



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS DE POLIESTIRENO  
EXPANDIDO Y SUS BENEFICIOS EN CHOLOMA, CORTÉS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN ENERGÍA**

**PRESENTADO POR:**

**21711295      MAX GUSTAVO DÁVILA EBANKS**

**ASESOR: PHD. HÉCTOR VILLATORO**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA;**

**OCTUBRE, 2020**

## **DEDICATORIA**

Mi tesis, mi título y todos mis logros personales están dedicados directamente a mi abuelita Justa Nolasco Ferrera, que en paz está descansando. Una persona que me enseñó, me cuidó, me aconsejó y me trataba con un amor único en la vida, mi sueño de que me acompañaras en mi graduación se cumplirá de igual manera, ya que vives eternamente en mi mente, en mi corazón y en mi piel. Extraño llegar a la tu casa y que me preguntaras como me fue en la universidad, rezar el rosario a tu lado y acompañarte a la iglesia. Te amo y te extraño mucho abuelita.

También este logro se lo dedico a mi tío Cesar Humberto Davila Nolasco que está descansando, una persona carismática del cual tengo bastante aprecio por sus anécdotas, su cariño y atención.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, ante todo, gracias a Dios por sus enormes bendiciones y oportunidades que se me están brindando en mi vida. Un agradecimiento enorme a mis padres que son mi ejemplo que seguir, por sus consejos, por su paciencia y por su apoyo en todo sentido son claves para culminar mi etapa universitaria. Mi papa por motivarme siempre a ser mejor cada día y exigirme a dar lo mejor en los estudios como en mi rutina diaria y mi mama que es mi vida entera, es como un órgano fundamental en mi vida.

Agradezco enormemente a mi hermana Angie por todas las veces que me llevo a la universidad y por su apoyo en todo sentido, ha sido clave en este éxito, al igual que mi hermanito Hans, que es la persona que ha aguantado muchas desveladas por el simple hecho de ser mi compañero de habitación.

Agradezco inmensamente de todo corazón el apoyo de mi tío Gustavo, ya que ha sido una excelente persona y me ha apoyado para alcanzar esta meta, siempre me traías de regreso a la casa cuando viajaba en el bus de la Universidad y te lo agradeceré toda la vida. También a mis tíos Daniel, Roberto, Fran, Neto y mi tía Sagrario ya que todos han aportado su grano de arena en este logro que estoy alcanzando en mi vida.

Estoy eternamente agradecido con el ingeniero Héctor Villatoro, el ing. Franklin Martínez, el ing. Juan Bustamante y la arq. Paola Paz ya que me brindaron bastante ayuda a la hora de completar esta investigación. También quiero agradecer a catedráticos que fueron muy influyentes en mi carrera como lo fue el ing. Hegel López, la ing. Alicia Duke y la ing. Vielka Barahona.

Agradezco infinitamente a mi mejor amiga y colega Annelys por exigirme a ser una mejor persona y un buen profesional. También agradezco bastante a mis amigos Munguía, Ever, Erick Matta, Leovardo, Francisco y Edgardo por su enorme amistad y son parte también de mi logro profesional.

Agradezco excesivamente a mis amigos, compañeros, colegas y sobre todo mis "ruquitos" a Najwa, Leonela y Portillo porque fueron claves a la hora de estudiar conmigo y siempre

despejábamos todas las dudas, ustedes también son parte de este gran logro de mi vida. Al igual quiero mencionar especialmente a Merlo y Adán ya que fueron personas que me ayudaron a realizar este trabajo investigativo.

Agradezco de manera enorme a Leda Pagan y a la familia Portillo por dejarme entrar a sus casas para realizar este estudio, ya que sin la colaboración de estas personas no se hubiera realizado esta investigación.

## RESUMEN

El material que predomina en la construcción residencial, comercial, industrial y de obras públicas en Honduras es el bloque de concreto. Según (Rodríguez, 2017) el 74.9% de las construcciones realizadas en el país son con bloque de concreto. Una de las desventajas del bloque de concreto es que no cuenta con beneficios térmicos y ante este problema es necesario buscar un material alternativo en la construcción. La presente investigación analiza la comparación tecno-económica de una casa construida con bloques de poliestireno expandido y otra residencia construida con bloques de concreto en la ciudad de Choloma, Cortés. Esta investigación servirá para experimentar con un material que no es común en la construcción residencial nacional, verificar si el poliestireno cuenta con un beneficio térmico y comparar el costo de una casa construida con poliestireno expandido y una casa construida con bloque de concreto con la misma área de construcción. Para realizar esta investigación se tomaron mediciones de temperatura en paredes norte, sur, este y oeste en paredes interior como exterior para poder comparar las temperaturas para posteriormente realizar un análisis de envolvente térmica para comparar los materiales y con estos resultados verificar si el poliestireno expandido cuenta con beneficios térmicos. En el análisis económico se compara la construcción de la residencia construida con poliestireno expandido y una residencia construida con bloques de concreto y verificar si existe algún ahorro al implementar el poliestireno en la construcción. Los resultados obtenidos en las mediciones de temperatura fueron de una temperatura promedio interior de 28.22 °C en la casa construida con bloque de concreto mientras que en la casa de poliestireno obtuvo una temperatura promedio interior de 29.44 °C. Sin embargo, al realizar el análisis de envolvente térmica, se pudo verificar que el poliestireno tiene mejores beneficios térmicos ya que se toman en cuenta otros parámetros como la conductancia térmica de los materiales. Se espera que este trabajo investigativo se utilice para realizar una futura comparación de otros materiales alternativos en la construcción y que con los resultados puedan considerar construir con el poliestireno expandido.

**Palabras Clave:** construcción, poliestireno expandido, bloque de concreto, beneficios térmicos, temperatura, análisis de envolvente térmica.

## ABSTRACT

The material that predominates in residential, commercial, industrial, and public works construction in Honduras is the concrete block. According to (Rodriguez, 2017) 74.9% of the constructions carried out in the country are with concrete blocks. One of the disadvantages of concrete block is that it does not have thermal benefits and in the face of this problem it is necessary to look for an alternative material in construction. This research analyzes the techno-economic comparison of a house built with expanded polystyrene blocks and another residence built with concrete blocks in the city of Choloma, Cortés. This research will serve to experiment with a material that is not common in national residential construction, verify if polystyrene has a thermal benefit and compare the cost of a house built with expanded polystyrene and a house built with concrete block with the same area. of construction. To carry out this research, temperature measurements were taken on north, south, east, and west walls on interior and exterior walls to be able to compare the temperatures to later perform a thermal envelope analysis to compare the materials and with these results verify if the expanded polystyrene counts with thermal benefits. The economic analysis compares the construction of the residence built with expanded polystyrene and a residence built with concrete blocks and verifies if there are any savings when implementing polystyrene in the construction. The results obtained in the temperature measurements were an average interior temperature of 28.22 °C in the house built with concrete block, while in the polystyrene house it obtained an average interior temperature of 29.44 °C. However, when performing the thermal envelope analysis, it was possible to verify that polystyrene has better thermal benefits since other parameters such as the thermal conductance of the materials are considered. It is hoped that this research work will be used to make a future comparison of other alternative materials in construction and that with the results they can consider building with expanded polystyrene.

**Keywords:** construction, expanded polystyrene, concrete block, thermal benefits, temperature, thermal envelope analysis.

# ÍNDICE

2.1.	PRECEDENTES DEL PROBLEMA .....	3
2.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	4
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	4
2.4.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
2.5.	OBJETIVOS.....	6
2.5.1.	OBJETIVO GENERAL.....	6
2.5.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3.1.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	7
3.2.	ANÁLISIS DEL MACROENTORNO .....	7
3.2.1.	KENIA.....	7
3.2.2.	NIGERIA .....	8
3.2.3.	ESPAÑA.....	9
3.3.	ANÁLISIS DEL MICROENTORNO .....	10
3.3.1.	NICARAGUA.....	10
3.4.	TEORÍAS DEL SUSTENTO .....	11
3.4.1.	POLIESTIRENO EXPANDIDO .....	12
3.4.2.	PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	12
3.5.	VENTAJAS DEL USO DEL EPS COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN .....	16
3.6.	TERMODINÁMICA .....	17
3.7.	TRANSFERENCIA DE CALOR.....	18
3.7.1.	TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN .....	19
3.7.2.	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	19
3.7.3.	CONDUCTANCIA TÉRMICA .....	20
3.7.4.	ANÁLISIS DE ENVOLVENTE TÉRMICA.....	20
3.7.5.	RESISTENCIA TÉRMICA.....	21
<b>IV.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
4.1.	ENFOQUE .....	22
4.2.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	22
4.3.	HIPÓTESIS .....	23

4.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	24
4.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	25
4.5.1.	SENSORES DE TEMPERATURA “LOGTAG MICRODAQ” .....	25
4.6.	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	25
4.6.1.	ANÁLISIS TÉCNICO.....	25
4.6.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	36
4.6.3.	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL .....	37
4.6.4.	LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
4.7.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	38
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
5.1.	TEMPERATURAS OBTENIDAS EN LAS RESIDENCIAS.....	38
5.1.1.	TEMPERATURAS OBTENIDAS EN PARED NORTE (29 DE OCTUBRE).....	39
5.1.2.	TEMPERATURAS OBTENIDAS EN PARED SUR (30 DE OCTUBRE).....	41
5.1.3.	TEMPERATURA OBTENIDAS EN PARED ESTE (31 OCTUBRE) .....	42
5.1.4.	TEMPERATURA OBTENIDA EN PARED OESTE (1 NOVIEMBRE) .....	44
5.2.	PROMEDIO DE TEMPERATURAS OBTENIDAS .....	45
5.3.	ANÁLISIS DE ENVOLVENTE TÉRMICO .....	46
5.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	47
5.5.	CICLO DE VIDA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO .....	48
5.6.	CICLO DE VIDA DEL BLOQUE DE CONCRETO .....	48
5.7.	IMPACTO AMBIENTAL.....	49
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>53</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Proceso de construcción de una casa con poliestireno expandido.....	3
Ilustración 2- Construcción de vivienda usando poliestireno expandido en Kenia .....	8
Ilustración 3- Construcción residencial en Nigeria usando EPS como aislante térmico.....	9
Ilustración 4- Sistema de construcción utilizado por EMMEDUE en Nicaragua.....	10
Ilustración 5- Residencial "Sendero de Las Colinas" en Nicaragua. ....	11
Ilustración 6- Platos de un solo uso fabricados con poliestireno.....	12
Ilustración 7- Bloque de poliestireno sobrante en una construcción residencial .....	17
Ilustración 8 Variables de la investigación realizada.....	22
Ilustración 9 – Ubicación de una residencia utilizada para el estudio de la envolvente. ....	24
Ilustración 10- Sensor de temperatura LogTag utilizado.....	25
Ilustración 11- Ubicación de sensores de temperatura en casa construida de concreto .....	26
Ilustración 12 – Ubicación de sensores en casa construida de poliestireno expandido .....	27
Ilustración 13- Sensor instalado en pared norte interior de la residencia construida con poliestireno expandido (29 de octubre).....	27
Ilustración 14- Sensor instalado en pared norte exterior de la residencia construida con poliestireno expandido (29 de octubre).....	28
Ilustración 15 – Sensor instalado en la parte superior interior de la casa construida con poliestireno expandido (29 de octubre).....	28
Ilustración 16- Sensor instalado en la pared norte interior de la residencia construida con bloque de concreto (29 de octubre).....	29
Ilustración 17 – Sensor de temperatura instalado en la pared norte exterior de la residencia construida con bloque de concreto (29 de octubre).....	29
Ilustración 18- Sensor de temperatura instalado en la parte interior del techo en residencia construida con bloque de concreto.....	30
Ilustración 19 - Sensor de temperatura instalando en pared sur exterior en la residencia construida con poliestireno expandido (30 de octubre).....	30
Ilustración 20 - Sensor de temperatura instalando en pared sur interior en la residencia construida con poliestireno expandido (30 de octubre).....	31

Ilustración 21 - Sensor de temperatura instalado en pared sur interior en residencia construida con bloque de concreto (30 de octubre).....	31
Ilustración 22 - Sensor de temperatura instalado en pared sur exterior en residencia construida con bloque de concreto (30 de octubre).....	32
Ilustración 23 - Sensor de temperatura instalado en pared este interior en residencia construida con poliestireno expandido (31 octubre).....	32
Ilustración 24- Sensor de temperatura instalado en pared este exterior en residencia construida con poliestireno expandido (31 octubre).....	33
Ilustración 25- Sensor de temperatura instalando en pared este interior en residencia construida con bloque de concreto (31 de octubre).....	33
Ilustración 26 - Sensor de temperatura instalando en pared este exterior en residencia construida con bloque de concreto (31 de octubre).....	34
Ilustración 27- Sensor de temperatura instalando en pared oeste interior de residencia construida de poliestireno expandido (1 de noviembre).....	34
Ilustración 28- Sensor de temperatura instalando en pared oeste exterior de residencia construida de poliestireno expandido (1 de noviembre).....	35
Ilustración 29- Sensor de temperatura instalando en pared oeste interior de residencia construida con bloque de concreto (1 de noviembre).....	35
Ilustración 30 - Sensor de temperatura instalando en pared oeste exterior de residencia construida con bloque de concreto (1 de noviembre).....	36
Ilustración 31 – Temperaturas obtenidas en pared norte de casa construida con poliestireno expandido (29 de octubre 11:10am - 30 octubre 11:05am).....	39
Ilustración 32 – Temperaturas obtenidas en pared norte de bloques de concreto (29 de octubre 12:04pm – 30 de octubre 11:54am).....	40
Ilustración 33 - Temperaturas obtenidas en pared norte de casa construida con poliestireno expandido (30 de octubre 12:40 pm - 31 octubre 12:00pm).....	41
Ilustración 34 - Temperaturas obtenidas en pared norte de casa construida con bloque de concreto (30 de octubre 12:44pm - 31 octubre 12:05pm).....	42

Ilustración 35- Temperaturas obtenidas en pared este de casa construida con poliestireno expandido (31 de octubre 12:40 am - 1 noviembre 12:00am).....	42
Ilustración 36 – Temperaturas obtenidas en pared este de casa construida con bloques de concreto (31 de octubre 12:40pm – 1 noviembre 12:00am).....	43
Ilustración 37 - Temperaturas obtenidas en pared oeste de casa construida con poliestireno expandido (1 de noviembre 1:05 pm - 2 noviembre 12:25 pm).....	44
Ilustración 38 - Temperaturas obtenidas en pared oeste de casa construida con bloques de concreto (1 de noviembre 1:05 pm – 2 noviembre 12:59pm).....	45
Ilustración 39 – Promedio de temperaturas obtenidas en las casas.....	45
Ilustración 40 – Comportamiento del bloque de concreto en su ciclo de vida.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Equivalencias en conductividad térmica del EPS con respecto a materiales tradicionales de construcción.....	13
Tabla 2- Resistencia del poliestireno expandido ante diferentes sustancias y químicos.....	14
Tabla 3- Cronograma de actividades.....	38
Tabla 4- Análisis de envolvente térmico en casa de poliestireno expandido .....	46
Tabla 5- Análisis de envolvente térmico en casa construida con bloques de concreto.....	46
Tabla 6- Análisis económico de casa construida de poliestireno expandido.....	47
Tabla 7- Análisis económico de casa construida con bloque de concreto .....	47
Tabla 8- Comparación de parámetros en la construcción con poliestireno expandido y el bloque de concreto.....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1- Plano arquitectónico de construcción de casa fabricada de poliestireno expandido .....	57
Anexo 2 - Plano arquitectónico de casa fabricada con bloques de concreto.....	58
Anexo 3 - Hoja de cálculo para construcción de casa de poliestireno expandido.....	59
Anexo 4 - Hoja de cálculo para realizar análisis económico sobre construcción de casa construida con bloque de concreto.....	61

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1- Fórmula de conductividad térmica .....	13
Ecuación 2- Transferencia de calor en el tiempo.....	18
Ecuación 3 – Calor por conducción.....	19
Ecuación 4 Conductancia térmica.....	20
Ecuación 5 – Análisis de envolvente térmico.....	20

Ecuación 6 – Resistencia térmica..... 21

## **LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO**

EPS: Poliestireno Expandido.

SICA: Sistema de Integración Centroamericana

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción puede ser considerada como la técnica o habilidad de fabricar infraestructuras. Las primeras construcciones en el mundo tienen 176,500 años realizadas por los Neandertales que necesitaban calor para sobrevivir ante las altas temperaturas que tenían en ese momento en lo que hoy es el continente europeo. Se instalaron en cuevas con piedras ordenadas de forma circular, demostrando que desde el inicio de los tiempos fue una necesidad para el ser vivo realizar estructuras para sentirse cómodos en un lugar cerrado. Sin embargo, al pasar los años la construcción al igual que el hombre fue cambiando exponencialmente hasta que la construcción fuera considerada una ciencia.

Existe una gran variedad de materiales para la edificación donde se destacan el acero inoxidable, el hierro, el ladrillo, la madera, la cerámica y el hormigón (Cabrera, 2012). Sin embargo, la evolución de la arquitectura y la implementación de nuevos materiales en la construcción han brindado resultados prometedores donde se destaca el ahorro de energía tanto en la construcción como en la operación del edificio. Según (Rodríguez, 2017) el 74.9% de las construcciones en Honduras son con bloque de concreto, con el cual se ha demostrado que no se obtienen beneficios térmicos. Una alternativa podría ser el vidrio, pero la composición, resistencia y el precio de este material lo hacen una opción inaccesible para la población hondureña donde el 66% de sus habitantes vive en pobreza (Banco Mundial , 2020). El poliestireno expandido (también llamado EPS) es un material compuesto de 95% aire siendo un material muy liviano para cualquier uso en la industria, se destaca como un material ideal para almacenar alimentos, amortiguador de aparatos electrónicos y un excelente aislante térmico. La implementación del poliestireno en la construcción de edificaciones en el país no es muy famosa a pesar de obtener muchos beneficios como la reducción del tiempo de construcción, menor esfuerzo en la mano de obra, material más ligero, más económico y beneficios térmicos.

En el transcurso de la investigación se encontraron varios artículos científicos y tesis relacionadas al tema en las que se puede destacar (Hannah Ngugi, 2017) es un artículo científico que evalúa el uso del poliestireno expandido en la construcción en Kenia, un artículo que evalúa los beneficios técnicos del material. Por su parte (Ibukunoluwa Ogundiran, 2018) fue un análisis

del consumo energético utilizando poliestireno expandido en la construcción en Nigeria, donde el material fue utilizado por el bajo costo que tiene el material comparado con bloque de concreto. También (A. Freire Guerrero, 2016) realizó un estudio de la huella de carbono e impacto ambiental de la construcción con diferentes materiales y se utilizaron varios datos para realizar el impacto ambiental que tiene construir con el poliestireno expandido y (ALVARADO, 2003) es una tesis que está orientada a la construcción de bovedillas con bloques de poliestireno expandido, donde menciona varios beneficios que se tiene al construir con el poliestireno expandido. Sin embargo, en los trabajos anteriormente mencionados no se encontró un análisis de envolvente térmica y un análisis económico por lo cual la presente investigación aportará a futuras generaciones que deseen investigar y construir con el poliestireno expandido.

En la presente investigación se realizará una comparación de una casa construida con poliestireno expandido y una casa construida con bloques de concreto, donde se registrarán temperaturas en puntos estratégicos de cada casa y realizar una comparación de los resultados. Después se realizará un estudio de la envolvente térmica para poder determinar cuál es la casa que tiene un mejor confort térmico y se presentara una comparación económica de la construcción de una casa utilizando poliestireno expandido y una casa construida con bloques de concreto.

Esta investigación cuenta con cinco capítulos principales, el primer capítulo donde se presenta la introducción del trabajo investigativo, en el segundo capítulo se presenta el planteamiento del problema como el objetivo general y específicos que serán contestados a lo largo del documento, el tercer capítulo donde se encuentra el marco teórico que es fundamental en la investigación, en el cuarto capítulo esta la metodología que describe detalladamente todo el procedimiento realizado para la obtención de los resultados y el quinto capítulo es el análisis de resultados donde se muestran las diferentes comparaciones tanto técnicas como económicas.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

El poliestireno expandido es un material que se ha utilizado en diferentes trabajos de construcción desde el siglo pasado. Desde los años 60 se usaba el EPS para construcción de carreteras en Noruega. El efecto aislante de este material evitaba que se congelara el subsuelo reduciendo problemas con el hielo. (Grupo ISOTEX, 2011). La fabricación del poliestireno expandido ha venido creciendo en los últimos años ante la implementación de este material en la construcción no sólo en México, sino en el sur de Estados Unidos, Centroamérica y el Caribe (Alcántara, 2015).

Según Knauf Industries (2017) se puede resaltar que los beneficios de la construcción con poliestireno expandido son amplios en los cuales podemos destacar reducción del peso de los edificios en un 30%, la implementación del material genera un ahorro energético por las características térmicas del material, la construcción se vuelve más rápida por la facilidad de instalación y se ahorran costos por el material.



**Ilustración 1- Proceso de construcción de una casa con poliestireno expandido**

Fuente: (Grupo ISOTEX, 2011)

Se han realizado diferentes trabajos de construcción con este material en países como España, Estados Unidos, México, Alemania, Italia, Venezuela y Chile. Se ha implementado en la

construcción residencial, industrial y se está empezando a implementar en edificios. Este material cada vez crea más competencia en el mercado de la construcción porque es un material eficiente.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Honduras es un país que cuenta con 9,023,838 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2018). Sin embargo, el país lamentablemente es reconocido por ser una de las naciones más pobres del mundo, en los cuales se destaca que el 66% de la población vive en pobreza, también se destaca que en zonas rurales uno de cada 5 hondureños vive en pobreza extrema con ingresos menores a US\$2.00 al día (Banco Mundial , 2020)

Según la referencia del diario (La Tribuna, 2010) Honduras tiene un déficit habitacional de 1,150,000 casas según un informe de la Dirección General de viviendas y Urbanismo. El déficit habitacional cada año se incrementa en 25,000 casas, siendo que en el presente año 2020 el país tiene un déficit habitacional de aproximadamente 1,400,000 casas en el país. Uno de los motivos por los cuales tenemos este déficit es por la pobreza. No todas las personas tienen el poder adquisitivo para poder comprar, alquilar o construir una vivienda siendo sin duda alguna un privilegio tener una casa en el país.

Los materiales más utilizados en la construcción del país son el bloque de concreto con un 74.9%, ladrillo con 7.4% y otros materiales (piedra, adobe y madera) con el porcentaje restante de 17.7% (Rodríguez, 2017). Se ha demostrado que estos materiales no tienen tantos beneficios térmicos y una alternativa puede ser el vidrio, pero el presupuesto utilizando este material para una construcción residencial es muy elevado para los ingresos de un hondureño promedio. Ante esta problemática que se presenta en el país se propone la alternativa de construcciones de hogares con un material barato, duradero y con capacidad de aislante térmico como lo es el poliestireno expandido.

## **2.3. JUSTIFICACIÓN**

El motivo para realizar el siguiente estudio es evaluar la comparación de la construcción con poliestireno expandido y una construcción común con bloques de concreto, tomando en cuenta la sensación térmica de las casas una vez concluya su construcción y poder graficar resultados de

las temperaturas obtenidos, con estos resultados podremos realizar el cálculo de la envolvente térmica por cada casa y determinar que material es más eficiente para mantener temperaturas agradables en el hogar.

Es fundamental realizar la comparación de los costos de construcción para poder evaluar qué material será el más barato por cada metro cuadrado a construir. Este parámetro es importante para poder tomar una decisión a la hora de elegir una alternativa más viable al presupuesto de cada persona que desee construir una casa al igual que el tiempo de construcción que se emplearía en edificar una casa utilizando el poliestireno expandido o bloques de concreto.

La finalidad de esta investigación es que se pueda abrir un precedente de poder dar nuevas alternativas de materiales de construcción ya que los beneficios que se obtienen por construir con un material aislador térmico son numerosos, los climas en el país pueden llegar a alcanzar temperaturas elevadas que pueden ser insoportables por las características térmicas del bloque de concreto.

#### **2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Cuál es la temperatura promedio en una casa construida con bloques de concreto en Choloma, Cortés?
2. ¿Cuál es la temperatura promedio en una casa construida con poliestireno expandido en Choloma, Cortés?
3. ¿Cuál será la diferencia de temperatura entre las casas construidas con bloques de concreto y una casa construida con poliestireno expandido?
4. ¿Cuál será el costo estimado para construir una casa con bloques de concreto en Choloma, Cortés?
5. ¿Cuál será el costo estimado para construir una casa con poliestireno expandido en Choloma, Cortés?
6. ¿Qué beneficios hay al construir con poliestireno expandido?

## **2.5. OBJETIVOS**

### 2.5.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una comparación técnica, económica y ambiental de una casa construida con poliestireno expandido y una casa construida con bloques de concreto y determinar cuál tiene mejor confort térmico en Choloma, Cortés.

### 2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir la temperatura exterior e interior de una casa construida con poliestireno expandido para realizar el cálculo de la carga térmica.
2. Medir la temperatura exterior e interior de una casa construida con bloques de concreto para realizar el cálculo de la carga térmica.
3. Comparar el comportamiento térmico del interior de las casas.
4. Estimar el costo de construcción para una casa con bloques de concreto y una casa con poliestireno expandido
5. Comparar los costos de construcción de las dos opciones de construcción.
6. Conocer los beneficios de la construcción de hogares con poliestireno expandido.
7. Conocer el ciclo de vida del poliestireno expandido y bloque de concreto para comparar el impacto ambiental del material al ser utilizado en la construcción.

### **III. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se expondrán y analizarán particularidades del poliestireno expandido, sus diferentes usos tanto en la industria como su uso en la construcción en diferentes partes del mundo. A su vez se describirá la situación actual sobre la construcción residencial en Honduras y sus particularidades.

#### **3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Mediante el análisis de la situación actual podremos conocer datos del uso del poliestireno expandido en la construcción, algunos de sus resultados por construir con este material en específico y las comparaciones que se han realizado en otros países por el uso de este material en el rubro de la construcción.

#### **3.2. ANÁLISIS DEL MACROENTORNO**

En el análisis del macroentorno se mostrarán construcciones utilizando el poliestireno expandido en diferentes países y sus resultados.

##### *3.2.1. KENIA*

En este país africano se destaca que obtener una vivienda digna en un país que está en vías de desarrollo es muy complicado. Kenia es un país donde predomina la pobreza y un hogar con buenos materiales de construcción es raro de encontrar (Hannah Ngugi, 2017). Un 66% de las viviendas en este país son consideradas no adecuadas para habitar y están ubicadas en barrios marginales. La estructura empotrada con poliestireno expandido es un 35% más liviana que la estructura de hormigón convencional y se reducen costos de construcción significativamente.



### **Ilustración 2- Construcción de vivienda usando poliestireno expandido en Kenia**

Fuente: (kiganda, 2016)

La tecnología de EPS se introdujo en Kenia en abril de 2013. La Corporación Nacional de la Vivienda estableció en Nairobi un área de construcción con este material. Se resalta que la construcción con este material es muy nueva en el continente africano y es un método para construir edificios de una manera más rápida. Se concluyó que el EPS son sostenibles ya que pueden reutilizarse, pero carece de control de calidad para guiar la producción en este país. (Hannah Ngugi, 2017)

#### **3.2.2. NIGERIA**

La urbanización afecta seriamente a este país causando un crecimiento demográfico enorme, dejando a la población con déficit de hogares para cada familia. (Ibukunoluwa Ogundiran, 2018) La situación económica es crítica y por ello las personas no cuentan con los medios necesarios para vivir adecuadamente. La tasa de viviendas ha quedado en déficit en comparación con el crecimiento poblacional de Nigeria.

Ante la demanda de casas, aumentaron los precios de las casas dejando los precios inalcanzables para la mayoría de la población que no cuenta con empleos creando inadecuadas formas de vida, viviendas con materiales encontrados de un basurero, problemas de salud, entre otros problemas. El poliestireno expandido viene como una alternativa de construcción ya que cuenta con facilidad de moldeado y adaptación con otros materiales tradicionales de construcción.

“Para conocer la eficiencia energética del material EPS, la entrevista realizada a los ocupantes de unidades de vivienda EPS terminadas señalaron que el uso de ventiladores y acondicionadores de aire en las casas es innecesario y, cómodo dentro de las casas incluso cuando la temperatura exterior es alta.” (Ibukunoluwa Ogundiran, 2018)



**Ilustración 3- Construcción residencial en Nigeria usando EPS como aislante térmico**

Fuente: (Kushim Ritek Concept, 2018)

### 3.2.3. ESPAÑA

Se realizaron estudios del material de poliestireno expandido combinado con yeso para su uso en la construcción, donde se destacaron las propiedades mecánicas y térmicas del EPS son atractivas para las obras de construcción grandes de carretera, donde se puede aplicar una capa de 15 cm de hormigón al poliestireno expandido y puede obtener una densidad cercana a 500 kg/m<sup>3</sup> en las cuales se colocarán planchas prefabricadas de hormigón pretensado. (Madariaga, 2005)

### 3.3. ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

En el análisis del microentorno se mostrarán y analizarán casos de construcción de poliestireno expandido en países vecinos y el continente americano, este material no es nuevo en el mercado, pero es reciente en el sector residencial por su bajo costo como fue descrito en el macroentorno.

#### 3.3.1. NICARAGUA

Las primeras implementaciones con poliestireno expandido en Nicaragua surgen del terremoto que arrasó con este país en el año 1972 desechando el sistema constructivo que se estaba implementando en ese momento. La preocupación de las constructoras era encontrar materiales con la mayor resistencia sísmica posible y decidieron implementar la construcción con poliestireno expandido, encontrando mayores beneficios en los cuales se destacan mayor rapidez de construcción, mayor flexibilidad del material y un menor peso del material, lo que lo convirtió en una opción viable para el sector residencial (EMMEDUE, 2014).



**Ilustración 4- Sistema de construcción utilizado por EMMEDUE en Nicaragua**

Fuente (EMMEDUE, 2014)

Se destaca que la construcción de los paneles prefabricados cuenta con una malla de acero de alta resistencia para ofrecer mayor confiabilidad en la edificación. La principal función es ofrecer paneles prefabricados, que además de ahorrar tiempo en la construcción y reducir esfuerzo de la

mano de obra, puedan “obtener en un solo elemento funciones estructurales autoportantes, simplificando la ejecución, obteniendo alta capacidad de aislamiento térmico y acústico, al igual que gran versatilidad de formas y acabados” (EMMEDUE, 2014).

La principal ventaja de la implementación de este material en este país es el comportamiento que tiene el material ante desastres sísmicos. Es catalogado como un sistema sismo resistente por la acción en conjunto de todos los paneles en el momento exacto del sismo.

“En Nicaragua existen diversas edificaciones construidas con este sistema, como: Residencial Las Delicias, Residencial Monte Cielo, viviendas unipersonales, etc.” (Maltez, 2014)



**Ilustración 5- Residencial “Sendero de Las Colinas” en Nicaragua.**

Fuente: (Revista "Construir", 2017)

### **3.4. TEORÍAS DEL SUSTENTO**

En este apartado se mencionarán todas las teorías que sustenta la investigación realizada, tales como la composición del poliestireno expandido, sus propiedades como material, usos comunes en la industria, resistencia química ante diferentes sustancias y beneficios de la construcción utilizando EPS.

### 3.4.1. POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido es un material económico muy utilizado en la industria. Dado que es un plástico duro y sólido, se utiliza principalmente en productos que necesiten transparencia como pueden ser transporte de alimentos como también transporte de electrodomésticos brindando un mejor soporte para evitar un daño en los productos. (Chemical Safety Facts, 2018)

Una de las principales características del poliestireno expandido es su composición. "El poliestireno expandido puede tener más de 95 por ciento de aire y se usa como aislante doméstico, de electrodomésticos y repuestos automotrices" (Chemical Safety Facts, 2018).



**Ilustración 6– Platos de un solo uso fabricados con poliestireno.**

Fuente: (SustentarTV, 2014)

### 3.4.2. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

#### 3.4.2.1. Densidad del material

El poliestireno expandido es un derivado del poliestireno, tiene que pasar por un proceso de evaporación con vapor de agua para después aumentar su volumen y obtener una pre-expansión del material (Knauf Industries, 2017). "Antes de la expansión, el EPS tiene una densidad de  $765 \text{ kg/m}^3$  y en el periodo de expansión el volumen puede aumentar hasta 50 veces." (ALVARADO, 2003).

### 3.4.2.2. Conductividad térmica

La Conductividad Térmica ( $\lambda$ ) se puede describir como “El transporte de energía a través de un cuerpo como resultado de un gradiente de temperatura.” (NETZSCH, 2018) De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el calor siempre fluye en la dirección de la temperatura más baja.

$$\frac{dQ}{dt} = \dot{Q} = -\lambda A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} ; \dot{q} = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

#### Ecuación 1- Fórmula de conductividad térmica

Las características del aislamiento térmico del EPS superan a muchos de los materiales comunes en la construcción. La tabla muestra la equivalencia de otros materiales utilizados en el rubro de la construcción para obtener el mismo aislamiento térmico del poliestireno expandido.

**Tabla 1- Equivalencias en conductividad térmica del EPS con respecto a materiales tradicionales de construcción.**

Material	$\lambda = \text{W/mK}$	Espesor (-)
EPS (densidad 30 kg/m <sup>3</sup> )	0.024	1
Lana de vidrio	0.036	1.5
Corcho aglomerado	0.042	1.75
Vermiculita	0.050	2.08
Hormigón poroso	0.092	3.83
Ladrillos huecos	0.35	14.58
Hormigón	1.20	60

Muros de granito	1.6	67
Basalto y granito	3	125

Fuente: (Madariaga, 2005)

### 3.4.2.3. Rango elástico

El material cuenta con capacidad elástica, es un plástico que en su fabricación se fusionan las pequeñas piezas del poliestireno hasta formar la pieza deseada. "El material permite las deformaciones unidireccionales del orden del 1% al 1.5%, dentro del rango elástico, bajo cargas monotónicas. En general, en este rango el comportamiento del material es lineal y elástico" (ALVARADO, 2003).

### 3.4.2.4. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una de las principales características que tiene el poliestireno expandido. Esta resistencia es variable por diferentes parámetros del material, en las cuales destaca la densidad del producto, a menor densidad tendrá menor resistencia. También influye la temperatura, edad del material y la forma. (ALVARADO, 2003)

### 3.4.2.5. Resistencia química del poliestireno expandido

Es importante conocer la resistencia del poliestireno expandido ante diferentes sustancias que existen en la industria, se pueden ocasionar derramamientos de diferentes líquidos por un uso incorrecto del material (ALVARADO, 2003). En la siguiente tabla se muestra el comportamiento del material ante diferentes sustancias:

**Tabla 2- Resistencia del poliestireno expandido ante diferentes sustancias y químicos.**

<b>Sustancias, líquidos, ácidos, alcoholes, materiales e hidrocarburos.</b>	<b>Resistencia del poliestireno ante el material</b>
Agua	Resistente (+)
Agua de mar	Resistente (+)

Soda caustica	Resistente (+)
Agua de cal	Resistente (+)
Ácido acético	Resistencia limitada (+-)
Acido fórmico	Resistente (+)
Ácido nítrico (50%)	Resistente (+)
Ácido sulfúrico (50%)	Resistente (+)
Ácido clorhídrico	Resistencia limitada (+-)
Acido fórmico	Resistente (+)
Glicerina	Resistente (+)
Butanol	Resistencia limitada (+-)
Metanol	Resistencia limitada (+-)
Aceite de kerosene	Resistencia limitada (+-)
Combustible diésel	No resistente (-)

Fuente: (ALVARADO, 2003)

#### 3.4.2.6. Comportamiento del poliestireno expandido ante altas temperaturas

Todos los componentes del poliestireno expandido son materiales inflamables, lo que es algo común en un material de plástico. Resulta una desventaja ya que un incendio se esparciría mucho más rápido que un bloque de concreto.

“El EPS permanece indeformable bajo la acción del calor por conducción, convección y radiación hasta temperaturas de 80°C durante varios días.” (ALVARADO, 2003) El material comienza a deteriorarse alcanzando una temperatura de 100°C y al superar esta temperatura el material se puede transformar en una masa.

#### 3.4.2.7. Absorción del agua

Una de las ventajas que tiene el poliestireno expandido es su impermeabilidad ante el agua. Al sumergirlo ante el líquido, absorbe solamente una pequeña cantidad. En los usos del poliestireno expandido en planchas es recomendable que no se encuentren en contacto por un periodo largo de tiempo. (ALVARADO, 2003)

#### 3.4.2.8. Reciclaje del material

El poliestireno expandido puede ser utilizado ampliamente para su reciclaje, puede ser utilizado para deshacerlo y poder realizar más poliestireno expandido para diferentes objetos como por ejemplo realizar bases de electrodomésticos. (ALVARADO, 2003)

### **3.5. VENTAJAS DEL USO DEL EPS COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se explicarán algunas de las ventajas del poliestireno expandido en la construcción. Es un material que se ha utilizado en carreteras y en el sector residencial presentando resultados interesantes.

#### 3.5.1.1. Extremadamente liviano

Las piezas utilizadas para construcción hechas de poliestireno expandido son muy livianas por su composición, contienen hasta un 98% en volumen de aire por lo que el uso en la construcción reducirá esfuerzo físico de los constructores.

#### 3.5.1.2. Estanqueidad

Por su composición, absorbe cantidades despreciables de agua comparado a otros materiales de construcción, la capacidad de absorción puede alcanzar un 3% del volumen total en un año de inmersión (ALVARADO, 2003).

#### 3.5.1.3. Alta elasticidad

La capacidad de amortiguación de las distintas espumas del poliestireno expandido alcanza el límite superior dado por las leyes físicas de los cuerpos aislantes. (ALVARADO, 2003)

#### 3.5.1.4. Resistente a los hongos y parásitos

Las espumas del poliestireno expandido no sirven como sustrato de parásitos, hongos o bacterias. Sin embargo, el material si puede ser dañado por roedores o insectos (ALVARADO, 2003).



**Ilustración 7- Bloque de poliestireno sobrante en una construcción residencial**

Fuente: Propia

### **3.6. TERMODINÁMICA**

La termodinámica es la ciencia que estudia la energía y toda su capacidad de realizar cambios en ella. También se puede definir de la siguiente manera:

“Se encarga de estudiar la relación entre el calor y la energía analizando los efectos de los cambios de temperatura, presión, densidad, masa y volumen de un sistema. Esta rama de la física cuenta con cuatro leyes reconocidas; la ley cero de la termodinámica establece que dos cuerpos que se encuentran en equilibrio térmico con un tercero se encuentran en equilibrio entre sí. La primera ley de la termodinámica trata sobre la conservación de la energía, y establece que un sistema que intercambia calor con otro transformará su energía interna; la segunda ley de la termodinámica trata sobre la dirección de los procesos termodinámicos y la imposibilidad de que se lleven a cabo en sentido opuesto;

la tercera ley establece la imposibilidad de alcanzar una temperatura igual al cero absoluto." (Ochoa, 2019)

### 3.7. TRANSFERENCIA DE CALOR

Como lo mencionamos anteriormente la termodinámica es la ciencia que estudia los sistemas que permiten determinar la cantidad de energía que cambia al producirse cambios físicos o atmosféricos. Existe la transferencia de calor que complementa a la termodinámica por medio de un análisis para pronosticar la rapidez de transferencia de energía térmica (Transferencia de Calor, 2017).

"La energía puede transferirse hacia y desde una masa mediante dos mecanismos, calor y trabajo. Es calor cuando la interacción se debe a un diferencial de temperatura, de otro modo, es trabajo." (Ochoa, 2019)

La cantidad de calor transferido es catalogado con la letra "Q" y sus unidades son de energía, para el Sistema Internacional de Unidades es el Joule (J), entre otras, se encuentra la Caloría, Watt-hora y el BTU. Sin embargo, la tasa o razón de transferencia de calor se cataloga mediante el carácter  $\dot{Q}$ . El carácter (punto diacrítico) representa la derivada con respecto al tiempo y tiene unidades de Watts o J/s. (Cengel, 2007). Se utiliza la siguiente fórmula para definir la transferencia de calor en un periodo de tiempo determinado.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt \quad [J]$$

#### **Ecuación 2- Transferencia de calor en el tiempo.**

El calor o energía térmica está definida "como la manifestación de la energía en forma de calor. En todos los materiales los átomos que forman sus moléculas están en continuo movimiento ya sea trasladándose o vibrando" (Planas, 2020). El calor no es un fluido, sin embargo, cuando se hace referencia a "flujo de calor" se refiere a la transferencia de energía térmica hacia dentro o fuera de un sistema. La expresión de "flujo" es similar al de un líquido en movimiento, ya que al igual que el flujo de calor, existen partículas en movimiento constante. (Ochoa, 2019)

Para el calor existen tres formas de transferencia: conducción, convección y radiación. Pueden ocurrir al mismo tiempo. Sin embargo, puede ocurrir que alguno predomine sobre los otros (Cengel, 2007)

### 3.7.1. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

La transferencia de calor por conducción ocurre cuando el objeto de mayor temperatura influye en un objeto o superficie con menor temperatura. Cuando dos sistemas entran en contacto, las partículas en movimiento más rápido del objeto más caliente colisionan con las partículas en movimiento más lento del objeto más frío, transfiriendo calor. Este modo de transferencia puede ocurrir en sólidos, líquidos y gases mediante un contacto directo de objetos. (Cengel, 2007) “En los sólidos se debe a una combinación de las vibraciones de las moléculas y al transporte de energía por parte de electrones libres mientras que en los gases y líquidos se debe a la difusión y colisiones moleculares, las moléculas con temperaturas y energías altas ceden energía mediante las colisiones a las moléculas con menor temperatura” (Ochoa, 2019) Esta tasa de transferencia varía conforme al espesor y otros parámetros como se muestra a continuación:

$$Q_{\text{cond}} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \quad [\text{W}]$$

#### **Ecuación 3 – Calor por conducción**

Donde  $k$  es una constante de proporcionalidad llamada conductividad térmica del material en unidades de  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $\Delta x$  es la diferencia del espesor en metros,  $A$  el área en  $\text{m}^2$  y  $T_1 - T_2$  es el diferencial de temperatura del medio más caliente al más frío en kelvin o en grados Celsius.

### 3.7.2. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La conductividad térmica es la capacidad que tiene un material de conducir el calor. (Cengel, 2007) Usualmente los conductores eléctricos son buenos conductores de calor y tienen un mayor coeficiente  $K$  de calor. El coeficiente  $K$  se puede definir como “la cantidad de calor que transmite un cerramiento, por metro cuadrado de superficie, por hora y por gradiente unitario de temperatura entre los ambientes interior y exterior” (Sepa como instalar, 2017).

“La conductividad térmica ( $\lambda$ ) es la capacidad de transferencia de energía cinética de un cuerpo a otro, su unidad en el Sistema Internacional es el  $W/m \cdot K$  o  $W/m \cdot ^\circ C$ , equivalente a  $J/m \cdot s \cdot K$ , donde K es la temperatura en kelvin. La conducción de calor se ve relacionada a la temperatura, cambio de fase de un material, su estructura, conductividad eléctrica y convección. Entre mayor sea el valor de la conductividad mejor conductor de calor será el material, entre menor, más resistente” (Ochoa, 2019).

### 3.7.3. CONDUCTANCIA TÉRMICA

La conductancia térmica es una característica que especifica la transmisión térmica que tiene un material. “Se establece la medida de transferencia de energía a través materiales formados por distintas capas. Su unidad es de  $W/m^2 \cdot K$  Para calcularla se toma en cuenta la conductividad del material ( $\lambda$ ) y el espesor (e). También es la inversa de la resistencia.” (Ochoa, 2019)

$$C = \frac{\lambda}{e} [W/m^2 \cdot K]$$

#### **Ecuación 4 Conductancia térmica**

### 3.7.4. ANÁLISIS DE ENVOLVENTE TÉRMICA

Un análisis de envolvente térmica se define como el conjunto de capas donde se muestran los puntos calientes o fríos de un edificio o residencia. Se compone por un estudio de las diferentes capas del edificio construido para notar cuales son las regiones del edificio que más están afectadas por los cambios meteorológicos. (Manuel, 2019)

$$Q_{cs} = A \cdot U \cdot \Delta T$$

#### **Ecuación 5 – Análisis de envolvente térmico**

Donde:

- A: Área [ $m^2$ ]
- U: Transmitancia térmica [ $W/ (m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
- $\Delta T$ : Temperatura exterior – Temperatura interior [ $^\circ C$ ]

### 3.7.5. RESISTENCIA TÉRMICA

La resistencia térmica es una propiedad del calor en la cual se mide la diferencia de temperatura por la que un material resiste al calor. (Connor, 2020) “La resistencia térmica es el recíproco de la conductancia térmica. Así como una resistencia eléctrica está asociada con la conducción de electricidad, una resistencia térmica puede estar asociada con la conducción de calor.” (Connor, 2020). La resistencia térmica puede ser definida como:

$$Rt = \frac{L}{k}$$

#### **Ecuación 6 – Resistencia térmica**

Donde:

- L: Espesor [m]
- K: Conductividad térmica del material [ $W.m^{-1}. C^{-1}$ ]

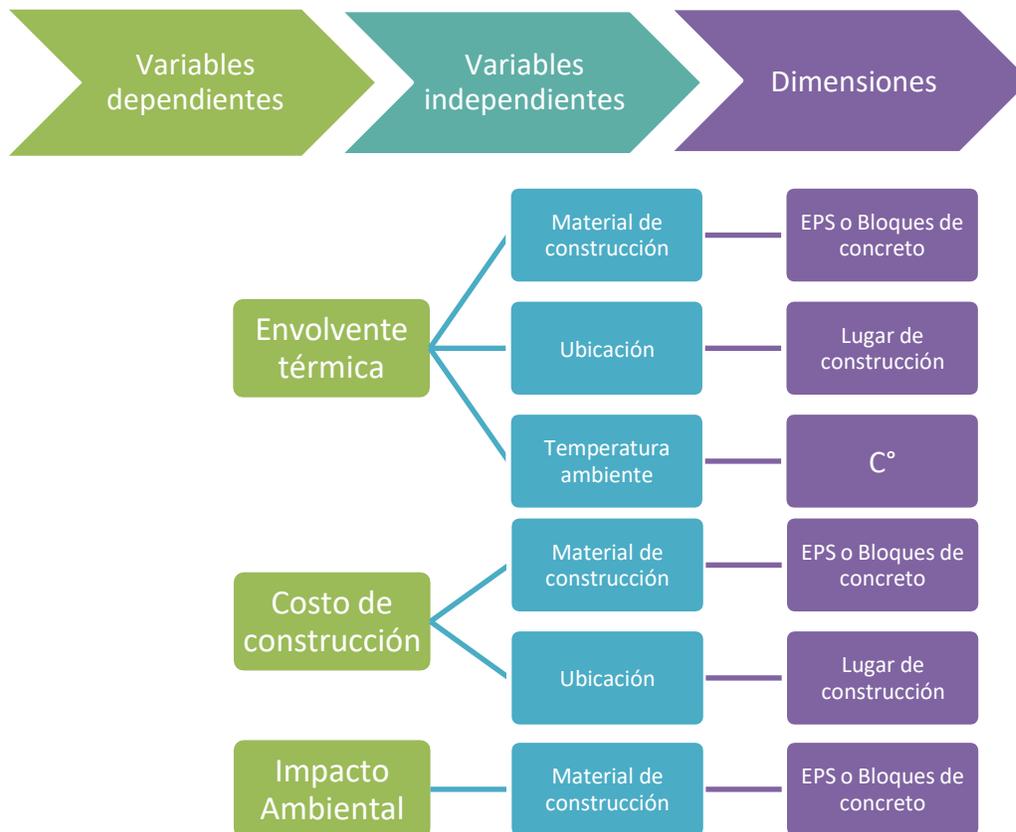
## IV. METODOLOGÍA

En este capítulo se presentará la metodología para realizar la recolección, comparación e investigación de los elementos necesarios para realizar el estudio tecno económico de la construcción con poliestireno expandido y compararla con bloques de concreto.

### 4.1. ENFOQUE

La metodología utilizada en esta investigación posee un enfoque cuantitativo, ya que se recolectaron datos de temperatura para probar la hipótesis del poliestireno expandido como aislante térmico y se realizó un estudio comparando el EPS con el bloque de concreto.

### 4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN



**Ilustración 8 Variables de la investigación realizada**

Fuente: Propia

La carga térmica es una de las variables dependientes, ya que es alterada por el material de construcción que es utilizado en cada escenario estudiado y también es afectada por las temperaturas obtenidas.

El costo de construcción al igual que la carga térmica es una variable dependiente, ya que depende del material de construcción utilizado en cada casa, este factor económico será dimensionado en lempiras ya que es la moneda utilizada en Honduras.

El impacto ambiental es nuestra última variable dependiente ya que al igual que el costo de construcción y la carga térmica cambiará por el material de construcción utilizado, es fundamental destacar que los materiales utilizados para la investigación tienen propiedades diferentes y como resultado, tendremos un impacto distinto.

La ubicación es una variable independiente, ya que, al realizar la investigación en la misma ciudad, esta no cambia por ningún factor y se podrían obtener resultados similares si se realiza el estudio en una ciudad diferente.

La temperatura ambiente se cataloga como variable independiente ya que, al realizar el estudio en la misma ciudad, la temperatura ambiente será igual o tendrá una diferencia despreciable.

Los materiales de construcción fueron catalogados como variable independiente. El poliestireno expandido y bloques de concreto son los protagonistas en el análisis técnico, económico y ambiental.

### **4.3. HIPÓTESIS**

En esta sección se expondrán las hipótesis correlacionales con el propósito de determinar si es viable la construcción con poliestireno expandido en la Choloma, Cortés.

**H<sub>1</sub>:** La construcción residencial con poliestireno expandido tendría mejor condición sensación térmica, ya que es un material aislante.

**H<sub>2</sub>:** La construcción de una residencia con poliestireno expandido tendrá menor costo, ya que es un material barato y los bloques de poliestireno son mucho más largos que los bloques de concreto.

**H<sub>3</sub>:** Una construcción con poliestireno tendrá mayor impacto ambiental ya que es un plástico que normalmente tarda 100 años en degradarse.

#### **4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se utilizaron dos casas ubicadas en Choloma, Cortés. Una de la residencia construida con poliestireno es una casa ubicada cerca de la residencial Andalucía con las coordenadas con latitud 15°35'29.6"N y longitud 87°57'27.7"W. La otra residencia es una casa ubicada en el centro de Choloma y sus coordenadas no serán reveladas.



**Ilustración 9 – Ubicación de una residencia utilizada para el estudio de la envolvente.**

## 4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

### 4.5.1. SENSORES DE TEMPERATURA “LOGTAG MICRODAQ”



**Ilustración 10- Sensor de temperatura LogTag utilizado**

Fuente: propia

Los sensores Logtag MicroDAQ son los sensores que fueron utilizados para obtener los datos de temperatura necesarios para posteriormente realizar nuestro estudio de carga térmica de ambas casas.

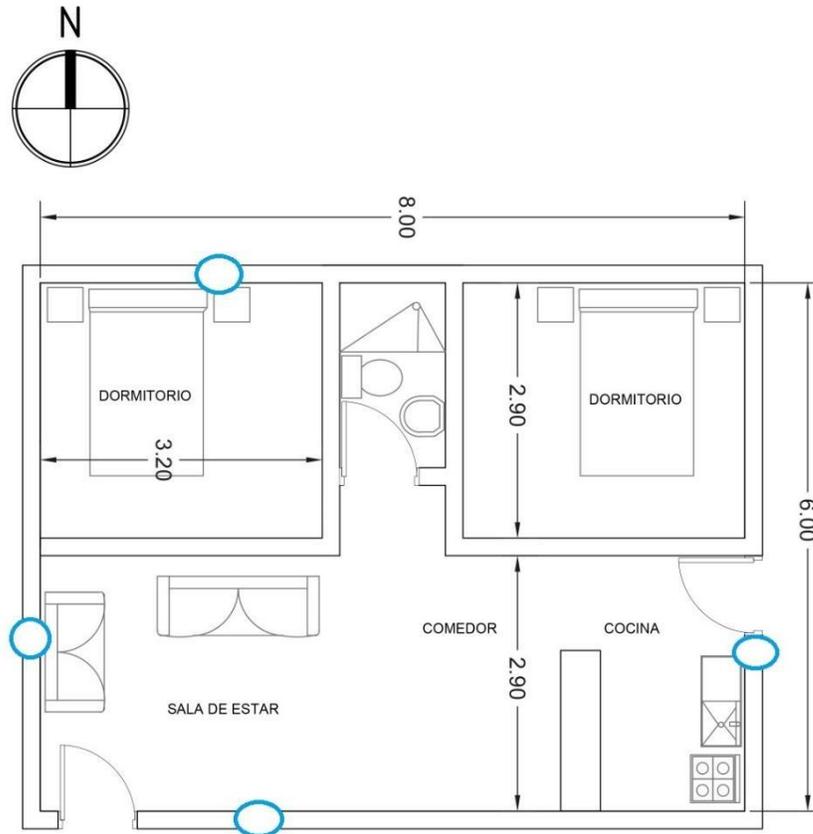
## 4.6. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

### 4.6.1. ANÁLISIS TÉCNICO

Para poder realizar el análisis técnico del poliestireno expandido y los bloques de concreto convencionales se realizó lo siguiente:

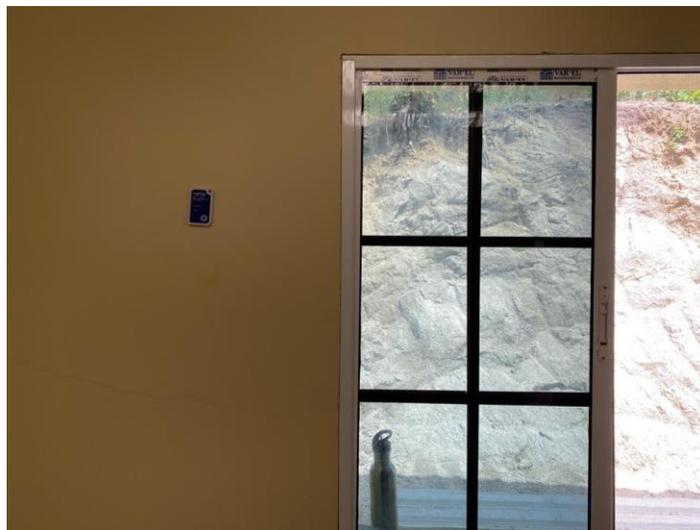
1. Se instalaron sensores de temperatura en las paredes exteriores, interiores y techo interior de la casa. Por cada día se fue cambiando de lugar los sensores para poder analizar las paredes de los principales puntos cardinales (pared norte, pared sur, pared este y pared oeste) de ambas casas obteniendo datos de la temperatura de cada ubicación en un periodo de 24 horas





**Ilustración 12 – Ubicación de sensores en casa construida de poliestireno expandido**

Fuente: elaboración propia



**Ilustración 13- Sensor instalado en pared norte interior de la residencia construida con poliestireno expandido (29 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 14- Sensor instalado en pared norte exterior de la residencia construida con poliestireno expandido (29 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 15 – Sensor instalado en la parte superior interior de la casa construida con poliestireno expandido (29 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 16- Sensor instalado en la pared norte interior de la residencia construida con bloque de concreto (29 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 17 – Sensor de temperatura instalado en la pared norte exterior de la residencia construida con bloque de concreto (29 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 18- Sensor de temperatura instalado en la parte interior del techo en residencia construida con bloque de concreto.**

Fuente: propia



**Ilustración 19 - Sensor de temperatura instalando en pared sur exterior en la residencia construida con poliestireno expandido (30 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 20 - Sensor de temperatura instalando en pared sur interior en la residencia construida con poliestireno expandido (30 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 21 - Sensor de temperatura instalado en pared sur interior en residencia construida con bloque de concreto (30 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 22 - Sensor de temperatura instalado en pared sur exterior en residencia construida con bloque de concreto (30 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 23 - Sensor de temperatura instalado en pared este interior en residencia construida con poliestireno expandido (31 octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 24- Sensor de temperatura instalado en pared este exterior en residencia construida con poliestireno expandido (31 octubre).**

Fuente: propia



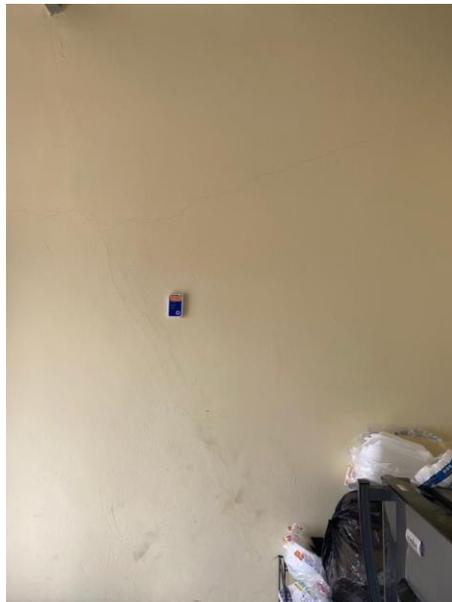
**Ilustración 25- Sensor de temperatura instalando en pared este interior en residencia construida con bloque de concreto (31 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 26 - Sensor de temperatura instalando en pared este exterior en residencia construida con bloque de concreto (31 de octubre).**

Fuente: propia



**Ilustración 27- Sensor de temperatura instalando en pared oeste interior de residencia construida de poliestireno expandido (1 de noviembre).**

Fuente: propia



**Ilustración 28- Sensor de temperatura instalando en pared oeste exterior de residencia construida de poliestireno expandido (1 de noviembre).**

Fuente: propia



**Ilustración 29- Sensor de temperatura instalando en pared oeste interior de residencia construida con bloque de concreto (1 de noviembre).**

Fuente: propia



**Ilustración 30 - Sensor de temperatura instalando en pared oeste exterior de residencia construida con bloque de concreto (1 de noviembre).**

Fuente: propia

2. Se extrajo los datos obtenidos por los sensores mediante el software "Logtag Analyzer" y se clasificó la información por casa y por día.
3. Se realizó un estudio de la envolvente térmica con las temperaturas obtenidas, utilizando la ecuación 5 presentada en el marco teórico.
4. Comparamos mediante los datos obtenidos de nuestro estudio realizado.

#### 4.6.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se realizó la suma de todos los costos para la construcción de las residencias (materiales, mano de obra, terreno) entre el área de construcción utilizada para obtener el costo de construcción por cada  $m^2$  utilizado. Al realizar este cálculo podremos determinar que opción es la más barata.

#### 4.6.3. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

En el análisis de impacto ambiental se procederá a buscar literatura sobre el ciclo de vida útil de cada material (poliestireno expandido y bloques de concreto) para determinar el impacto que genera la construcción de cada material y la degradación del material estimar la vida útil de una casa.

#### 4.6.4. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se enumerarán las principales limitantes de la investigación realizada:

1. Una limitante de la investigación es el desplazamiento a los centros de estudio, debido a que están ubicadas en Choloma, Cortés y se realizaban viajes de más de una hora para llegar a las casas. Debido a esta limitante no se registraron las 24 horas en algunas de las paredes.
2. Cambios climáticos: en las fechas donde se tomaron las mediciones de las temperaturas (29 octubre del 2020 – 2 de noviembre del 2020) se presentaron cambios climáticos en la ciudad de Choloma, dificultando la movilización a la ciudad por las tormentas.
3. Hábitos de las personas en el hogar: en una visita técnica se pudo observar a individuos fumando cerca de los sensores, perjudicando los resultados de temperaturas obtenidas en un periodo de tiempo, también en una residencia normalmente tienen las puertas abiertas, donde entra el calor a la residencia con más facilidad.
4. Las dimensiones de las casas no eran iguales, ante esta limitante en el análisis tecnológico y económico se utilizaron las dimensiones de la casa construida de poliestireno expandido para determinar el cambio térmico que presentaría una casa si se construye una residencia con bloques de concreto con la misma área y se presentara el análisis económico basándose en el la construcción hipotética de la misma residencia cambiando el poliestireno por bloques de concreto y de esta manera realizar una comparación en las mismas condiciones.
5. Las casas estaban ubicadas en diferentes sectores (rural y urbano) viéndose cambios reflejados en las temperaturas exteriores de las paredes.

#### 4.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la siguiente tabla se presentarán las actividades desarrolladas para la elaboración de este trabajo de investigación.

**Tabla 3- Cronograma de actividades**

Actividades para la elaboración del proyecto de investigación	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Introducción							■			
Planteamiento del problema	■									
Marco Teórico		■	■							
Metodología			■	■						
Visitas a residencias			■	■						
Análisis técnico				■	■					
Análisis económico					■	■				
Análisis de impacto ambiental					■					
Resultados y Análisis						■	■			
Conclusiones						■	■		■	
Recomendaciones								■	■	
Bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■		
Anexos	■	■	■	■	■	■	■	■		
Informe Final									■	
Pre-defensa										■

Fuente: Elaboración propia.

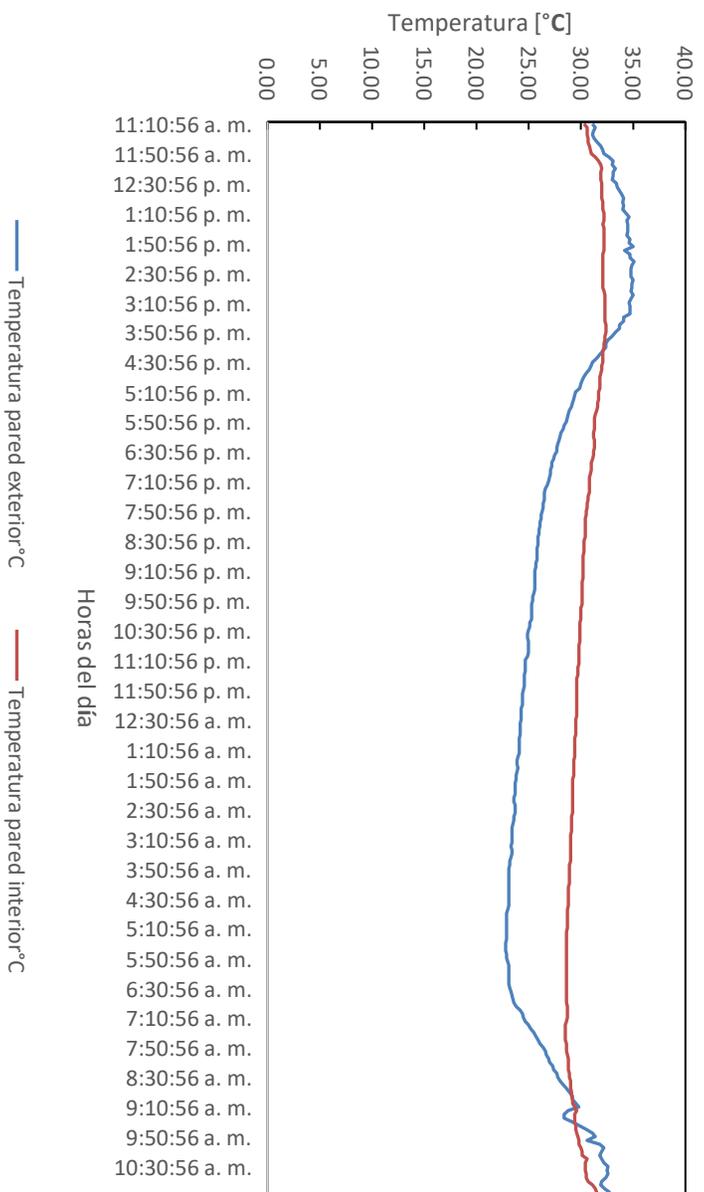
## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de las temperaturas tomadas en las residencias, el análisis tecno económico y el impacto ambiental.

### 5.1. TEMPERATURAS OBTENIDAS EN LAS RESIDENCIAS

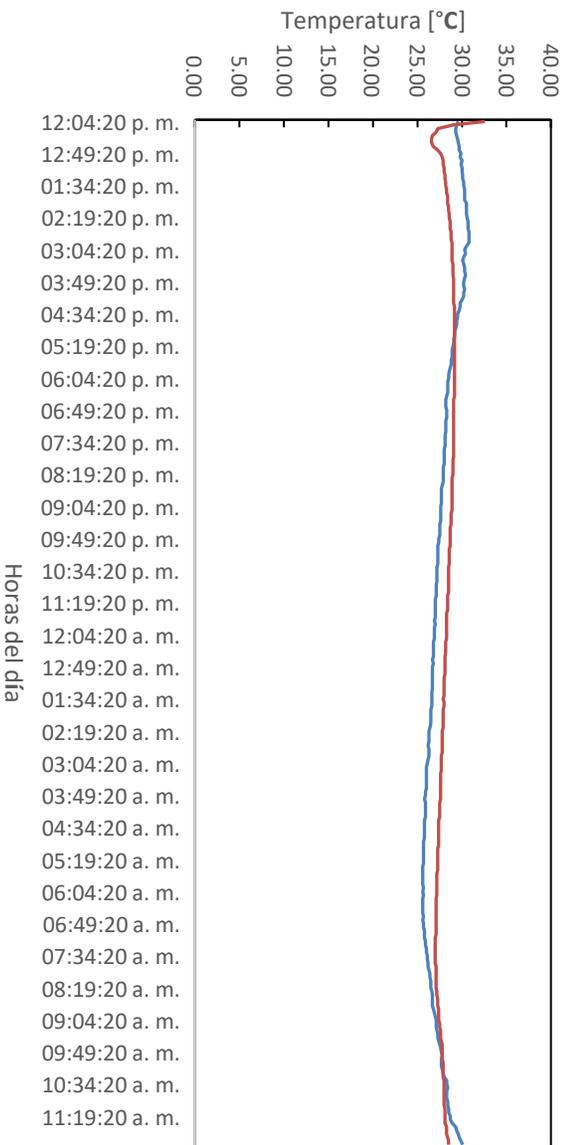
Como se mencionó en la metodología, se realizaron mediciones de temperatura de las paredes norte, sur este y oeste, en la cual obtuvimos los siguientes resultados:

### 5.1.1. TEMPERATURAS OBTENIDAS EN PARED NORTE (29 DE OCTUBRE)



**Ilustración 31 – Temperaturas obtenidas en pared norte de casa construida con poliestireno expandido (29 de octubre 11:10am - 30 octubre 11:05am)**

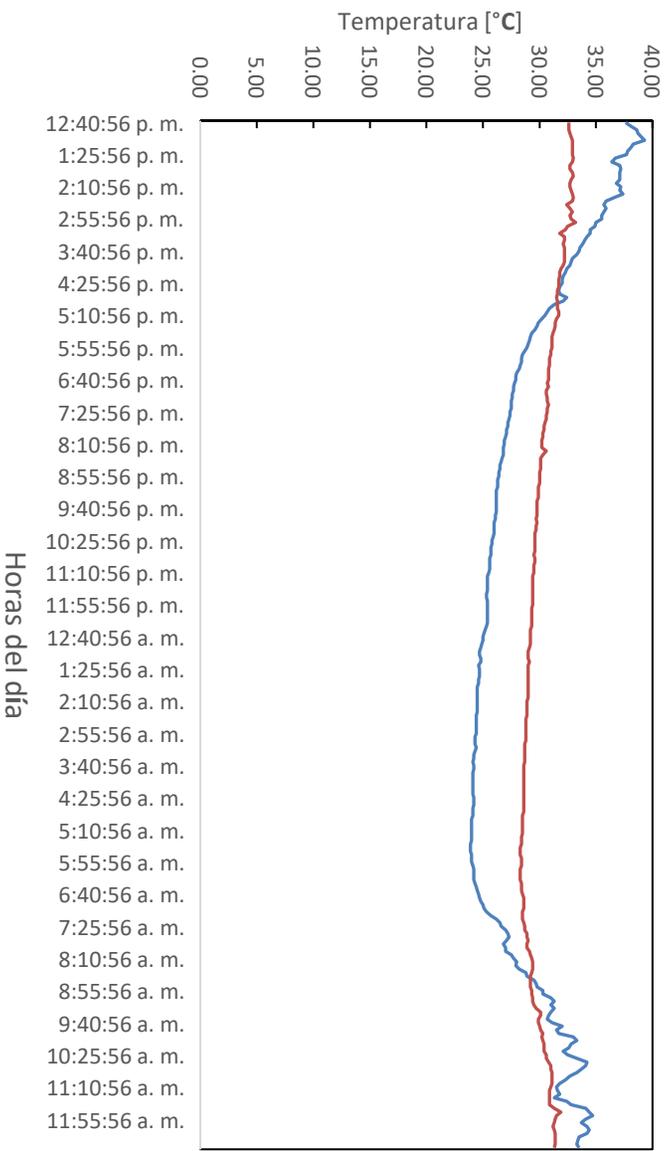
Fuente: propia



**Ilustración 32 – Temperaturas obtenidas en pared norte de bloques de concreto (29 de octubre 12:04pm – 30 de octubre 11:54am)**

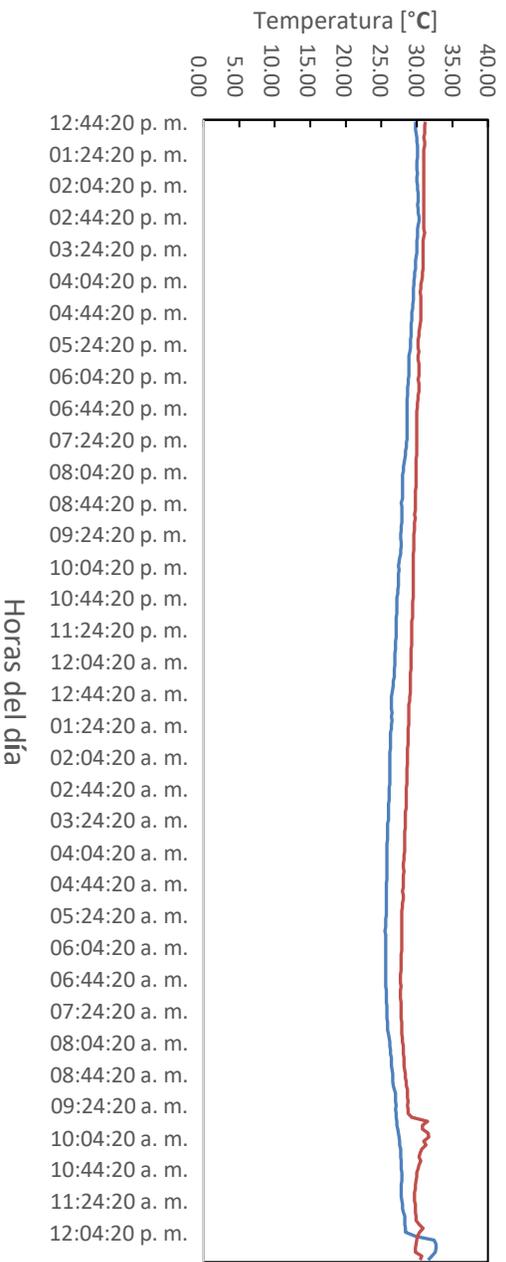
Fuente: propia

## 5.1.2. TEMPERATURAS OBTENIDAS EN PARED SUR (30 DE OCTUBRE)



**Ilustración 33 - Temperaturas obtenidas en pared norte de casa construida con poliestireno expandido (30 de octubre 12:40 pm - 31 octubre 12:00pm).**

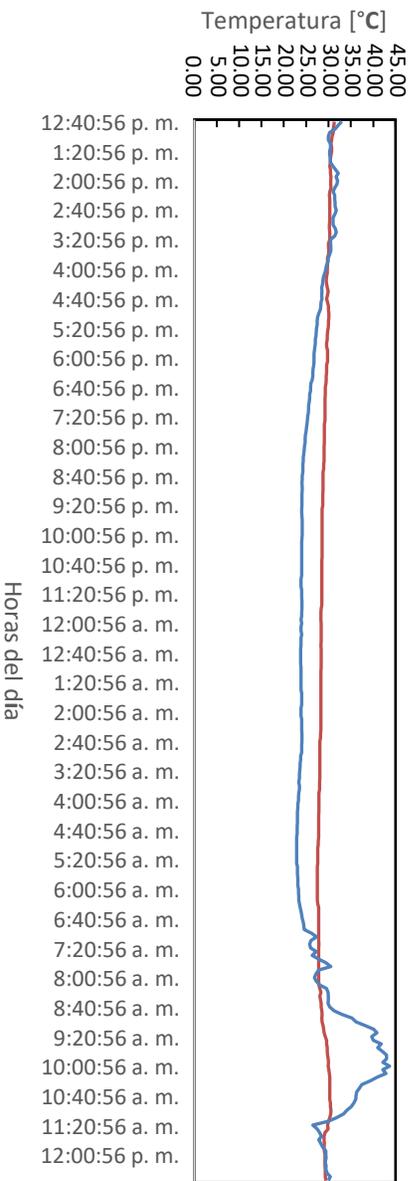
Fuente: propia



**Ilustración 34 - Temperaturas obtenidas en pared norte de casa construida con bloque de concreto (30 de octubre 12:44pm - 31 octubre 12:05pm).**

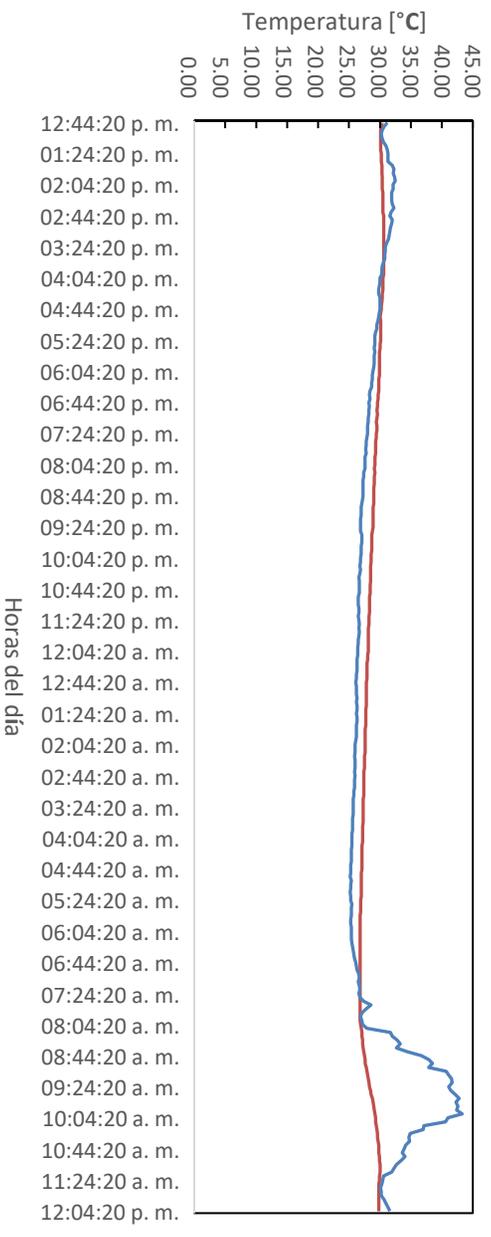
Fuente: propia

### 5.1.3. TEMPERATURA OBTENIDAS EN PARED ESTE (31 OCTUBRE)



**Ilustración 35- Temperaturas obtenidas en pared este de casa construida con poliestireno expandido (31 de octubre 12:40 am - 1 noviembre 12:00am).**

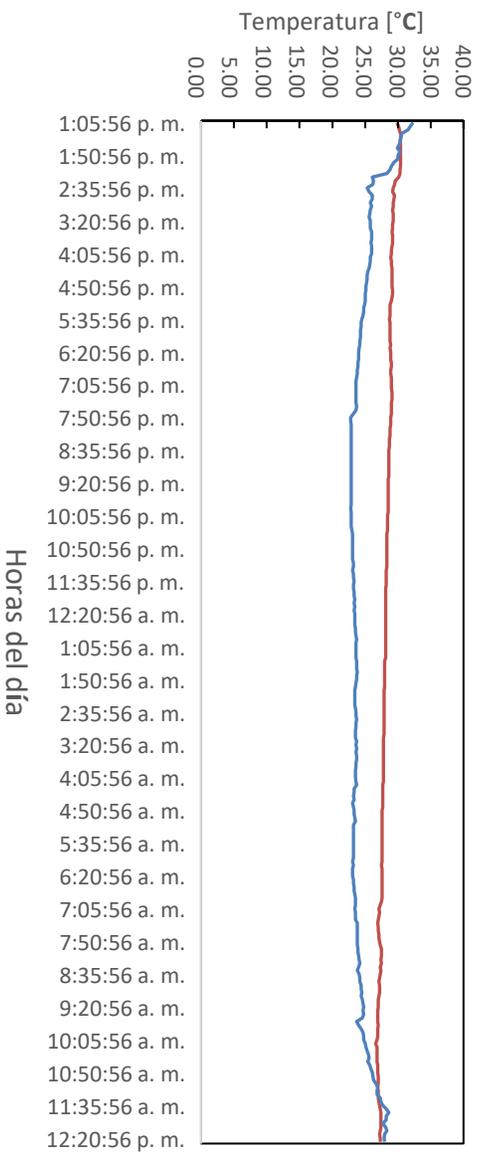
Fuente: propia



**Ilustración 36 – Temperaturas obtenidas en pared este de casa construida con bloques de concreto (31 de octubre 12:40pm – 1 noviembre 12:00am).**

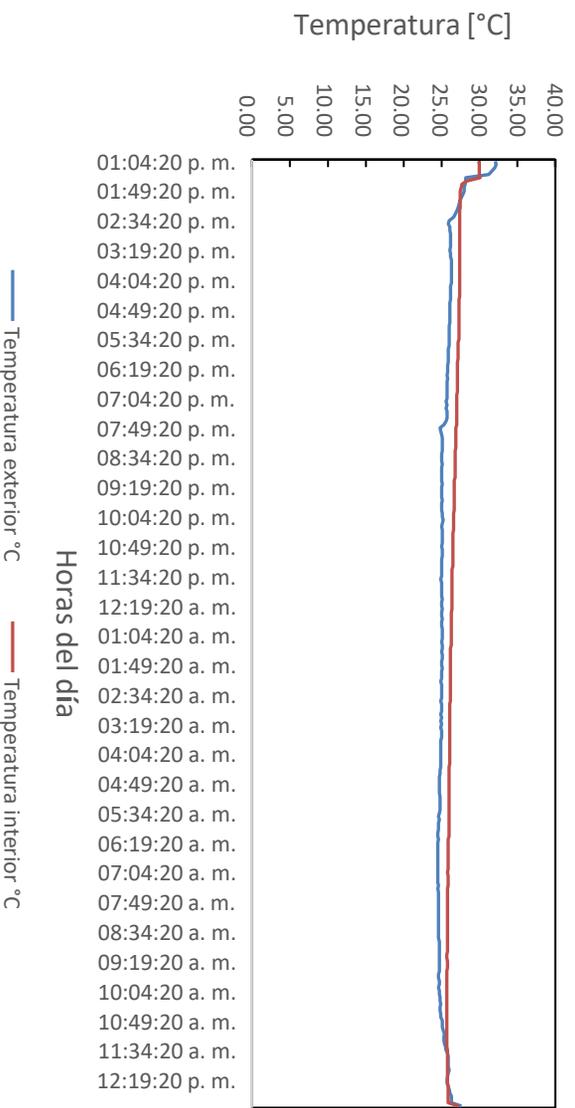
Fuente: propia

#### 5.1.4. TEMPERATURA OBTENIDA EN PARED OESTE (1 NOVIEMBRE)



#### Ilustración 37 - Temperaturas obtenidas en pared oeste de casa construida con poliestireno expandido (1 de noviembre 1:05 pm - 2 noviembre 12:25 pm).

Fuente: propia

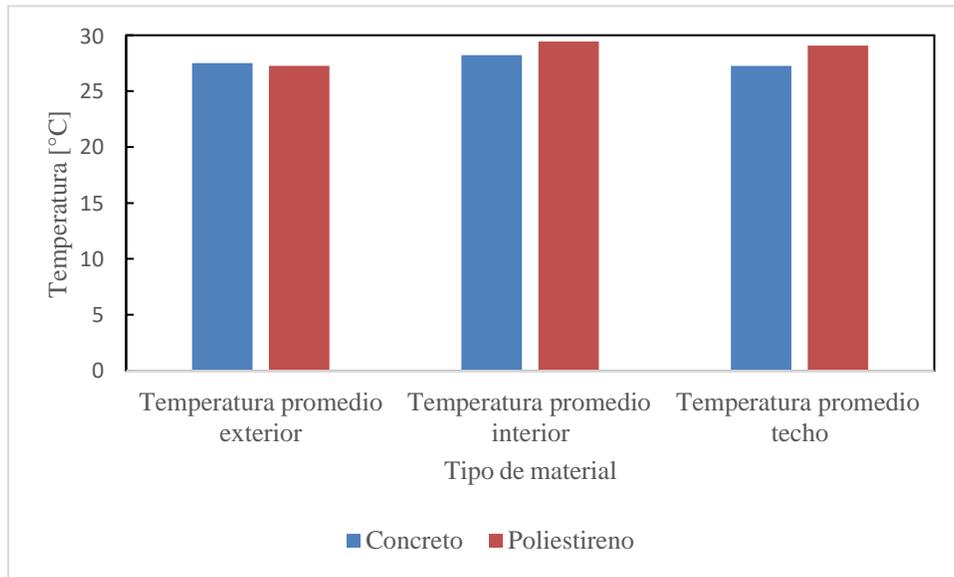


**Ilustración 38 - Temperaturas obtenidas en pared oeste de casa construida con bloques de concreto (1 de noviembre 1:05 pm – 2 noviembre 12:59pm).**

Fuente: propia

**5.2. PROMEDIO DE TEMPERATURAS OBTENIDAS**

Se realizó el análisis de las temperaturas obtenidas en los 4 días y obtuvimos los siguientes resultados: La casa de concreto tuvo una temperatura promedio exterior de 27.51 °C y una temperatura promedio interior de 28.22 °C mientras que en la casa de poliestireno expandido la temperatura promedio exterior fue de 27.24 °C y una temperatura promedio interior de 29.44°C .



**Ilustración 39 – Promedio de temperaturas obtenidas en las casas**

Fuente: elaboración propia

### 5.3. ANÁLISIS DE ENVOLVENTE TÉRMICO

**Tabla 4- Análisis de envolvente térmico en casa de poliestireno expandido**

Área del edificio	Área [cm <sup>2</sup> ]	Espesor [cm]			Conductancia [W/(cm <sup>2</sup> .°C)]			Resistencia térmica [W/(cm <sup>2</sup> .°C)]	Transmitancia U [W/(cm <sup>2</sup> .°C)]	(Te-Ti) [°C]	Qcs [Watts]
<i>Pared (capa concreto-poliestireno-concreto)</i>	487635	6	20		0.0108	0.00432		5176.992276	0.000193162	10.5	989.02
<i>Techo (Lámina-aislante térmico aluminado)</i>	480000	4	4		0.0937	0.00995		444.6079129	0.002249173	10.5	11,335.83
										<b>Qcs</b>	<b>12,324.85</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 5- Análisis de envolvente térmico en casa construida con bloques de concreto**

Área del edificio	Área [cm <sup>2</sup> ]	Espesor [cm]			Conductancia [W/(cm <sup>2</sup> .°C) ]			Resistencia térmica [W/(cm <sup>2</sup> .°C)]	Transmitancia U [W/(cm <sup>2</sup> .°C) ]	(Te-Ti) [°C]	Qcs [Watts]
<i>Pared (capa concreto-bloque-concreto)</i>	487635	2	15	2	0.0108	0.1038	0.0108	514.2324917	0.001944646	10.6	10051.7
<i>Techo (Lámina-aire-asbesto)</i>	480000	4	75	3	0.0937	0.1327	0.3635	608.2596522	0.001644035	10.6	8364.85
										<b>Qcs</b>	<b>18416.6</b>

Fuente: elaboración propia

En los resultados obtenidos en el análisis de envolvente térmico de ambas casas, se pudo demostrar que en la casa construida con poliestireno hay un mayor confort térmico por la implementación de este material, al comparar los resultados con la casa construida de bloque de concreto con la misma dimensión, cantidad de ventanas y puertas se puede comprobar que es un aislante que mantiene las temperaturas interiores constantemente.

## 5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

**Tabla 6- Análisis económico de casa construida de poliestireno expandido**

Costo de materiales	L 255,622.80
Costo mano de obra	L 433,090.80
Costo total	L 688,713.60
Costo por metro cuadrado construido	L 14,348.20

Fuente: (Martínez, 2020)

**Tabla 7- Análisis económico de casa construida con bloque de concreto**

Costo de materiales	L256,605.60
Costo mano de obra	L 462,703.06
Costo total	L 719,308.66
Costo por metro cuadrado	L 14,985.60

Fuente: (Martínez, 2020)

En las tablas presentadas, se demostró que el costo por metro cuadrado construido en una casa de poliestireno expandido es más barato, resultando ser una de las ventajas que tiene el material. Es más económico y la mano de obra resulta ser más barata ya que hay menor esfuerzo en la construcción de esta. La cotización de los materiales utilizados en el estudio se encuentra en anexos y las cifras utilizadas en mano de obra que fueron utilizados en el estudio son de la cámara hondureña de construcción edición 2019.

## **5.5. CICLO DE VIDA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO**

El ciclo de vida del poliestireno expandido es variable ya que es un material que se utiliza como amortiguador, almacenamiento de alimentos y como aislante térmico. Sin embargo, el poliestireno expandido procede del petróleo, de éste se obtiene el monómero estireno que se polimeriza empleando agua y un agente expansor que produce el EPS (Ramírez, 2018). La mayor preocupación del poliestireno expandido es su lenta biodegradabilidad alcanzando hasta más de 500 años de vida.

Se ha reducido su uso para almacenar alimentos ya que es un material desechable que, a pesar de ser ligero, abarca espacio. En países asiáticos como Japón se incentiva a la población que colabora con el medio ambiente al no utilizar plásticos desechables por su difícil proceso de reciclaje (Ramírez, 2018).

En su uso para la construcción representa una cantidad mínima de energía para la obtención del material, ya que se requiere de 0.19 kWh para su polimerización y secado (Ramírez, 2018). Como también es importante mencionar que cuenta con la función de aislante térmico representando un ahorro energético en su fase de operación.

Según (A. Freire Guerrero, 2016) por cada kilogramo de bloque de poliestireno expandido realizado se liberan 116.7 kgCO<sub>2</sub>/kg Cabe destacar que el resultado presentado incluye el transporte del material, que puede variar según las distancias.

## **5.6. CICLO DE VIDA DEL BLOQUE DE CONCRETO**

El bloque de concreto es una pieza prefabricada utilizada para la construcción de muros, es uno de los materiales más utilizados en la construcción del país. El bloque de concreto varía en su composición por los fabricantes, por lo cual su ciclo de vida es variable (Maza, 2012).



#### Ilustración 40 – Comportamiento del bloque de concreto en su ciclo de vida

Fuente: (Maza, 2012)

Los bloques de concreto están formados generalmente por una mezcla de agua, arena, cemento y grava (Bloqueras, 2020). Por cada kilogramo de bloque de concreto se liberan 0.403 kgCO<sub>2</sub>/kg (Ramírez, 2018) y tiene aproximadamente 70-75 años de vida útil.

### 5.7. IMPACTO AMBIENTAL

Para realizar el análisis de impacto ambiental, se realizó la comparación de ambos materiales tomando en cuenta los parámetros de la siguiente tabla

**Tabla 8- Comparación de parámetros en la construcción con poliestireno expandido y el bloque de concreto**

Parámetro medido	Unidades	Poliestireno expandido	Bloque de concreto
Emisiones de CO <sub>2</sub>	kgCO <sub>2</sub> /kg	116.7	0.403
Tiempo de degradación	Años	Más de 600	70-75

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la tabla 8, se puede ver que por cada kilogramo de poliestireno se emite 116.29 kgCO<sub>2</sub> de diferencia por la construcción con el poliestireno, siendo una desventaja del material. Sin embargo, las características del poliestireno lo hacen un material con más años de vida.

## VI. CONCLUSIONES

Se realizó la comparación de una casa construida con poliestireno expandido y la casa construida con bloque de concreto donde se realizaron registros de temperatura, análisis de las temperaturas obtenidas, análisis de envolvente térmica tanto de las paredes como del techo, análisis económico de una residencia construida de EPS y una residencia construida con bloque de concreto, se comparó el análisis económico y se realizó un análisis de impacto ambiental por la construcción residencial con cada material y se determinaron las siguientes conclusiones:

1. Se realizaron las mediciones de temperatura de las caras exterior e interior de la casa construida de poliestireno expandido obteniendo una temperatura promedio de la pared exterior de 27.24 °C y una temperatura promedio interior de 29.44°C.
2. Se registraron las mediciones de temperatura de las caras exterior e interior de la casa construida de bloque de concreto obteniendo una temperatura promedio de la pared exterior de 27.51 °C y la temperatura promedio de la pared interior de 28.22 °C.
3. Se realizó la comparación térmica del interior de las residencias donde la casa de concreto es 1.22 °C o 5.2% más agradable. Sin embargo, al realizar el análisis de envolvente térmico se demostró que la entrada de calor en la casa de concreto es mayor ya que influyen la resistencia térmica de los materiales.
4. Se realizó el cálculo del costo de construcción de una residencia construida con poliestireno expandido donde se determinó que un metro cuadrado construido tiene un costo de L 14,348.20 mientras que una casa construida de bloque de concreto con las mismas especificaciones tiene un costo de L 14,985.60.
5. Con el análisis económico realizado se comprobó que la implementación del poliestireno expandido resulta ser una alternativa más barata de construcción residencial, ya que existe una diferencia de 637.4 L. por m<sup>2</sup> construido en la casa de poliestireno expandido, obteniendo un ahorro total de 30,595.06 lempiras por la construcción de la casa construida con poliestireno expandido.

6. Se mencionaron múltiples beneficios de la construcción con poliestireno expandido, en las cuales se destacan los beneficios térmicos, el bajo costo comparado a otros materiales y su peso liviano que reduce esfuerzo de la mano de obra.
7. En el impacto ambiental se pudo verificar que el poliestireno tiene una vida útil de más de 600 años, mientras que el bloque de concreto solamente dura 70-75 años. Sin embargo, en las emisiones de CO<sub>2</sub> el poliestireno expandido es más perjudicial por la cantidad de emisiones que emite por su uso en la construcción.

Una de las principales limitaciones de la investigación fue la diferencia de las dimensiones de las casas, ya que lo ideal es que tengan la misma área. También otra de las limitaciones de la investigación fueron los hábitos de los residentes de las casas, ya que pueden alterar el registro de temperaturas.

Se espera que esta investigación sea útil para futuras investigaciones sobre comparaciones técnicas de residencias o edificios, también este trabajo investigativo puede ser útil para personas que están interesadas en la construcción con poliestireno expandido, ya que comprueba algunos de sus beneficios térmicos.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Las temperaturas obtenidas resaltan que el comportamiento de la temperatura interior de la casa construida con poliestireno es constante, independientes a las temperaturas exteriores obtenidas. Es necesario climatizar las casas al igual que las casas de concreto, pero se necesitarían menos unidades de aire acondicionado y las sensaciones térmicas permanecerían más tiempo por la implementación del material aislante en una casa de poliestireno.
2. Se recomienda implementar una capa de asbesto en el techo para evitar el ingreso de calor por el techo, ya que se verificó que es el área por el cual entra más calor en la casa de poliestireno.
3. El poliestireno expandido es un material de menor costo comparado al bloque de concreto, su mano de obra es de menor costo y tendrá beneficios térmicos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- A. Freire Guerrero, J. M. (2016). *Incorporación de huella de carbono y huella ecológica en las bases de costes de construcción. Estudio*. Écija: Revista Hábitat Sustentable Vol. 6, N°. 1.
- Alcántara, V. (Diciembre de 2015). *AUMENTAN CONSTRUCCIONES CON POLIESTIRENO EXPANDIDO EN MÉXICO*. Obtenido de [plastico.com](http://www.plastico.com) : <http://www.plastico.com/temas/Aumentan-construcciones-con-poliestireno-expandido-en-Mexico+109378>
- ALVARADO, A. E. (2003). *"BOVEDILLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UNA ALTERNATIVA PARA LAS LOSAS PREFABRICADAS*. Santiago : UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE.
- Banco Mundial . (09 de Octubre de 2020). Obtenido de © 2020 Grupo Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/country/honduras/overview>
- Bloqueras. (2020). *Bloques de Concreto*. Obtenido de [Bloqueras.org](https://bloqueras.org): <https://bloqueras.org/bloques-concreto/#:~:text=El%20concreto%20usualmente%20utilizado%20en,elevada%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n>.
- Cabrera, J. L. (5 de Octubre de 2012). *Insumos y máquinas*. Obtenido de Materiales más utilizados en la Construcción: <https://insumosymaquinas.com.ar/materiales-mas-utilizados-la-construccion/>
- Cengel, Y. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mexico: McGraw-Hill.
- Chemical Safety Facts. (Marzo de 2018). *Chemical Safety Facts*. Obtenido de Poliestireno: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/poliestireno/>
- Connor, N. (8 de Enero de 2020). *Thermal Engineering*. Obtenido de ¿Qué es la resistencia térmica? Resistividad térmica: definición: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-resistencia-termica-resistividad-termica-definicion/>
- EMMEDUE. (2014). *Manual tecnico de construccion con paneles de poliestireno expandido*. Managua: Equipo técnico EMMEDUE-SUMINSA Nicaragua. Obtenido de

<http://www.panelconsa.com/wp-content/uploads/2016/04/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-R10.pdf>

Grupo ISOTEX. (Julio de 2011). *El uso de poliestireno expandido en obras de ingeniería civil*. Obtenido de <https://grupoisotex.com/wp-content/uploads/2015/04/USO-DEL-EPS-EN-OBRAS-DE-INGENIERIA-CIVIL.pdf>

Hannah Ngugi, J. W. (3 de Noviembre de 2017). *Use of Expanded Polystyrene Technology and Materials*. Obtenido de SciencePG: [https://www.researchgate.net/profile/James\\_Wambua\\_Kaluli/publication/320868639\\_Use\\_of\\_Expanded\\_Polystyrene\\_Technology\\_and\\_Materials\\_Recycling\\_for\\_Building\\_Construction\\_in\\_Kenya/links/5ab8e218aca2722b97cfe533/Use-of-Expanded-Polystyrene-Technology-and-Mate](https://www.researchgate.net/profile/James_Wambua_Kaluli/publication/320868639_Use_of_Expanded_Polystyrene_Technology_and_Materials_Recycling_for_Building_Construction_in_Kenya/links/5ab8e218aca2722b97cfe533/Use-of-Expanded-Polystyrene-Technology-and-Mate)

Ibukunoluwa Ogundiran, Y. M. (7 de Junio de 2018). *Energy-Efficient Construction in Nigeria: The Adoption of Expanded Polystyrene Wall Panels in Abuja Metropolis*. Obtenido de iiste.org: <https://core.ac.uk/download/pdf/234668406.pdf>

Instituto Nacional de Estadística. (2018). *INDICADORES CIFRAS DEL 2018*. Honduras. Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2019/09/cifras-de-pais-2018.pdf>

kiganda, A. (2 de Junio de 2016). *constructionreviewonline.com*. Obtenido de Polystyrene homes in Kenya taking center stage: <https://constructionreviewonline.com/2016/06/polystyrene-homes-in-kenya-taking-center-stage/>

Knauf Industries. (10 de Agosto de 2017). *¿CUÁNDO SE INVENTÓ EL EPS? ASÍ FABRICA POLIESTIRENO EXPANDIDO KNAUF INDUSTRIES*. Obtenido de <https://knauf-industries.es/>: <https://knauf-industries.es/cuando-se-invento-poliestireno-expandido/>

Kushim Ritek Concept. (15 de Junio de 2018). Obtenido de <https://kushimritek.wordpress.com/polystyrene/>

La Tribuna. (30 de Diciembre de 2010). Déficit habitacional supera el millón de casas en Honduras. *latribuna.hn*, pág. 1. Obtenido de <https://www.sica.int/consulta/Noticia.aspx?Idn=56132&idm=1>

Madariaga, F. J. (2005). *CARACTERIZACIÓN DE MEZCLAS DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) CONGLOMERADOS CON*. Barcelona: UNIVERSIDAD POLITÈCNICA DE CATALUNYA .

Maltez, J. (2014). *Manual de construccion EMMEDUE*. Managua: n.d.

Manuel. (20 de mayo de 2019). *Certicalia*. Obtenido de ¿Qué es la envolvente térmica de un edificio?: <https://www.certicalia.com/blog/envolvente-termica-edificio>

Martínez, F. (2020). San Pedro Sula.

Maza, F. G. (Diciembre de 2012). *Análisis del ciclo de vida de materiales de construcción convencionales y alternativos*. Obtenido de <http://evirtual.uaslp.mx/Habitat/innobitat01/CAHS/SS%20Arq%20Arista/Direcci%C3%B3n%20Individualizada/Licenciatura/ANALISIS%20DE%20CICLO%20DE%20VIDA%20DE%20MATERIALES%20DE%20CONSTRUCCION%20CONVENCIONALES%20Y%20ALTERNOS.%200FGM.%20AGGJ.%2012.pdf>

NETZSCH. (2018). *Definición de Conductividad Térmica*. Obtenido de <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/landing-pages/definicion-de-conductividad-termica/>

Ochoa, I. (2019). *ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA EN UN EDIFICIO INDUSTRIAL CON MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS SOBRE SU TECHO*. San Pedro Sula.

Planas, O. (16 de mayo de 2020). *¿QUÉ ES LA ENERGÍA TÉRMICA?* Obtenido de Energía Nuclear: <https://energia-nuclear.net/energia/energia-termica>

Ramírez, T. C. (2018). *Análisis de ciclo de vida del poliestireno expandido usado en contenedores de alimentos en Colombia*. Bogotá: Ingeciencia, vol. 3.

Revista "Construir". (1 de mayo de 2017). Conozca el nuevo proyecto residencial de US\$10 millones que impulsan en Nicaragua. *Construir*, 1. Obtenido de <https://revistaconstruir.com/conozca-nuevo-proyecto-residencial-us10-millones-impulsan-nicaragua/>

Rodriguez, L. (18 de Noviembre de 2017). *El Herald*. Obtenido de Conozca los materiales más utilizados en la construcción en Honduras.: <https://www.elheraldo.hn/economia/1127319-466/conozca-los-materiales-que-m%C3%A1s-usan-en-la-construcci%C3%B3n-en-honduras>

Sepa como instalar. (27 de Febrero de 2017). *CASOTECA*. Obtenido de Coeficiente "K": <https://sepacomoinstalar.com.ar/coeficiente-k/#:~:text=El%20coeficiente%20%E2%80%9CK%E2%80%9D%20de%20transmitancia,los%20ambientes%20interior%20y%20exterior%E2%80%9D.>

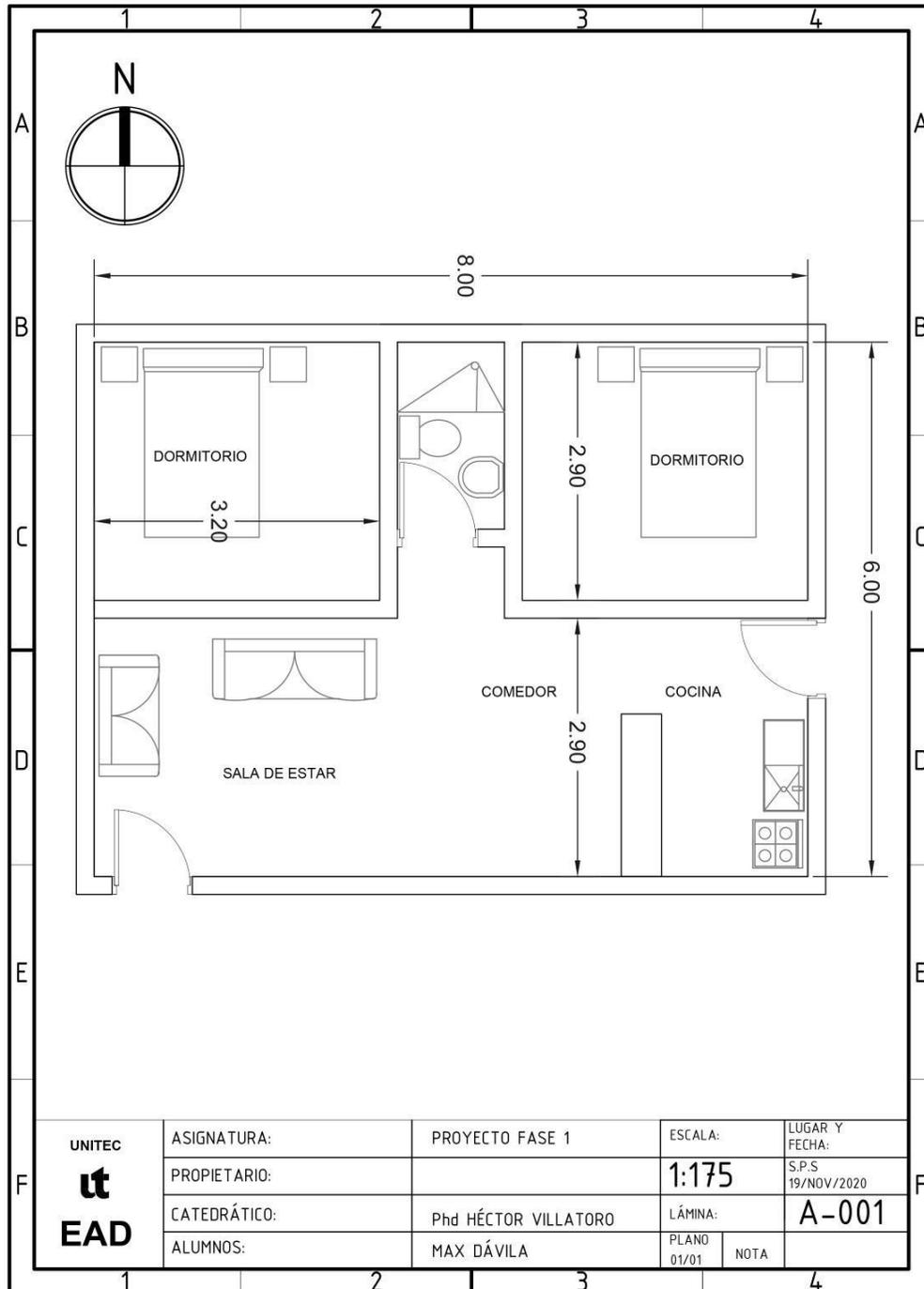
SustentarTV. (17 de Junio de 2014). *Simulacro Producciones* . Obtenido de MAQUINA RECICLADORA DE ESPUMA DE POLIESTIRENO.: <https://www.sustentartv.com/maquina-recicladora-de-espuma-de-poliestireno/?lang=en>

Syntheon. (30 de noviembre de 2015). *Sistema Constructivo: Unidades Modulares de Poliestireno Expandido (EPS)*. Obtenido de [plataformaarquitectura.cl](http://plataformaarquitectura.cl): <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/776858/materiales-syntheon/564262f9e58ece94e500003a-materiales-syntheon-imagen>

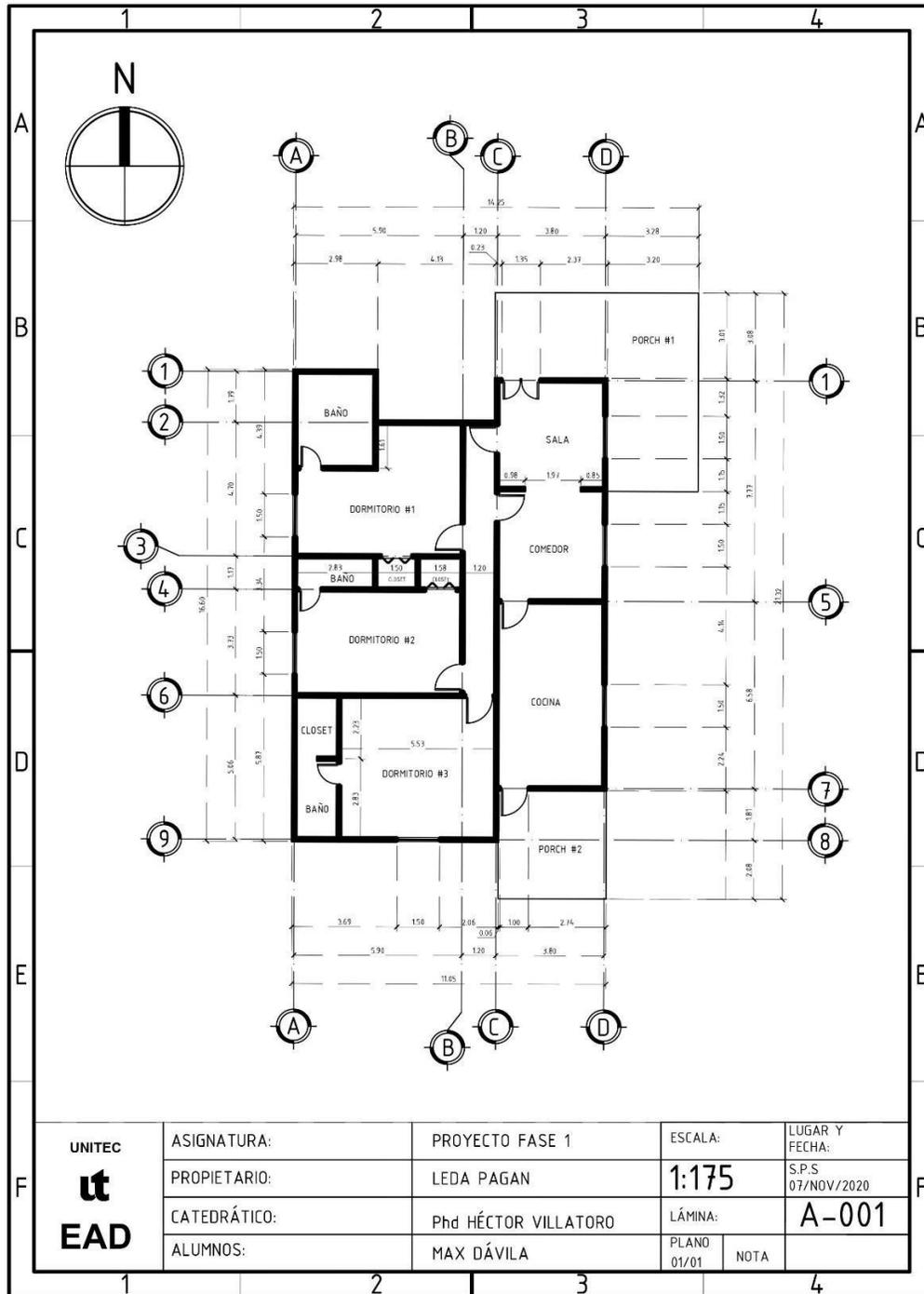
*Transferencia de Calor*. (26 de Febrero de 2017). Obtenido de Scribd: <https://www.scribd.com/document/345917989/Transferencia-de-Calor>

## IX. ANEXOS

### Anexo 1- Plano arquitectónico de construcción de casa fabricada de poliestireno expandido



## Anexo 2 - Plano arquitectónico de casa fabricada con bloques de concreto



### Anexo 3 - Hoja de cálculo para construcción de casa de poliestireno expandido

<b>Presupuesto de casa modelo</b>					
<b>Proyecto: Construcción casa Lote C, área 48 m2</b>					
<b>Fecha: agosto 2020</b>					
<b>(Vivienda de 2 habitaciones de 3metros x3metros, baño, sala, comedor y cocina)</b>					
<b>1.00</b>	<b>Trabajo preliminar</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
1.1	Marcaje y nivelación	m <sup>2</sup>	48.00	L30.00	L1,440.00
1.2	Excavación de 0,20x0,20 mts x 48 ML	m <sup>3</sup>	1.92	L200.00	L384.00
1.3	Solera inferior de 0,20x0,20 mts con 4 #3 y #2 @ 15 cm.	ML	48.00	L180.00	L8,640.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L10,464.00</b>
<b>2.00</b>	<b>Estructuras de concreto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
2.1	firme de concreto 3000 e=10cm refuerzo #3@ 25cm	m <sup>2</sup>	48.00	L155.00	L7,440.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L7,440.00</b>
<b>3.00</b>	<b>Paredes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
3.1	Paredes de BLOQUE STYROFOAM incluye los refuerzos estructurales según lo requiere el diseño de esta pared, repello con malla gallinero como refuerzo y pulido, por la parte interna y externa.	m <sup>2</sup>	144.00	L700.00	L100,800.00
3.2	Tallado y pulido boquetes de puertas y ventanas	m <sup>2</sup>	18.30	L130.00	L2,379.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L103,179.00</b>
<b>4.00</b>	<b>DETALLES ARQUITECTONICOS Y PINTURA</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
4.1	Pintura incluye 2 mano pintura (interior y fachada)	m <sup>2</sup>	251.400	L25.00	L6,285.00
4.2	Mueble de cocina con desayunador 6m x h.:65m 0.6x2 m pulido	Glb.	1.00	L8,000.00	L8,000.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L14,285.00</b>
<b>5.00</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
5.1	Instalación eléctrica	Glb.	1.00	L13,000.00	L13,000.00
5.2	lavatrastos instalado	Und.	1.00	L1,000.00	L1,000.00
5.3	Instalación tubos 4",3",2",1/2" + accesorios, sanitario	Glb.	1.00	L4,000.00	L4,000.00
5.4	Instalación de sanitario y lavabo	Glb.	1.00	L1,600.00	L1,600.00
5.5	Desagüe de ducha, y tubo para ducha	Glb.	1.00	L700.00	L700.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L20,300.00</b>
<b>6.00</b>	<b>TECHOS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>

6.1	Instalación de techo, con estructura de canaleta 2x4, incluye la fabricación de 3 tijeras tipo A de cajón 4x4, instalación de lámina y aislante R11. Se dejará 1 metro de alero a cada lado.	m <sup>2</sup>	84.00	L200.00	L16,800.00
					<b>L16,800.00</b>
<b>7.00</b>	<b>PUERTAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
7.1	Instalación de puertas	UND.	5.00	L1,000.00	L5,000.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L5,000.00</b>
<b>8.00</b>	Materiales generales	<b>Unidad</b>	<b>1</b>	<b>L</b> <b>255,622.80</b>	L255,622.80
COSTO DE MATERIALES					L 255,622.80
COSTO MANO DE OBRA DEL PROYECTO					L 433,090.80
COSTO TOTAL MANO DE OBRA + MATERIALES					L 688,713.60
COSTO POR METRO CUADRADO					L 14,348.20

**Anexo 4 - Hoja de cálculo para realizar análisis económico sobre construcción de casa construida con bloque de concreto.**

<b>Presupuesto para construcción de casa modelo</b>					
<b>Proyecto: Construcción casa Lote C, área 48 m2</b>					
<b>Fecha: noviembre 2020</b>					
<b>(Vivienda de 2 habitaciones de 3metros x3metros, baño, sala, comedor y cocina)</b>					
	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
1.1	Marcaje y nivelación	m <sup>2</sup>	48.00	L30.00	L1,440.00
1.2	Excavación de 0,20x0,20 mts x 48 ML	m <sup>3</sup>	1.92	L200.00	L384.00
1.3	Solera inferior de 0,20x0,20 mts con 4 #3 y #2 @ 15 cm.	ml	48.00	L180.00	L8,640.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L10,464.00</b>
<b>2.00</b>	<b>ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>	<b>UND.</b>		<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
2.1	firme de concreto 3000 e=10cm refuerzo #3@ 25cm	m <sup>2</sup>	48.00	L476.00	L22,848.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L22,848.00</b>
<b>3.00</b>	<b>PAREDES</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
3.1	Paredes de bloque de 6	m <sup>2</sup>	144.00	L499.78	L71,968.18
3.1	Solera superior 0.20*0.15m con 4#3 y #2 a 0.15m	ml	48.00	L343.43	L16,484.64
3.1	Solera intermedia 0.20*0.15m con 4#3 y #2 a 0.15m	ml	48.00	L343.43	L16,484.64
3.1	Castillos 0.15*0.15, con 4#3 y #2 a 0.15m	ml	36.00	L343.00	L12,348.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L117,285.46</b>
<b>4.00</b>	<b>DETALLES ARQUITECTONICOS Y PINTURA</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
4.1	Pintura incluye 2 mano pintura (interior y fachada)	m <sup>2</sup>	216.000	L25.00	L5,400.00
4.2	Mueble de cocina con desayunador 6m x h:.65m 0.6x2 m pulido	Glb.	1.00	L8,000.00	L8,000.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L13,400.00</b>
<b>5.00</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
5.1	Instalación eléctrica	Glb.	1.00	L13,000.00	L13,000.00
5.2	lavatrastos instalado	Und.	1.00	L1,000.00	L1,000.00
5.3	Instalación tubos 4",3",2",1/2" + accesorios, sanitar	Glb.	1.00	L4,000.00	L4,000.00
5.4	Instalación de sanitario y lavabo	Glb.	1.00	L1,600.00	L1,600.00
5.5	Desagüe de ducha, y tubo para ducha	Glb.	1.00	L700.00	L700.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L20,300.00</b>
<b>6.00</b>	<b>TECHOS</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>

6.1	Instalación de techo, con estructura de canaleta 2x4, incluye la fabricación de 3 tijeras tipo A de cajón 4x4, instalación de lámina y aislante R11. Se dejará 1 metro de alero a cada lado.	m <sup>2</sup>	84.00	L200.00	L16,800.00
					<b>L16,800.00</b>
<b>7.00</b>	<b>PUERTAS</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>		<b>TOTAL</b>
7.1	Instalación de puertas	UND.	5.00	L1,000.00	L5,000.00
	<b>Subtotal</b>				<b>L5,000.00</b>
<b>8.00</b>	Material es generales	<b>Glb.</b>	<b>1</b>	<b>L</b> <b>256,605.60</b>	L256,605.60
COSTO MATERIALES					L256,605.60
COSTO MANO DE OBRA DEL PROYECTO					L 462,703.06
COSTO TOTAL MANO DE OBRA + MATERIALES					L 719,308.66
COSTO POR METRO CUADRADO					L 14,985.60