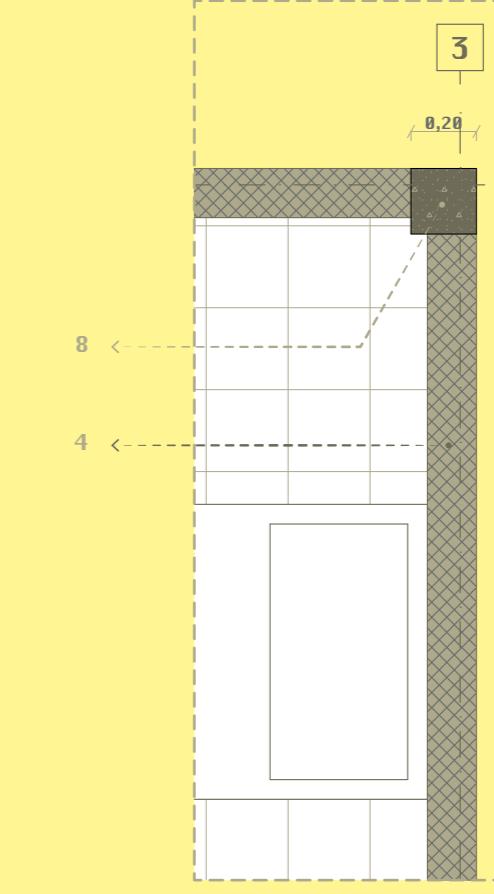
les de acero anclados a las vigas de hormigón armado, de tal manera para que estas sirvan de apoyo a las planchas de fibrocemento que servirán de cubierta, se puede observar el sistema en los gráficos adjuntos.

Por lo tanto, se va a analizar el sistema constructivo tradicional para realizar las evaluaciones energéticas, rendimiento del material ante condiciones de confort térmico y humedad relativa en los días de mayor incidencia solar.

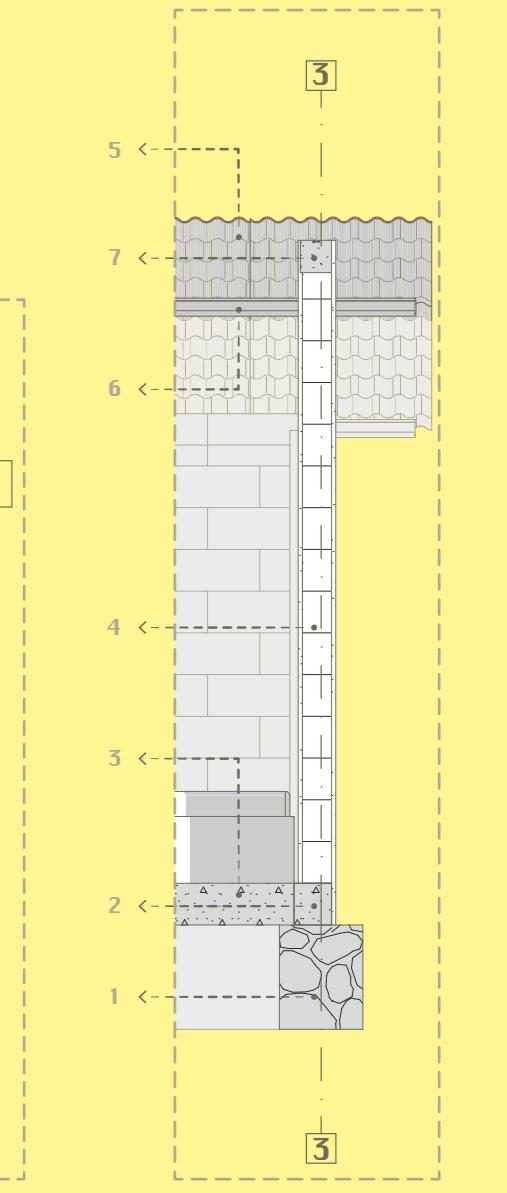
Plano 12: Axonometría del sistema constructivo tradicional de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cria" (MIDUVI)  
Fuente: Simulación Design Builder



Plano 12: Axonometría del sistema constructivo tradicional de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cria" (MIDUVI)  
Fuente: Simulación Design Builder



Plano 13: Planta del sistema constructivo tradicional de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cria" (MIDUVI)  
Fuente: Simulación Design Builder



Plano 14: Sección del sistema constructivo tradicional de la vivienda de interés Social, proyecto la "Cria" (MIDUVI)  
Fuente: Simulación Design Builder

## 4.3. ANÁLISIS DE SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

### 4.3.1. CÁLCULO TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

En base a los documentos bibliográficos revisados, los mismos que analizan propiedades térmicas de materiales utilizados en la construcción de viviendas de interés social en el territorio nacional. Además, con ayuda del software mencionado anteriormente (Design Builder) logramos obtener las conductividades, resistencias y transmitancias de los sistemas constructivos.

En lo que respecta al piso, tenemos una losa hormigón armado de 0.10m, con una conductividad térmica de 3.448 W/m2k.

En los paramentos ( $e=0.18m$ ) conformados por bloque de mortero y una capa de enlucido en sus extremos tenemos una conductividad de 4.163 W/m2k. Finalmente, en la cubierta conformada por planchas de fibrocemento de  $e=0.01m$ , tenemos una conductividad de 5.889 W/m2k.

A continuación, se detalla el sistema constructivo con sus dimensiones, espesores, transmitancias, resistencias y conductividades.

#### ANÁLISIS: SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

Elemento	capas de materiales	espesor (m)	espesor total (m)	conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica "R" (m2K/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA DE COMPLEJO "U" (R)
<b>Piso</b>	Losa de hormigón	0,1	0,1	1	0,9	<b>3.448</b>
<b>Paramentos</b>	Enlucido 1:3	0,02	0,18	3,35	-	<b>4.163</b>
	Bloque de hormigón	0,14				
	Enlucido 1:3	0,02				
<b>Cubierta</b>	Pintura elastomérica	0,00	0,01	1	0,017	<b>5.889</b>
	Placa de fibrocemento (Eternit)	0,01				

Tabla 15: Análisis de las conductividades del sistema constructivo tradicional de la casa del M° D. VI  
Fuente: elaboración propia

#### CÁLCULO DE RESISTENCIAS

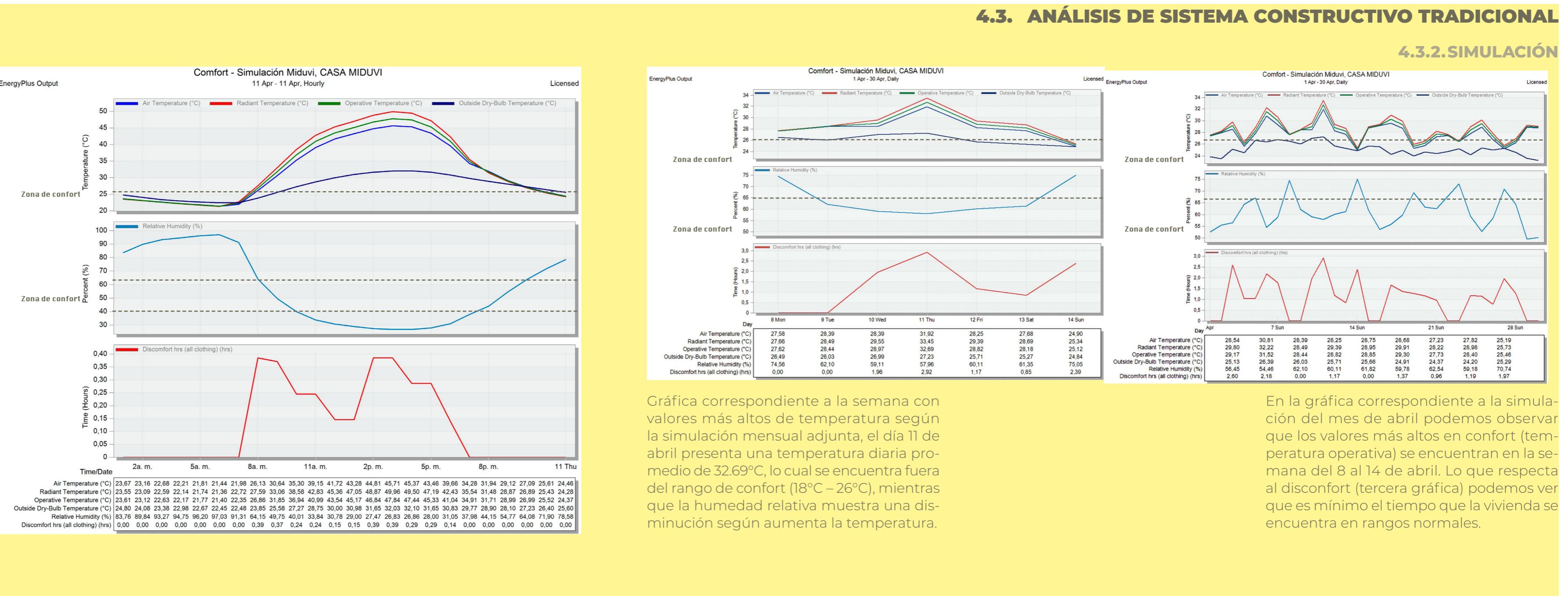
#### SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

Material	Espesor (m)	Cond. Térn	Resistencia
<b>Enlucido - Mortero</b>	0,02	1,2	0,016
<b>Bloque de hormigón</b>	<b>0,1</b>	<b>0,31</b>	<b>0,326</b>
<b>Eternit</b>	0,01	4,76	0,0021
<b>Pintura de cubierta</b>	0,001	0,056	0,019

Tabla 16: Cálculo de resistencias del sistema constructivo tradicional de la casa del M° D. VI  
Fuente: elaboración propia

## 4.3.2. SIMULACIÓN

Para las simulaciones se usó el software Design Builder, en el cual se cargó el archivo del fichero climático mencionado con anterioridad. En función a los datos obtenidos por el fichero se realizará la simulación en el mes de abril, para posterior revisar qué día es el más caliente. En el análisis se va a tomar en cuenta la orientación Sur – Norte.



## 4.4. CASO DE ESTUDIO SISTEMA PROUESTO

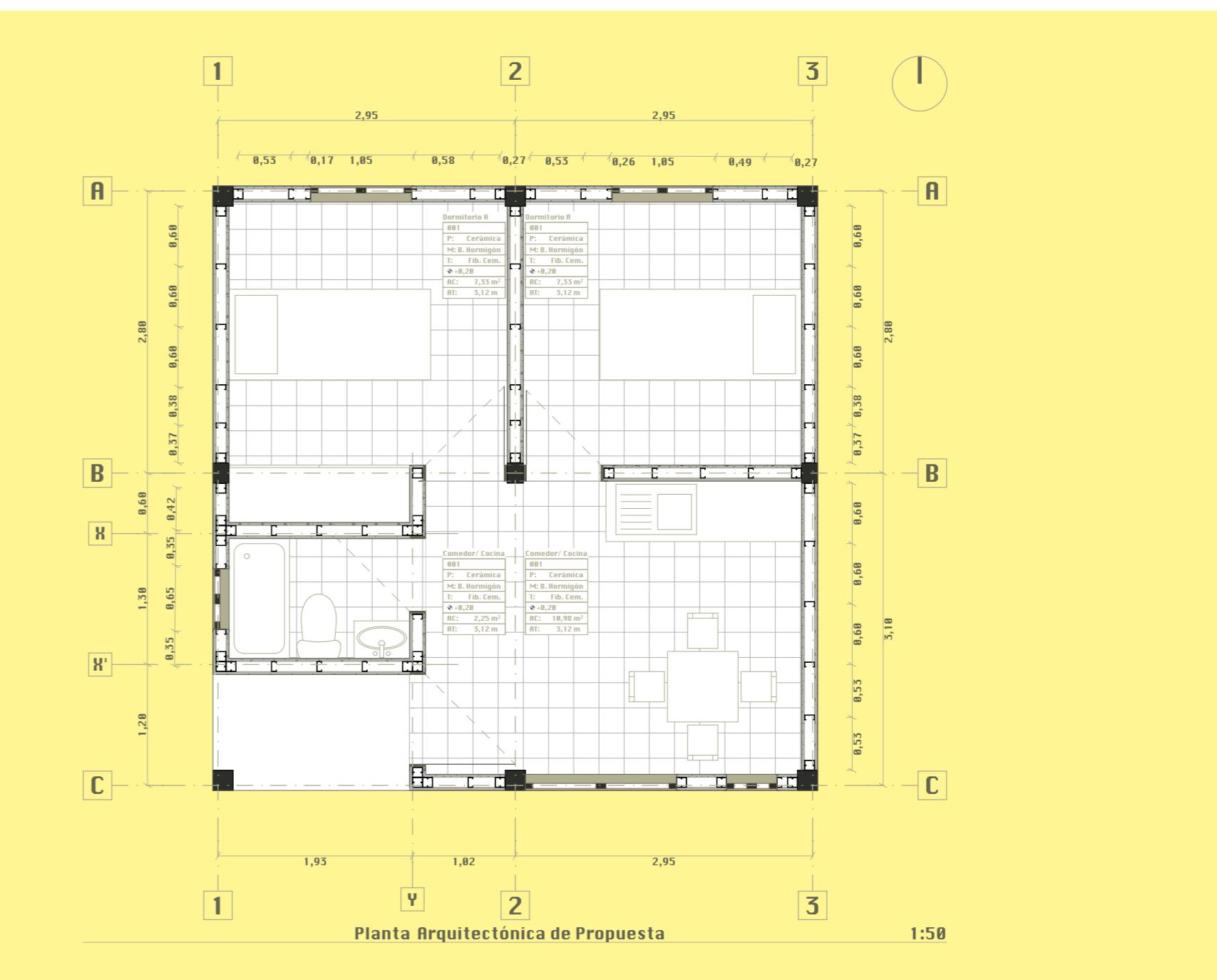
### 4.4.1. APPLICACIÓN DE PROPUESTA AL CASO DE ESTUDIO

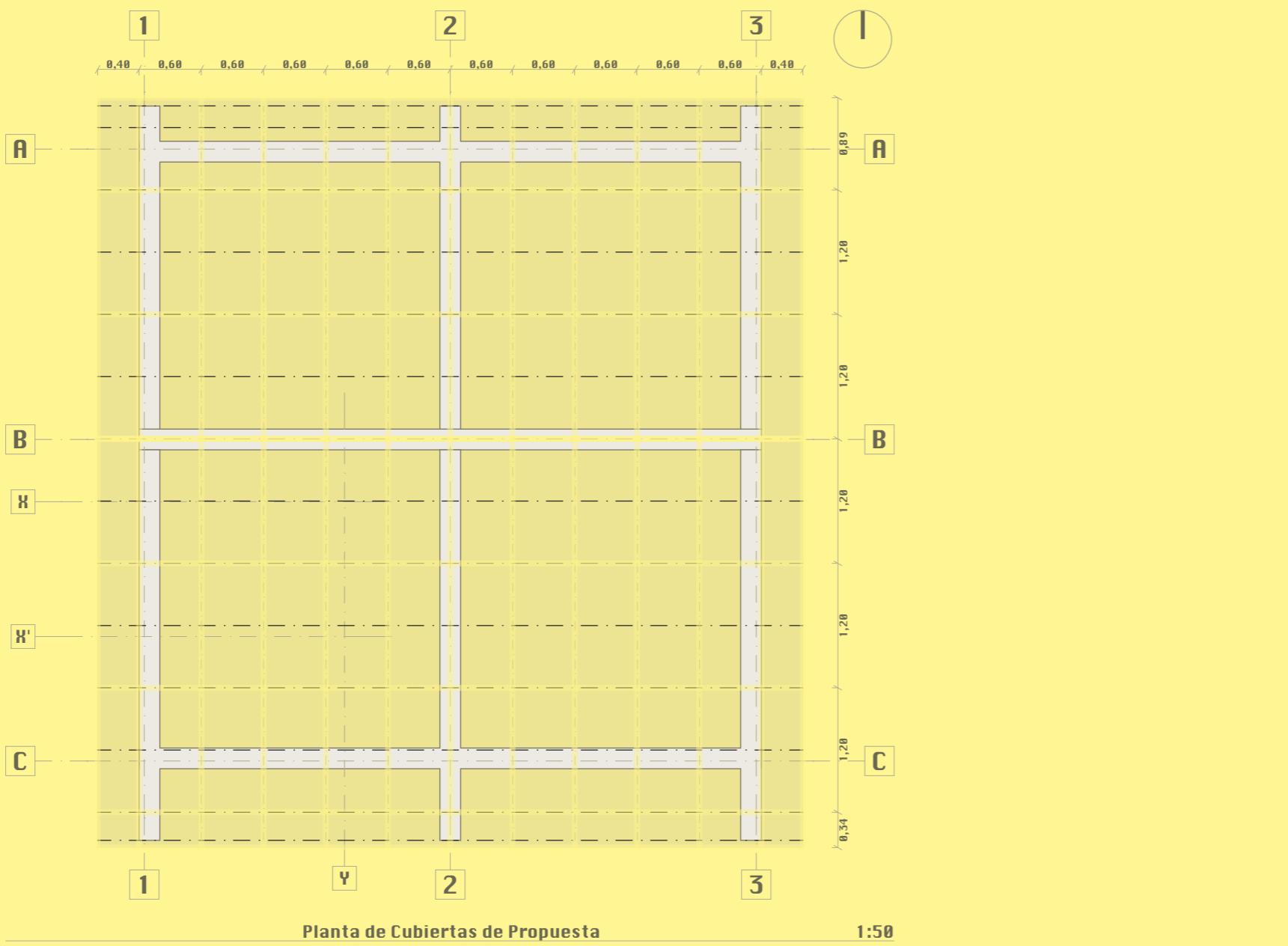
Según (Flavio Celis D'Amico, 2000), existen varios tipos de edificaciones bioclimática que van desde los que solo se preocupan de conseguir una alta eficiencia energética una vez construidos, sin incluir más variables ecológicas que las derivadas del ahorro energético a largo plazo; hasta las que no sólo se preocupan de mantener buenos balances energéticos, sino también en adecuarse al medio en un sentido más extenso (Flavio Celis D'Amico, 2000). Es preciso decir, la vivienda del MIDUVI, presenta deficiencias en las condiciones bioclimáticas. Por lo que, el panel se llevó a cabo por la preocupación del sistema constructivo aplicado

al caso de estudio, las estrategias pasivas y materiales usados en el mismo.

Con la finalidad de llegar a la zona de confort, aumentando las condiciones de habitabilidad en nuestro caso de estudio, el Proyecto Casa Para Todos "La Cría", se llevará a cabo la adecuación de la propuesta constructiva "tradicional" realizada en 2014. La actual propuesta es intercambiar el sistema tradicional de bloque de hormigón, actual paramento, con el sistema constructivo basado en steel frame.

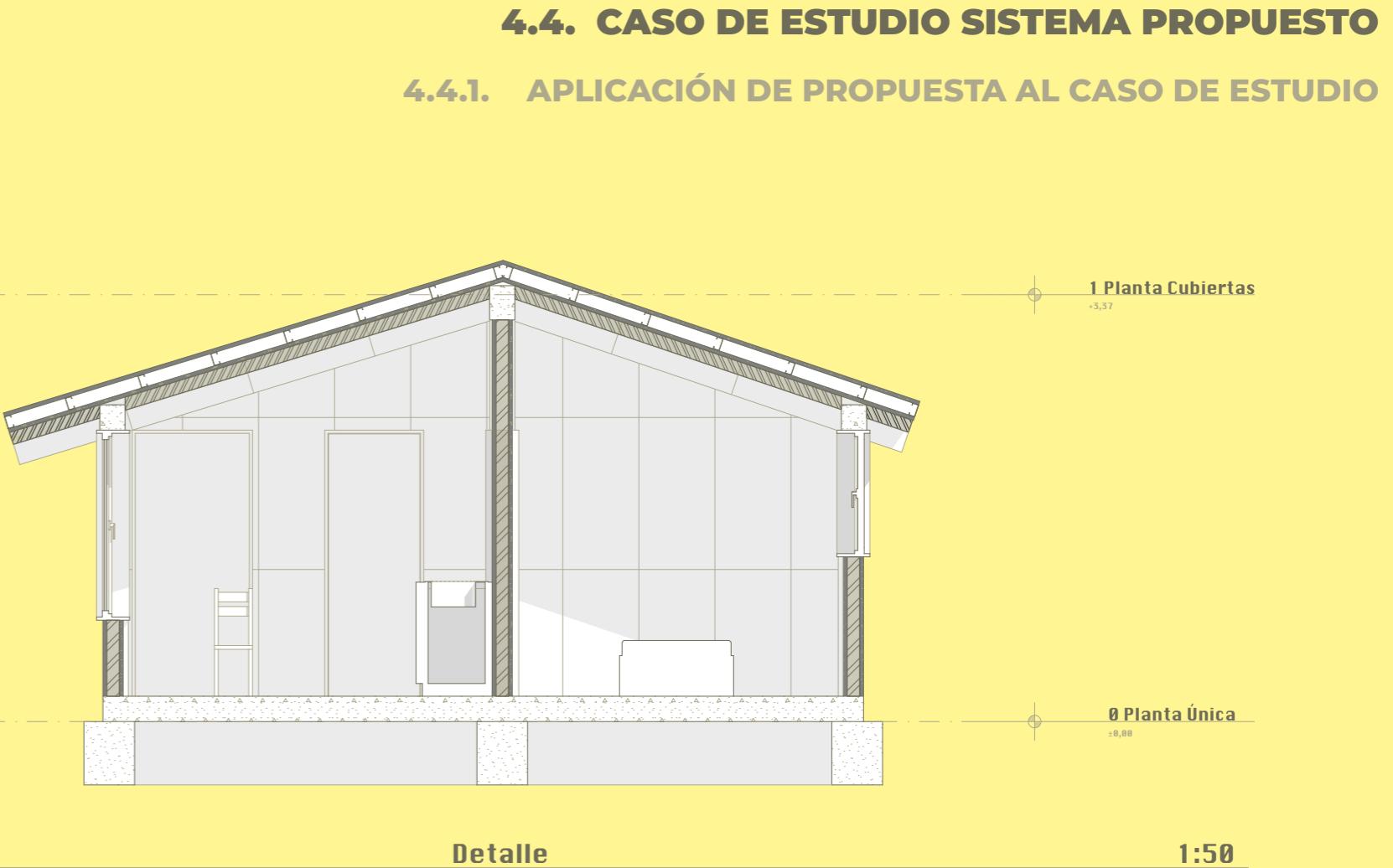
Además, los paneles aglomerados con fibra de caña de azúcar que se colocarán como recubrimiento externo, mejorando la transmitancia térmica y por ende disminuyendo la temperatura interior de la vivienda. Además, las estrategias pasivas anteriores fueron aplicadas en la actual propuesta, con el fin de evitar y/o utilizar los distintos procesos naturales mejorando dichas condiciones.





Plano 16: Planta de cubiertas de la Propuesta, Vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI).  
Fuente: Elaboración Propia.

Caldas | Galarza



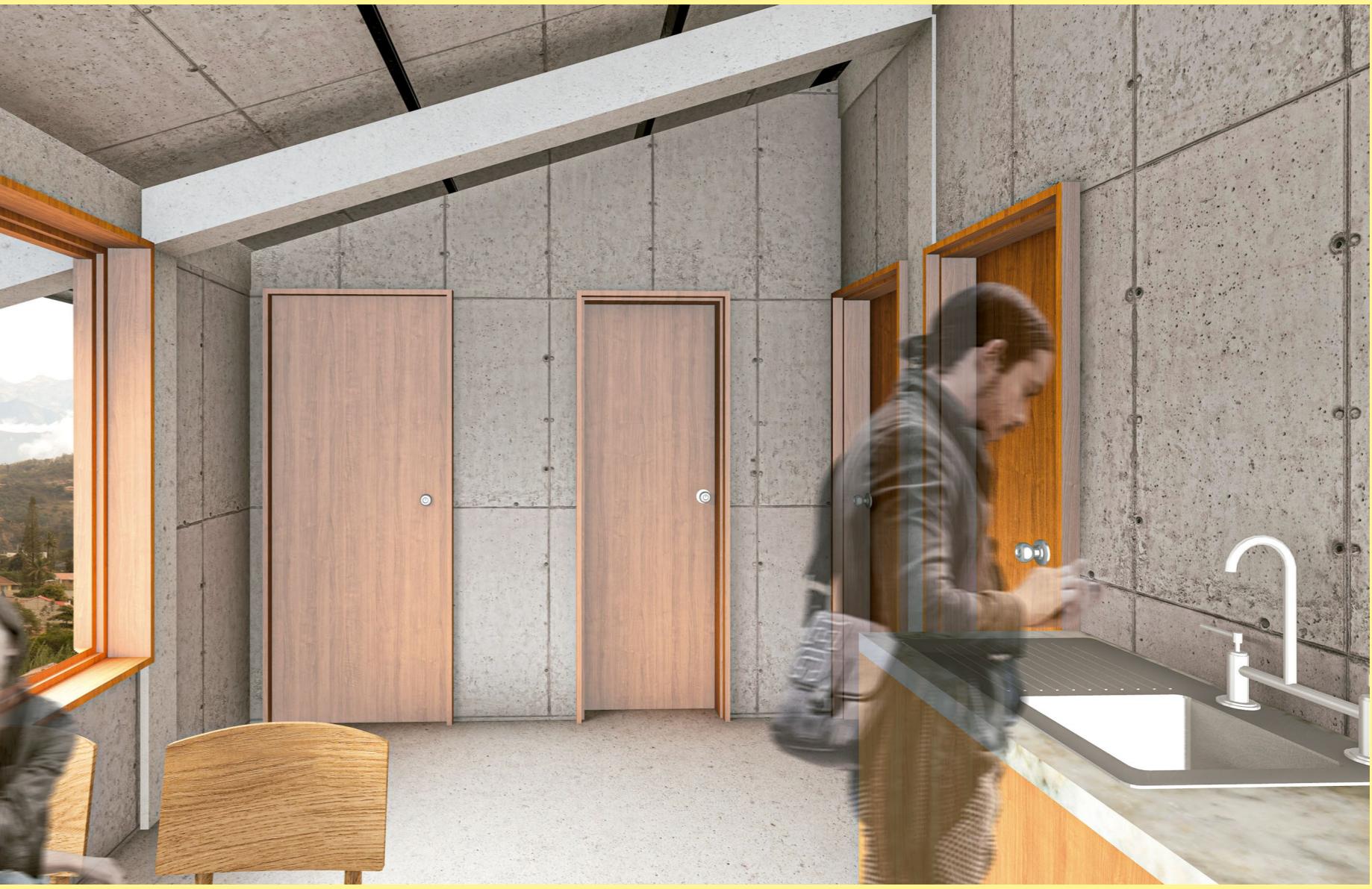
Plano 17: Sección longitudinal de la Propuesta, Vivienda de interés Social, proyecto la "Cría" (MIDUVI).  
Fuente: Elaboración Propia.

Caldas | Galarza



**Imagen 77:** Render de la vivienda con la propuesta de paneles  
**Fuente:** Simulación Design Builder

Caldas | Galarza



**Imagen 78:** Render de la vivienda con la propuesta de paneles  
**Fuente:** Simulación Design Builder

Caldas | Galarza

## 4.4. CASO DE ESTUDIO SISTEMA PROPUESTO

#### 4.4.1. APLICACIÓN DE PROPUESTA AL CASO DE ESTUDIO



**Imagen 79:** Render de la vivienda con la propuesta de paneles  
**Fuente:** Simulación Design Builder



the paneles  
sign Builder



**Imagen 81:** Render de la vivienda con la propuesta de paneles  
**Fuente:** Simulación Design Builder



paneles  
Design Builder



**Imagen 83:** Render de la vivienda con la propuesta de paneles  
**Fuente:** Simulación Design Builder

## 4.5. ANÁLISIS DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA PROPUESTA

Una vez realizada la simulación del sistema constructivo tradicional en la vivienda de interés social, ahora se realizará el análisis del sistema propuesto aplicado en la unidad habitacional.

Como antecedente del uso del hormigón industrializado existen diversas investigaciones acerca de los materiales más utilizados en la construcción de vivienda de interés social. Tales como es el Catálogo iberoamericano de técnicas constructivas industrializadas para vivienda de interés social realizado por la Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Castañeda, 2005) donde

se realiza a nivel de síntesis el país, la técnica constructiva, espesor y material.

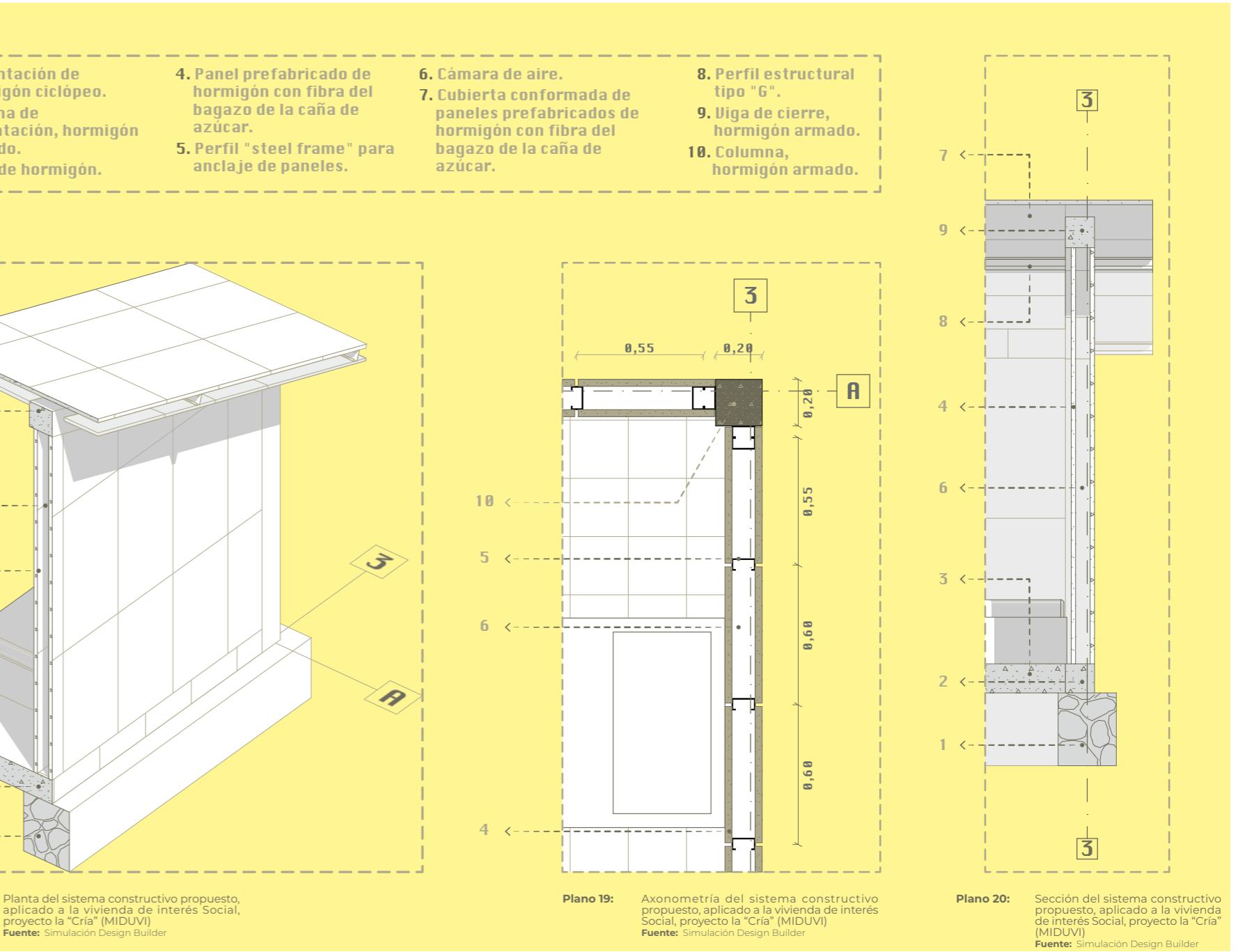
De igual manera en el artículo de la revista ESTOA perteneciente a la Universidad de Cuenca, en su artículo Revisión de la industrialización de la vivienda y de tres experiencias de sistemas constructivos en Latinoamérica (Samaniego, 2012). Manifiesta que el hormigón armado predomina en un 60%, seguido del acero en un 19%, albañilería 14% entre otros.

En la propuesta se utilizarán los siguientes materiales:

- **Paramentos:** Sistema de paneles de hormigón con fibra del bagazo de la caña de azúcar con cámara de aire.
- **Piso:** Paneles de hormigón con fibra del bagazo de la caña de azúcar.
- **Cubierta:** Sistema de paneles de hormigón con fibra del bagazo de la caña de azúcar con cámara de aire.

Por lo tanto, se va a analizar el sistema constructivo a nivel de paneles para realizar las evaluaciones energéticas, rendimiento del material ante condiciones de confort térmico y humedad relativa en los días de mayor incidencia solar.

Plano 18: Planta del sistema constructivo propuesto, aplicado a la vivienda de interés Social, proyecto la "Cria" (MIDUVI).  
Fuente: Simulación Design Builder



## 4.5. ANÁLISIS DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA PROPUESTA

### 4.5.1. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

De la misma manera que el caso anterior, en base a los documentos bibliográficos revisados, los mismos que analizan propiedades térmicas de materiales constructivos utilizados en la construcción ecuatoriana. Además, con ayuda del software mencionado anteriormente (Design Builder) logramos obtener las conductividades, resistencias y transmitancias de los sistemas constructivos.

A más, de que para el sistema de paneles propuesto se usarán los datos obtenidos en las pruebas tipo placa caliente (8302, 2014)

en el "Laboratorio de Ensayos Térmicos en Materiales y Elementos de Construcción" (LABET) de la "Escuela Superior Politécnica del Litoral" (ESPOL). En lo que es la transmitancia térmica de paneles de 3cm de grosor.

Como se mencionó con anterioridad, el sistema a usar en los paramentos y cubierta van a ser los mismos, por lo que su valor de conductividad es el mismo (0.18 W/m2k), de igual manera se usaron las placas para el piso, lo cual no da una conductividad de 3.13 W/m2k.

A continuación, se detallan los sistemas constructivos con sus dimensiones, espesores, transmitancias, resistencias y conductividades.

#### PROPIEDADES TÉRMICAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO

Elemento	capas de materiales	espesor (m)	espesor total (m)	conductividad térmica $\lambda$ (W/mK)	Resistencia térmica "R" (m <sup>2</sup> K/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL COMBINADO "U" (1/W)
<b>Piso</b>	Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar	0,03	0,04	0,304	0,098	<b>3,3</b>
<b>Paramentos</b>	Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar	0,03	0,16	0,304	0,098	<b>0,8</b>
	Aire	0,1		0,02	5	
<b>Cubierta</b>	Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar	0,03	0,16	0,304	0,098	<b>0,8</b>
	Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar	0,03		0,304	0,098	
	Aire	0,1		0,02	5	

Tabla 7: Análisis de las conductividades del sistema propuesto en el laboratorio propuesto

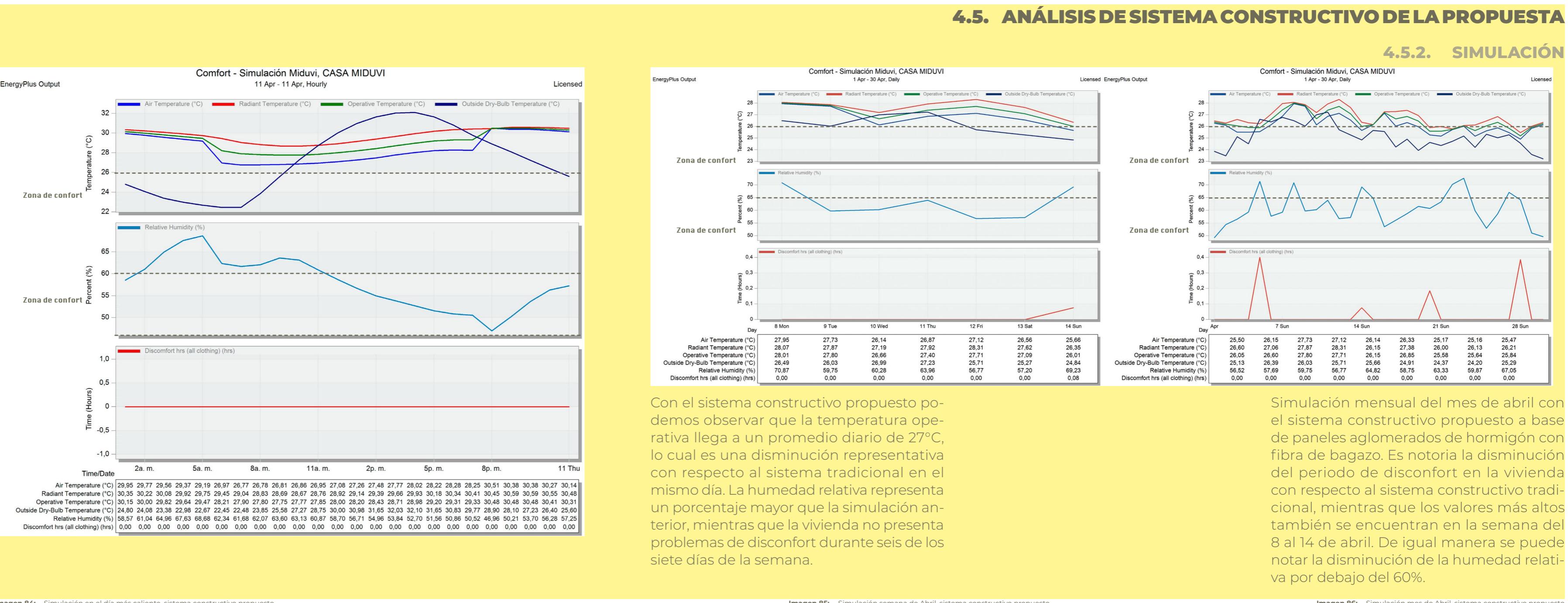
#### CÁLCULO DE RESISTENCIAS

SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL			
Material	Espesor (m)	Cond. Térm.	Resistencia
Hormigón con fibra	0,03	0,304	<b>0,098</b>
Aire	0,1	0,026	<b>0,3846</b>

Tabla 8: Cálculo de resistencias del sistema constructivo propuesto en el laboratorio propuesto

## 4.5.2. SIMULACIÓN

Se recurrirá al mismo procedimiento de evaluación térmica que el sistema tradicional, usando el software Design Builder, en el cual se cargó el archivo del fichero climático mencionado con anterioridad. En función a los datos obtenidos por el fichero se realizará la simulación en el mes de abril, para posterior revisar qué día es el más caliente y realizar la comparación de confort térmico y humedad relativa entre los sistemas. En el análisis se va a tomar en cuenta la orientación Sur - Norte como el caso del sistema anterior.



## 4.5. ANÁLISIS DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA PROPUESTA

## 4.5.2. SIMULACIÓN

Con el sistema constructivo propuesto podemos observar que la temperatura operativa llega a un promedio diario de 27°C, lo cual es una disminución representativa con respecto al sistema tradicional en el mismo día. La humedad relativa representa un porcentaje mayor que la simulación anterior, mientras que la vivienda no presenta problemas de desconfort durante seis de los siete días de la semana.

Simulación mensual del mes de abril con el sistema constructivo propuesto a base de paneles aglomerados de hormigón con fibra de bagazo. En contraria a la disminución del período de desconfort en la vivienda con respecto al sistema constructivo tradicional, mientras que los valores más altos también se encuentran en la semana del 8 al 14 de abril. De igual manera se puede notar la disminución de la humedad relativa por debajo del 60%.

# CAPÍTULO V

Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

*"Un edificio tiene dos vidas. La que imagina su creador y la vida que tiene. Y no siempre son iguales".*  
• Rem Koolhaas



**Imagen 8:** Valle de Yunguilla  
**Fuente:** Catura propia

## 5.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de titulación está enfocado en validar el uso de un sistema constructivo a base de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar, aplicables en la construcción prefabricada y su uso como estrategia bioclimática pasiva en Santa Isabel. Se debe tener presente que, para analizar el comportamiento térmico de una vivienda, todos los elementos (losas, paredes, ventanas, cubierta, etc) tiene su aporte térmico, por lo que cuando se obtiene el resulta-

do de la simulación, es una suma de todos estos elementos.

Por lo tanto, si cambiamos los componentes de alguno de estos elementos constructivos, los resultados obtenidos a nivel de confort térmico van a variar dependiendo del nivel de incidencia en el conjunto habitacional, en nuestra investigación, con el cambio del sistema constructivo hemos obtenido los siguientes resultados:

**TABLA: SÍNTESIS DE SIMULACIONES REALIZADAS EN EL DÍA MÁS CALIENTE - ABRIL 11**

ELEMENTO	CAPAS DE MATERIALES	ESPESOR TOTAL (M)	TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL COMPLEJO "U" (1/R)	TEMPERATURA DEL DÍA MÁS CALIENTE	PROMEDIO MENSUAL
<b>1. SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL</b>					
Piso: Losa de Hormigón		0,11	3,448		
Paredes: Bloque de mortero		0,18	4,163	32,6°	28,2°
Cubierta: Fibrocemento		0,01	5,889		
Piso: Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar		0,04	3,13		
<b>2. SISTEMA CONSTRUCTIVO CON HORMIGÓN CON FIBRA</b>					
Paredes: Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar		0,16	0,18	27,4°	26,4°
Cubierta: Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar		0,4	0,18		

## 5.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo que respecta al comportamiento térmico interno de la unidad de vivienda del MIDUVI. Las simulaciones reflejaron una disminución de la temperatura interna en el día más caliente (11 de abril) de 32.69° a 27.40°, representando 5.29° al aplicar el sistema constructivo de paneles aglomerados de hormigón, elaborados con el bagazo de la caña de azúcar. De igual manera, se analizaron todos los días del mes por lo en temperaturas de promedio mensual tenemos que el sistema constructivo tradicional tiene 28.23°C, mientras que el sistema

propuesto tiene un promedio de 26.42°C, representando una disminución de 1.8°C.

Con la disminución de la temperatura, también podemos ver que la humedad relativa cambia, el día más caliente con el sistema de construcción tradicional tenemos una H.R. de 63.96%, mientras que con el sistema propuesto tenemos 57.96%, lo que representa una disminución del 6% en la humedad en el interior. Asimismo, mensualmente tenemos 61.04 % (sistema tradicional) y 60.36% (propuesta) disminuyendo 0.68% en la humedad mensual.

**TABLA: SÍNTESIS DE SIMULACIONES REALIZADAS EN EL DÍA MÁS CALIENTE - ABRIL 11**

ELEMENTO	CAPAS DE MATERIALES	ESPESOR TOTAL (M)	TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL COMPLEJO "U" (1/R)	HUMEDAD RELATIVA DÍA MÁS CALIENTE	PROMEDIO MENSUAL
<b>1. SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL</b>					
Piso: Losa de Hormigón		0,11	3,448		
Paredes: Bloque de mortero		0,18	4,163	640	610
Cubierta: Fibrocemento		0,01	5,889		
<b>2. SISTEMA CONSTRUCTIVO CON HORMIGÓN CON FIBRA</b>					
Piso: Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar		0,04	3,13		
Paredes: Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar		0,16	0,18	580	604
Cubierta: Placa de hormigón con fibra de la caña de azúcar		0,4	0,18		

## 5.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por lo tanto, como se muestra en los gráficos de las simulaciones obtenidas en los días más calientes, se puede observar que con el sistema tradicional pierde el confort por aproximadamente 12 horas; mientras que, con el sistema constructivo propuesto la vivienda se mantiene en confort durante todo el día.

Luego de revisar los resultados de las simulaciones entre el sistema tradicional y la propuesta de nuestro hormigón con fibra del bagazo de la caña se puede notar una disminución de la temperatura interna de la vivienda y de su humedad relativa,

lo que representa un resultado positivo en el presente trabajo de titulación debido a las altas temperaturas del área de estudio. La disminución de la temperatura interna y humedad relativa interna en días soleados representa una mejora en el nivel de habitabilidad de la vivienda (-5.29° y -6%), lo que a su vez representa un ahorro en el consumo energético en electrodomésticos eléctricos de ventilación.

En síntesis, el presente trabajo logró plantear y validar una solución al problema del bagazo de la caña de azúcar, el cual ha sido históricamente tratado como un desecho

luego del aprovechamiento de sus derivados. Conscientes de que se puede encontrar un uso en la construcción prefabricada, se planteó un sistema constructivo en el cual se reutilice este material orgánico en calidad de fibro-refuerzo y aislante natural al ser utilizado para realizar placas de hormigón con bagazo de la caña de azúcar. Las simulaciones y análisis realizados representan resultados positivos al sistema constructivo propuesto, ya que se obtuvo un material de bajo impacto ambiental que logra mejorar la calidad de habitabilidad en las viviendas de interés social, por lo que el presente trabajo de titulación concluye.

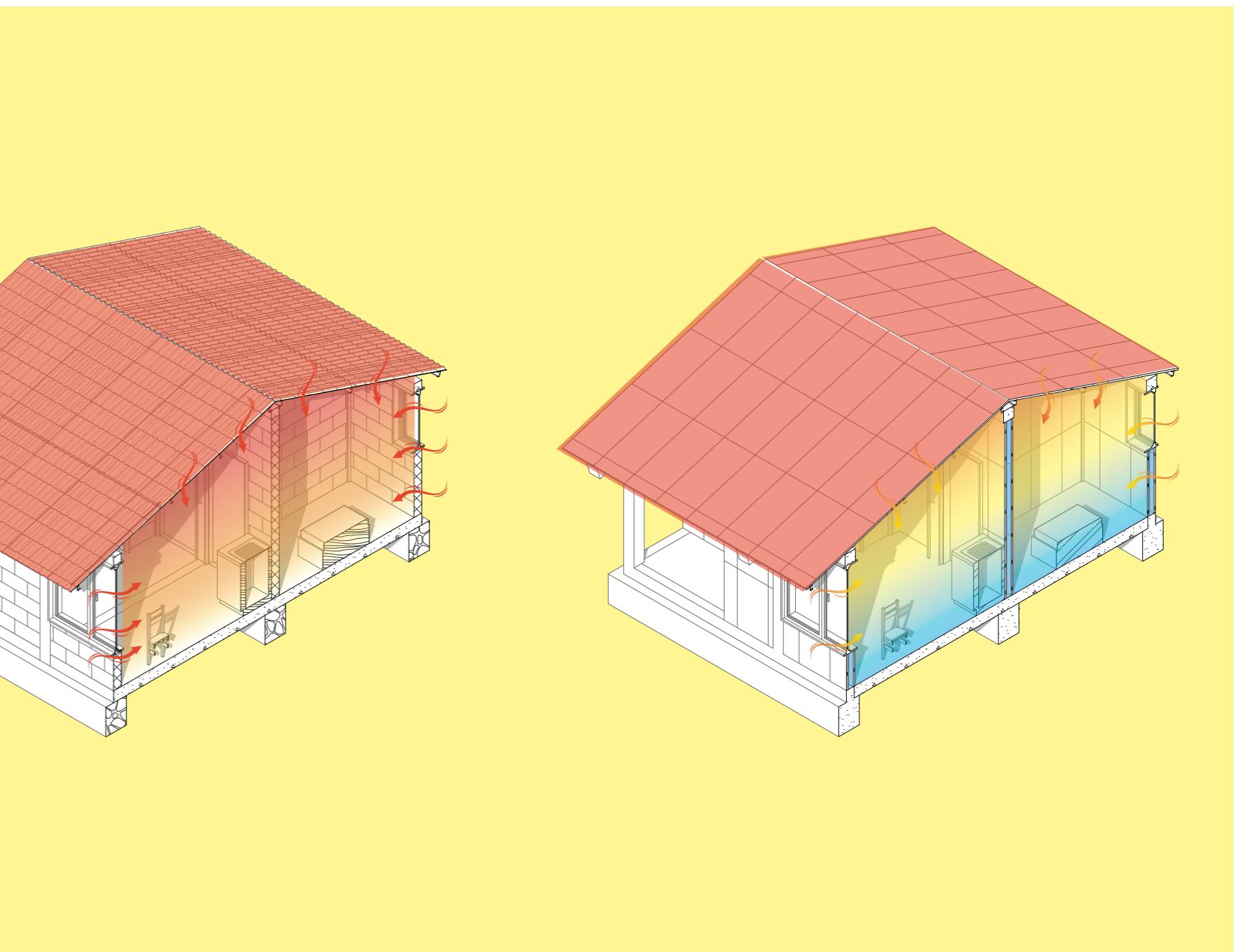


Imagen 88: Diagrama del flujo de calor con el sistema tradicional  
Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. CONCLUSIONES

1. Luego de realizar la revisión bibliográfica podemos concluir que dentro del área de estudio no existen investigaciones que validen el uso del bagazo de la caña de azúcar como parte de un sistema constructivo que sirva como estrategia bioclimática pasiva en la construcción, por lo que la presente investigación implica ser pionero en este tipo de sistemas constructivos para la zona.
2. La metodología usada resultó ser la mejor opción para validar el sistema constructivo de baja transmitancia, ya que al llevar a cabo de una manera lineal se pudo entender claramente cuál es el proceso para incorporar fibras naturales en el panel de hormigón, para luego evaluarlo y así obtener un material con mejores cualidades.
3. Previo a cualquier clase de estudio en el que se involucre el confort térmico, se necesitó realizar el análisis climático de la zona, por lo que en nuestro caso podemos señalar que el cantón Santa Isabel presenta al-

tas temperaturas entre los meses de diciembre a mayo, siendo abril el mes que registra las temperaturas más elevadas. Por lo tanto, esto nos indicó que las simulaciones deben estar enfocadas en este periodo de tiempo, ya que, para obtener el éxito del sistema constructivo, el mismo debió funcionar en las condiciones más desfavorables.

4. Mediante los diversos análisis de iluminación natural realizados, es preciso señalar que la orientación más desfavorable para el caso de estudio fue la “Sur-Norte”, de esta manera las fachadas Este y Oeste reciben la radiación solar aumentando la temperatura en el interior.

5. La caña de azúcar es uno de los productos más importantes que hay en la zona, ya que por las condiciones climáticas puede desarrollarse de la mejor manera en el valle. Luego de revisar los distintos procesos de producción, cosecha y tratamiento de la planta post aplastamiento, notamos que la incorporación del

- bagazo en un sistema constructivo es una oportunidad para generar construcción ecológica en el cantón Santa Isabel.
6. Podemos concluir con que para realizar un tratamiento óptimo de la fibra del bagazo de la caña de azúcar, se debe retirar el contenido de humedad del bagazo ya que de esta manera se puede retirar con más facilidad el almidón impregnado en la fibra. La razón de retirar el almidón de la fibra es que su aporte al fibro-refuerzo es despreciable.
7. Las fibras del bagazo, al ser un material orgánico están propensas a ataques bióticos, por lo que se deben sumergir en una solución a base de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) y dicromato de sodio ( $Na_2Cr_2O_7$ ), esta inmunización elimina todos los micro organismos que afectan la resistencia de la fibra durante y después del mezclado con el hormigón.
8. Concluimos que a pesar de que la fibra esté protegida ante ataques bióticos, aún se encuentra propensa al ataque alcalino producido por el cemento, por lo que es necesario realizar una segunda inmunización a las fibras. Se realizó otra inmersión de 24 horas en una segunda solución a base de hidróxido de sodio ( $NaOH$ ), resultado de esto obtenemos fibras que no se dañen por el álcalis del cemento, mismas que presentaron un comportamiento aceptable.
9. Las fibras naturales le otorgan propiedades mecánicas y térmicas importantes al material, en especial cuando el porcentaje de fibra respecto al agregado grueso es de 2,5%, que igual reduce la densidad con respecto a las probetas al 1,5%. Porque a mayor fibra, menor peso.
10. Las probetas de hormigón con fibra la 1,5% resisten 93.4Kn y 101.02Kn, mientras que las probetas al 2,5% resistieron 74.9Kn y 98.91Kn. Con lo que podemos concluir que las resistencias de las muestras se encuentran en los estándares óptimos para funcionar como paneles de recubrimiento.
11. Luego de realizar el ensayo de conductividad térmica en el Laboratorio de Eficiencia Energética (ESPOL) se pudo obtener los valores de conductividad térmica igual a 0.304 W/m<sup>2</sup>k, por lo que podemos concluir que el material propuesto en el presente trabajo tiene menor conductividad que al sistema constructivo tradicional que tiene una conductividad de 3.35 W/m<sup>2</sup>k.
12. Las simulaciones realizadas a la vivienda del Miduvi con su sistema constructivo tradicional reflejan un incremento en la temperatura, las variaciones térmicas superan los 32°C; por lo tanto, la vivienda no se encuentra en confort actualmente (Imagen 72). Mientras que con el sistema constructivo propuesto la vivienda le falta un grado centígrado para entrar en confort, concluyendo que el sistema constructivo propuesto dio los resultados esperados y se puede usar como estrategia bioclimática pasiva en la zona de estudio.
13. Por último, la metodología aplicada en este estudio es un ejemplo de cómo se debe proponer un material de baja transmitancia aplicable como estrategia pasiva, por lo que puede ser replicada para otros estudios que al igual que este, impulsan la construcción ecológica mediante fibras naturales.

### 5.3. RECOMENDACIONES

1. Para obtener el correcto funcionamiento de las fibras como aglomerante del hormigón se recomienda investigar procesos químicos en los cuales sea más fácil desprender el almidón de la fibra, ya que se podrían ahorrar tiempo y el proceso sería más eficiente en comparación a la extracción manual de la fibra.
2. Para trabajos de investigación a realizarse en el futuro, se recomienda continuar con la experimentación de dosificaciones con mayor porcentaje de fibra. Asimismo, se deberían realizar pruebas con diferentes dimensiones (largo y ancho) de las fibras con el fin de saber que tamaño es el ideal para mejorar las propiedades físicas y químicas del hormigón.
3. En lo que respecta a la etapa de fundición, se recomienda verter la mezcla en probetas metálicas, ya que al hacerlo en probetas plásticas hay riesgo de deformación del cilindro causando que no se den los resultados óptimos en las pruebas de laboratorio.
4. Al trabajar en un caso de estudio con falencias en el confort térmico, a pesar de esas condiciones la propuesta se encontró cerca de estar

en confort, por lo que se recomiendan aplicar las siguientes estrategias pasivas que podrían ayudar a que la vivienda consiga el rango de confort:

**5.** Protección y control solar: Se podría proteger mediante el incremento de los aleros y uso de quiebra soles fijos o móviles, mismos que evitarán el ingreso de radiación directa al interior.

**6.** Zonificación: Se podría cambiar las zonas de descanso hacia la fachada lateral izquierda, para que estas reciban el sol de la tarde. Además, la zona social y de servicio se recomienda orientar a lo largo de la fachada lateral derecha, para que no reciban sol directamente en la tarde.

**7.** Ventilación: Con la ayuda de la protección solar, orientación y la zonificación se puede permitir la ventilación cruzada, gracias a que el viento viene en dirección Sur – Norte. Así, el viento atravesará toda la vivienda por las zonas de servicio y social, de esta manera se disminuiría la cantidad de temperatura y humedad.

**8.** Vegetación: La incorporación de árboles o plantas es indispensable para proteger la vivienda de la radiación solar, por lo que se recomienda usar vegetación en las fachadas Este

y Oeste para evitar que el interior salga de confort.(Sanchez de Leon Brajkovich, 2017)

**9.** Para futuras investigaciones de hormigones con fibras naturales, se recomienda realizar cálculos estructurales para los elementos (stud o track) que van a soportar el peso de los paneles de hormigón. Ya que, si bien la fibra natural ayuda a tener menos densidad al hormigón, este sigue teniendo un peso elevado. Se requeriría aumentar el grosor de los perfiles

**14.** Se recomienda generar más muestras de las programadas para los ensayos, las cuales deben permanecer guardadas el mayor tiempo posible.

Esto con la finalidad de analizar el comportamiento del hormigón con fibra natural al paso del tiempo. Uno de los factores que se deben considerar es que la fibra al ser un material orgánico puede presentar contracciones o dilataciones debido a cambios de temperatura, de igual manera puede presentar alteraciones por biodegradación, razón por la cual se deberían guardar muestras para ser analizadas luego de un largo periodo de tiempo..

## 5.4. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada en el presente trabajo de titulación y los resultados obtenidos, dan pie a un amplio campo de posibles trabajos como futuras líneas de investigación, a continuación, se destacan algunas:

1. Se sugiere realizar un estudio de factibilidad para analizar la industrialización y comercio del hormigón con fibra de bagazo mediante análisis en la dosificación, cantidades de materiales y obtención de la fibra.
2. Se podría analizar la reducción de la huella de carbono para la fabricación del hormigón en el área de estudio.
3. Realizar dosificaciones con mayor porcentaje de fibra de bagazo, adicionando refuerzos para evitar pérdidas en la resistencia del hormigón.
4. Analizar la factibilidad de realizar soluciones inmunizantes ante ataques bióticos y alcalinos a gran escala, mediante el uso de piscinas, tanques, etc. De esta manera se puede valorar el beneficio de la producción a escalas mayores que las realizadas en el presente trabajo de titulación.
5. Realizar mediciones en tiempo real sobre datos climáticos de un caso de estudio específico y comparar con las simulaciones obtenidas en el software Design Builder para encontrar el rango de aproximación.
6. Generar un estudio en el cual se puedan comparar una dosificación con fibra de bagazo y sin fibra de bagazo, para así obtener el rango de aporte de la fibra al hormigón.

## 5.5. BIBLIOGRAFÍA

8302, I.-I. (2014). AISLAMIENTO TÉRMICO. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES RELATIVAS A LA TRANSMISIÓN DE CALOR EN RÉGIMEN ESTACIONARIO EN LOS AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA TUBERÍAS. 1-8.

A.Cabello, F. (2016). Los materiales de construcción y el medio ambiente normas. En Revista Electrónica de Derecho Ambiental (Vol. 17, Número 25). <http://www.slideshare.net/WilliamsJorge/los-materiales-de-construccion-y-el-medio-ambiente-normas>

ACI, 318-08. (2008). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary (Vol. 2007). [https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=dC6yQszMV2-EC&oi=fnd&pg=PT10&dq=concrete&ots=nWUrH\\_-zNL&sig=UshIYy-VQSHxVDcaAdLIMw-9gylQ](https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=dC6yQszMV2-EC&oi=fnd&pg=PT10&dq=concrete&ots=nWUrH_-zNL&sig=UshIYy-VQSHxVDcaAdLIMw-9gylQ)

Albán, J., & Utreras, I. (2020). Elaboración De Una Mezcla De Hormigón Alivianado Usando Arcilla Expandida (Arlita). e-conversion - Proposal for a Cluster of Excellence, 277.

Caldera, C. (2021). El dibujo arquitectónico en el hormigón prefabricado.

Castañeda, E. (2005). Catálogo latinoamericano de técnicas constructivas industrializadas para vivienda de interés social.

Chaca, D. (2016). Cosecha, poscosecha y producción de panela. tabla 22, 1-16.

Coox, O., & Rivera, J. (2019). Determinación de la inercia, conductividad y transmitancia térmica de mampuestos producidos en el cantón Mejía, provincia de Pichincha.

De Garrido, L. (s/f). Manual de arquitectura ecológica. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nLszEAAAQBA-J&oi=fnd&pg=PA9&dq=luis+de+garri-do+arquitectura+sostenible&ots=U-vpX5Bc\\_f1&sig=Xx9gYShEumN3-Jrkn-jAe9OiYnE#v=onepage&q=luis+de+garido+arquitectura+sostenible&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nLszEAAAQBA-J&oi=fnd&pg=PA9&dq=luis+de+garri-do+arquitectura+sostenible&ots=U-vpX5Bc_f1&sig=Xx9gYShEumN3-Jrkn-jAe9OiYnE#v=onepage&q=luis+de+garido+arquitectura+sostenible&f=false)

Espinoza, J. (2015). Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzado Con Fibras De Bagazo De Caña De Azúcar. Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzado Con Fibras De Bagazo De Caña De Azúcar. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sih&AN=SN091317&site=ehost-live>

Flavio Celis D'Amico. (2000). Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual. Boletín CF+S, 0(27), 85-86. <http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2270/2352>

GAD S.I. (2016). Actualización del plan de ordenamiento territorial del cantón Santa Isabel. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplus-documentofinal/0160000780001\\_pdyot\\_gad\\_si\\_13-03-2015\\_19-11-58.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplus-documentofinal/0160000780001_pdyot_gad_si_13-03-2015_19-11-58.pdf)

GAD Santa Isabel. (2020). DIAGNÓSTICO SANTA ISABEL. En AME (Vol. 1, Número 1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>

GUAPAN. (2021). Cemento Hidráulico Tipo GU. Cemento Hidráulico Tipo GU.

Hidalgo-Cordero, J. F. (2007). Aprovechamiento de la totora como material de construcción (Bachelor's thesis). 186. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10435.20001>

Hidalgo, J. (2007). Aprovechamiento de la totora como material de construcción.

INEN-696. (2011). NTE INEN 0696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Determinación del tamaño de partículas en arido fino y grueso, 1(Primera Edición), 5.

Proyecto De Vivienda “Casa para todos - CPT”, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 99 (2018). <https://doi.org/10.2307/j.ctv893j19.14>

INEN 9001. (2016). NORMA INEN 9001.

Juárez, C., Rodríguez, P., & Rivera, R. (2003). USO DE LAS FIBRAS NATURALES DE LECHUGUILA COMO REFUERZO EN EL CONCRETO. VI, 465-476.

Labet, I. (2021). Ensayo de Conductividad térmica, tesis Caldas - Galarza.

MIDUVI, M. de desarrollo urbano y vivienda.

(2021a). Misión / Visión. Misión / Visión. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/valores-mision-vision/>

(2021b). Objetivos institucionales. Objetivos institucionales. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/funciones-atribuciones-2/>

León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018).

Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y pro-

ducción de pasturas. (A. YALA (ed.)). Univer-

sidad Politécnica Salesiana.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2021). Acuerdo Ministerial 021-21. Mi-

nisterio de Desarrollo Urbano y Vivienda,

12. [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/Acuerdo\\_Ministerial\\_021-21\\_VIS-signed.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/Acuerdo_Ministerial_021-21_VIS-signed.pdf)

MAG. (2015). Cultivo de la caña. Aspectos

técnicos sobre cuarentena y cinco cultivos

agrícolas de Costa Rica., 178. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-cana.pdf>

MIDUVI, M. de desarrollo urbano y vivienda. (2015). Acta de entrega - recepción de los trabajos ejecutados en el programa la cria.pdf.

DE AZÚCAREN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES ECOLÓGICOS PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA. Perfiles. 16-20.

Moreno, M. T. (2013). Componentes del hormigón. 11-13.

Moya, J. (2007). Difusión y consolidación. Difusión de la caña. Aprender 2000. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.353.444>

Navacerrada, M. Á., De la Prida, D., Sesmero, A., Pedreiro, A., Gómez, T., & Fernández-Morales, P. (2021). Comportamiento acústico y térmico de materiales basados en fibras naturales para la eficiencia energética en edificación. Informes de la Construcción, 73(56), e373. <https://doi.org/10.3989/c74558>

NEC-EE. (2017). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. Instituto: Universidad de Cuenca.

NEC. (2021). Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 13-51. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2019/03/IECHSEE-Final.pdf>

## 5.4 BIBLIOGRAFÍA

NTE INEN 1573. (2010). Hormigón de Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón de Cemento Hidráulico. Nte Inen, 1(Primera Edición), 5. <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1573.pdf>

NTE INEN 862. (2011). Aridos Para Hormigon. Determinacion Del Contenido Total De Humedad. Intituto Ecuatoriano de Normalizacion, 1-8.

Parra, P. (2002). Caracterizacion Fisico-Química Del Proceso De Pulverizacion De Panela Al Vacio. 78.

Peñaloza, A. M. (2005). Análisis y desarrollo de los costos de producción de la caña de azucar en la provincia del Azuay. 1995. Universidad de Cuenca.

Pérez, H., Flores, J., & López, A. (2013). Modelo de ventilación inducida para la vivienda en clima cálido húmedo: sistema chimenea solar. Forum Latinoamericano de Engenharia.

Quezada, W. F. (2007). Guía Técnica de Agroindustria Panelera. 159. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/934/1/Guía%20Técnica%20de%20Agroindustria%20Panelera.pdf>

rio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/934/1/Guía Técnica de Agroindustria Panelera.pdf

Ramirez, M. (2020). Morteros de CAC reforzados con fibras vegetales. 77-80.

Rendón, A., & Neyra, L. (2020). Fibras naturales.

Rodriguez, G. (2021). Textos de Tecnología. Prefabricación y diseño, 10.

Salazar Contreras, J., & Díaz, G. (1997). Inmunización de la guadua. Ingeniería e Investigación, 0(38), 14-20.

Samaniego, A. (2012). Revisión de la industrialización de la vivienda y de tres experiencias de sistemas constructivos en Latinoamérica. Esto, 1(1), 23-29. <https://doi.org/10.18537/est.001.04>

Sanchez de Leon Brajkovich, M. I. (2017). Analisis sostenible del ciclo de vida de la envolvente vertical opaca. Metodología de evaluacion del impacto ambiental económico y social. Tesis Doctoral, 537.

Saraz, J. A. O., Aristizabal, F. V., & Mejía, J. A. H. (2007). Comportamiento mecánico del

concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. Dyna, N.º 153, 69-79.

SIKA. (2021). Plastocrete 161 HE.

Steven, S., & Edgar, M. (2018). DIFERENCIAS CUANTITATIVAS ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS IN SITU Y PREFABRICADOS PARA LOSAS DE ENTREPISO COMO SOPORTE PARA LA TOMA DE DECISIONES. Tip, 13(25), 53-60. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inven>

Totoy, G. (1987). El Bagazo como Combustible Industrial. Universidad de Cuenca.

UNL/DICYT. (2017). Residuos de la caña de azúcar para producir papel reciclado, películas y geles..pdf.

Velez, E. (2019). "Cenizas de bagazo de la caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón".

Vidal, H. (2004). Análisis Químico Aplicado al Cultivo de la Caña de Azúcar del Valle de Yunguilla. Universidad de Cuenca.

## 5.6.1. ANEXO



## 5.5 ANEXOS

### 5.5.2. ANEXO



**Tabla 4.** Intervalos múltiples de Duncan, Resistencia a la Compresión (MPa).  
**Table 4.** Multiple intervals of Duncan, Compressive strength (MPa).

Grupos	Valor medio	Limite inferior	Limite superior	Número de observaciones	Número del tamiz
Testigo	15,70	15,31	16,46	18	
0,5	13,43	12,71	14,16	18	4
2,5	4,92	4,19	5,46	18	4
5,0	1,65	0,92	2,38	18	4
Grupos	Valor medio	Limite inferior	Limite superior	Número de observaciones	Número del tamiz
Testigo	15,70	15,31	16,46	18	
0,5	16,88	16,16	17,61	18	6
2,5	8,60	7,87	9,33	18	6
5,0	2,42	1,69	3,14	18	6

Promedios con letras diferentes, en cada fila, son estadísticamente diferentes según la prueba rangos múltiples de Duncan ( $P<0,05$ )



## 5.5 ANEXOS

### 5.5.3. ANEXO

**GOPEC** Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética  
Solicitud No. 00N1-0BU02J 02/06/2021

**Comprobante de inicio de trámite**  
Número de solicitud: 00N1-0BU02J

**Datos del solicitante**

TIPO DE IDENTIFICACIÓN	CÉDULA
IDENTIFICACIÓN	0104720966
NOMBRES Y APELLIDOS	CALDAS CARRIÓN MIGUEL ANDRÉS
CORREO ELECTRÓNICO	miguel.caldas@ucuenca.edu.ec
TELÉFONO	0987494268

**Datos del trámite**

TRÁMITE	REQUERIMIENTO DE ELABORACIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
SU TRÁMITE SERÁ ATENDIDO POR	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO (IGE)
SIGUIENTES PASOS	1. En un transcurso de diez días laborables mediante correo electrónico, se le informará la respuesta a su requerimiento, dependiendo de la capacidad técnica del laboratorio.
TIEMPO ESTIMADO DE ATENCIÓN	30 Horas/10 Laborables

**Contacto para atención ciudadana**

CONTACTO	Marcos Orozco
EMAIL	servicios.ige@geocuenergia.gob.ec
TELÉFONO	303110 ext. 1533

**GOPEC** Generado por: www.gob.ec Página 1 de 1

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD	LABET FT 05
Edición: 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Gutiérrez, 18 de junio de 2021  
Código de Solicitud: S21-006

Atención: Miguel Caldas Carrón y Nelson Galarza Paucar  
Institución: Universidad de Cuenca  
Teléfono: (+593 9) 67494268  
Dirección: Cuenca  
e-mail: miguel.caldas@ucuenca.edu.ec; nelson.galarza@ucuenca.edu.ec

Requerimiento:  
Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 1 muestra compuesta de hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Métodología:  
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m·K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placa). El método muestra limitación sobre materiales homogéneos o no susceptibles. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:  
Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente  
Modelo: k-Meter EP500e, Versión C.  
Muestra de Verificación: Etal 210  
Verificación: 2019/08/31  
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo pécula

Declaración:  
\* Los resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
\* El LABET no realiza procedimientos de muestreo.  
\* Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

Análisis Térmico

Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
km 30.5 Vía Poncelet, Campus Guayas Galápagos - Edificio 33  
093-4220700

Cuenca, 07 de junio del 2021

**Magíster**  
**Martin Cordovez Dammer**,  
Director Ejecutivo  
Instituto de Investigación Geológico y Energético.  
Quito

De mis consideraciones:

Por medio del presente, nosotros, **Miguel Andrés Caldas Carrón y Nelson Román Galarza Paucar**, estudiantes egresados de una facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, solicitamos a usted, autorice al Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA del IGE, la realización de los ensayos de conductividad térmica bajo los métodos ejecutados por el laboratorio en **2 muestras** del material **"Hormigón con fibra de bagazo de la caña de azúcar"**. Adicionalmente, me gustaría indicar que las muestras serán provistas en las condiciones requeridas por su institución.

Acotamos que el requerimiento solicitado se encuentra dentro de las especificaciones del **"Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables y la Universidad de Cuenca"**, literal 3.6.

Por la atención prestada anticipó mi agradecimiento.

Atentamente,

**Miguel Caldas Carrón**  
C.I. 010472096-6  
Estudiante Egresado  
Universidad de Cuenca

**Nelson Galarza Paucar**  
C.I. 010560954-9  
Estudiante Egresado  
Universidad de Cuenca

**Arq. Hernán Sánchez Castillo**  
C.I. 010264570-2  
Tutor de Tesis  
Universidad de Cuenca

**GOPEC** Generado por: www.gob.ec Página 1 de 1

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD	LABET FT 05
Edición: 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Gutiérrez, 18 de junio de 2021  
Código de Solicitud: S21-006

Atención: Miguel Caldas Carrón y Nelson Galarza Paucar  
Institución: Universidad de Cuenca  
Teléfono: (+593 9) 67494268  
Dirección: Cuenca  
e-mail: miguel.caldas@ucuenca.edu.ec; nelson.galarza@ucuenca.edu.ec

Requerimiento:  
Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 1 muestra compuesta de hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Métodología:  
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m·K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placa). El método muestra limitación sobre materiales homogéneos o no susceptibles. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:  
Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente  
Modelo: k-Meter EP500e, Versión C.  
Muestra de Verificación: Etal 210  
Verificación: 2019/08/31  
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo pécula

Declaración:  
\* Los resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
\* El LABET no realiza procedimientos de muestreo.  
\* Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

Análisis Térmico

Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
km 30.5 Vía Poncelet, Campus Guayas Galápagos - Edificio 33  
093-4220700

**GOPEC** Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética  
Solicitud No. 00N1-0BU02J 2021-06-02

**Datos del solicitante**

TIPO DE IDENTIFICACIÓN	CÉDULA
IDENTIFICACIÓN	01472096
NOMBRES Y APELLIDOS	CALDAS CARRIÓN MIGUEL ANDRÉS
CORREO ELECTRÓNICO	miguel.caldas@ucuenca.edu.ec
TELÉFONO	0987494268

**Información de Solicitud del Trámite**

Trámite: Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética

Tipo de Identificación Cédula (0999)  
Documento de Identificación 01472096  
Nombres y apellidos CALDAS CARRIÓN MIGUEL ANDRÉS  
Razón social (Empresa) (Vacio)  
Correo electrónico miguel.caldas@ucuenca.edu.ec  
Teléfono 0987494268

Solicitud de requerimiento de ensayos en el Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
Escriba el tipo de análisis Método de Placa Caliente Resguardada  
Escriba el tipo de muestra Hormigón  
Ensayo  
• Conductividad Térmica: Hormigón con fibra natural - Método de Placa Caliente Resguardada  
Número de ítem: 1

**GOPEC** Generado por: www.gob.ec Página 1 de 1

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD	LABET FT 05
Edición: 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Gutiérrez, 18 de junio de 2021  
Código de Solicitud: S21-006

Atención: Miguel Caldas Carrón y Nelson Galarza Paucar  
Institución: Universidad de Cuenca  
Teléfono: (+593 9) 67494268  
Dirección: Cuenca  
e-mail: miguel.caldas@ucuenca.edu.ec; nelson.galarza@ucuenca.edu.ec

Requerimiento:  
Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 1 muestra compuesta de hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Métodología:  
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m·K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placa). El método muestra limitación sobre materiales homogéneos o no susceptibles. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:  
Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente  
Modelo: k-Meter EP500e, Versión C.  
Muestra de Verificación: Etal 210  
Verificación: 2019/08/31  
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo pécula

Declaración:  
\* Los resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
\* El LABET no realiza procedimientos de muestreo.  
\* Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

Análisis Térmico

Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
km 30.5 Vía Poncelet, Campus Guayas Galápagos - Edificio 33  
093-4220700

**GOPEC** Generado por: www.gob.ec Página 1 de 1

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD	LABET FT 05
Edición: 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Gutiérrez, 18 de junio de 2021  
Código de Solicitud: S21-006

Atención: Miguel Caldas Carrón y Nelson Galarza Paucar  
Institución: Universidad de Cuenca  
Teléfono: (+593 9) 67494268  
Dirección: Cuenca  
e-mail: miguel.caldas@ucuenca.edu.ec; nelson.galarza@ucuenca.edu.ec

Requerimiento:  
Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 1 muestra compuesta de hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Métodología:  
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m·K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placa). El método muestra limitación sobre materiales homogéneos o no susceptibles. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:  
Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente  
Modelo: k-Meter EP500e, Versión C.  
Muestra de Verificación: Etal 210  
Verificación: 2019/08/31  
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo pécula

Declaración:  
\* Los resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
\* El LABET no realiza procedimientos de muestreo.  
\* Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

Análisis Térmico

Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
km 30.5 Vía Poncelet, Campus Guayas Galápagos - Edificio 33  
093-4220700

**GOPEC** Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética  
Solicitud No. 00N1-0BU02J 2021-06-02

**Datos del solicitante**

TIPO DE IDENTIFICACIÓN	CÉDULA
IDENTIFICACIÓN	01472096
NOMBRES Y APELLIDOS	CALDAS CARRIÓN MIGUEL ANDRÉS
CORREO ELECTRÓNICO	miguel.caldas@ucuenca.edu.ec
TELÉFONO	0987494268

**Información de Solicitud del Trámite**

Trámite: Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética

Tipo de Identificación Cédula (0999)  
Documento de Identificación 01472096  
Nombres y apellidos CALDAS CARRIÓN MIGUEL ANDRÉS  
Razón social (Empresa) (Vacio)  
Correo electrónico miguel.caldas@ucuenca.edu.ec  
Teléfono 0987494268

Solicitud de requerimiento de ensayos en el Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
Escriba el tipo de análisis Método de Placa Caliente Resguardada  
Escriba el tipo de muestra Hormigón  
Ensayo  
• Conductividad Térmica: Hormigón ligero con fibra natural - Método de Placa Caliente Resguardada  
Número de ítem: 1

**GOPEC** Generado por: www.gob.ec Página 1 de 1

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD	LABET FT 05
Edición: 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Gutiérrez, 18 de junio de 2021  
Código de Solicitud: S21-006

Atención: Miguel Caldas Carrón y Nelson Galarza Paucar  
Institución: Universidad de Cuenca  
Teléfono: (+593 9) 67494268  
Dirección: Cuenca  
e-mail: miguel.caldas@ucuenca.edu.ec; nelson.galarza@ucuenca.edu.ec

Requerimiento:  
Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 1 muestra compuesta de hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Métodología:  
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m·K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placa). El método muestra limitación sobre materiales homogéneos o no susceptibles. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:  
Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente  
Modelo: k-Meter EP500e, Versión C.  
Muestra de Verificación: Etal 210  
Verificación: 2019/08/31  
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo pécula

Declaración:  
\* Los resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
\* El LABET no realiza procedimientos de muestreo.  
\* Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

Análisis Térmico

Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
km 30.5 Vía Poncelet, Campus Guayas Galápagos - Edificio 33  
093-4220700

**GOPEC** Generado por: www.gob.ec Página 1 de 1

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD	LABET FT 05
Edición: 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Gutiérrez, 18 de junio de 2021  
Código de Solicitud: S21-006

Atención: Miguel Caldas Carrón y Nelson Galarza Paucar  
Institución: Universidad de Cuenca  
Teléfono: (+593 9) 67494268  
Dirección: Cuenca  
e-mail: miguel.caldas@ucuenca.edu.ec; nelson.galarza@ucuenca.edu.ec

Requerimiento:  
Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 1 muestra compuesta de hormigón ligero con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Métodología:  
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m·K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placa). El método muestra limitación sobre materiales homogéneos o no susceptibles. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:  
Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente  
Modelo: k-Meter EP500e, Versión C.  
Muestra de Verificación: Etal 210  
Verificación: 2019/08/31  
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo pécula

Declaración:  
\* Los resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
\* El LABET no realiza procedimientos de muestreo.  
\* Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

Análisis Térmico

Laboratorio de ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
km 30.5 Vía Poncelet, Campus Guayas Galápagos - Edificio 33  
093-4220700

**GOPEC** Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética  
Solicitud No. 00N1-0BU02J 2021-06-02

**Datos del solicitante**

TIPO DE IDENTIFICACIÓN	CÉDULA
IDENTIFICACIÓN	01472096
NOMBRES Y APELLIDOS	CALDAS CARRIÓN MIGUEL ANDRÉS
CORREO ELECTRÓNICO	miguel.caldas@ucuenca.edu.ec
TELÉFONO	0987494268

**Información de Solicitud del Trámite**

Trámite: Requerimiento de elaboración de ensayos en laboratorio ensayos térmicos y eficiencia energética</p

## **5.5 ANEXOS**

## 5.6.4. ANEXO

