



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

---

**LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE  
BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO  
EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO  
ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

---

---

**AUTOR:**

**EDWIN FERNANDO ROBALINO SÁNCHEZ**

**TUTOR:**

**ING. Mg. ALEX LÓPEZ**

**Ambato – Ecuador**

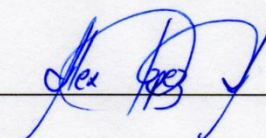
**2019**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Ing. Mg ALEX LÓPEZ, certifico que el presente Trabajo Experimental bajo el tema “LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, es de autoría del Sr. Edwin Fernando Robalino Sánchez, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, julio del 2019



---

Ing. Mg. Alex López

## AUTORÍA

Yo, Edwin Fernando Robalino Sánchez con C.I: 180508091-6, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: “LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, es de mi completa autoría.

Ambato, julio del 2019



---

Edwin Fernando Robalino Sánchez



## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, julio del 2019



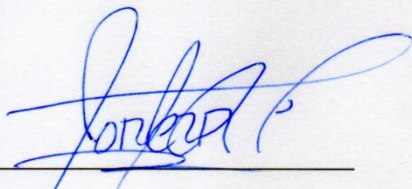
Edwin Fernando Robalino Sánchez

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, del egresado Edwin Fernando Robalino Sánchez, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, julio del 2019

Para constancia firman:



Ing. Mg. Jorge Guevara



Ing. Mg. Diego Chérrez

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes con todo su esfuerzo y dedicación brindaron ese apoyo necesario para culminar con la carrera, manteniéndome firme y direccionándome hacia un futuro mejor.

A mis hermanos y hermanas quienes con su aporte día a día me mantuvieron con ganas de seguir y mi espíritu de lucha hasta finalizar con éxito.

A mi familia, por haber sido partícipes en esta experiencia, ya que de una u otra manera con su apoyo y comprensión en los momentos más difíciles supieron ayudarme y de esa manera cumplir mi objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios primero por todas las bendiciones impartidas a lo largo de la carrera, la valentía para seguir adelante cuando pensaba que no podía y la sabiduría para enfrentar todas las adversidades y terminar la carrera.

A mi padre Luis, quien fue mi pilar de ayuda en momentos de debilidad, que con su sabiduría fue guía en el buen camino, siendo mi mejor amigo y fortaleciéndome en circunstancias difíciles.

A mi madre María, quien con su infinito amor mantuvo las ganas de seguir luchando día a día, siendo la persona que más admiro en el mundo por su energía y fortaleza impuesta para seguir adelante y mantenerme fijo en el camino.

A mis herman@s, William, Adriana, Paola y Luis, quienes han sido una guía en mi camino, enseñándome lo que significa la vida y lo difícil que se debe luchar para conseguir un objetivo, enseñándome a luchar con el corazón y fortalecerme aun si no hay esperanza de seguir.

A mi novia Cynthia Tirado, fuente de inspiración para seguir adelante ya que, a pesar de las dificultades que se le presentan en la vida siempre ha salido adelante, siendo la mujer que me ha apoyado en estos meses, con su amor de verdad y por compartir hasta la más pequeña cosa en mi vida.

A mis amigos, Gabriel Montalvo y Andrés Paguay, quienes con su aporte diario en las aulas y su ayuda incondicional se logró terminar la carrera.

A mi amigo Luis Mora, quien fue importante en la etapa de mi carrera, siendo un amigo leal y confiable demostrando que la amistad es un valor que pocos podemos llegar a tener.

Al Ing. Mg. Álex López, quien con su esfuerzo y dedicación en la supervisión de la investigación además de impartir sus conocimientos sobre el tema.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....          | II   |
| AUTORÍA.....                           | III  |
| DERECHOS DE AUTOR.....                 | IV   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... | V    |
| DEDICATORIA .....                      | VI   |
| AGRADECIMIENTO.....                    | VII  |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....      | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                 | XIII |
| ÍNDICE DE IMÁGENES .....               | XVI  |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS .....               | XVII |
| RESUMEN EJECUTIVO .....                | XX   |
| ABSTRACT.....                          | XXII |

### B. CONTENIDO

|                                        |          |
|----------------------------------------|----------|
| <b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....</b> | <b>1</b> |
| TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL .....    | 1        |
| 1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS ..... | 1        |
| 1.1.1. HIPÓTESIS.....                  | 6        |
| 1.2. OBJETIVOS .....                   | 6        |
| 1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....           | 6        |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....      | 6        |
| <b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....</b>   | <b>7</b> |
| 2.1. MATERIALES Y EQUIPOS .....        | 7        |
| 2.1.1. Materiales.....                 | 7        |
| 2.1.1.1. Arena.....                    | 7        |



|          |                                                       |    |
|----------|-------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1.2. | Limo .....                                            | 7  |
| 2.1.1.3. | Arcilla.....                                          | 8  |
| 2.1.1.4. | PET triturado.....                                    | 8  |
| 2.1.1.5. | Agua .....                                            | 9  |
| 2.1.2.   | Equipos.....                                          | 9  |
| 2.1.2.1. | Equipo para determinar los límites de Atterberg ..... | 10 |
| 2.1.2.2. | Equipo para análisis granulométrico [20] .....        | 14 |
| 2.1.2.3. | Equipo para elaboración de bloques .....              | 15 |
| 2.1.2.4. | Equipo para ensayo térmico y acústico .....           | 15 |
| 2.1.2.5. | Equipo para ensayo a compresión.....                  | 20 |
| 2.2.     | MÉTODOS .....                                         | 22 |
| 2.2.1.   | Conceptos básicos .....                               | 22 |
| 2.2.2.   | Metodología de aplicación .....                       | 26 |
| 2.2.2.1. | Análisis del suelo .....                              | 26 |
| a)       | Extracción .....                                      | 26 |
| b)       | Pruebas de campo .....                                | 26 |
| ▪        | Cinta de barro.....                                   | 27 |
| ▪        | Presencia de arcilla.....                             | 27 |
| ▪        | Proceso de hidratación del suelo .....                | 28 |
| c)       | Bloques de prueba .....                               | 28 |
| d)       | Pruebas de laboratorio.....                           | 28 |
| ▪        | Contenido de humedad .....                            | 28 |
| ▪        | Granulometría [36].....                               | 29 |
| ▪        | Límites de plasticidad o Límites de Atterberg .....   | 30 |
|          | Límite líquido (LL).....                              | 30 |
|          | Límite plástico (LP).....                             | 32 |
|          | Índice plástico (IP) .....                            | 33 |
| e)       | Clasificación del suelo en base a la AASHTO.....      | 33 |
| 2.2.2.2. | Adición del plástico triturado PET .....              | 35 |
| 2.2.2.3. | Elaboración de mampuestos.....                        | 35 |
| ▪        | Formas y dimensiones del adobe .....                  | 35 |
| ▪        | Proceso de elaboración de bloques de adobe .....      | 35 |
| ▪        | Secado de mampuestos .....                            | 36 |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| ▪ Curado de mampuestos .....                                          | 36        |
| ▪ Prueba de resistencia .....                                         | 36        |
| 2.2.2.4. Elaboración de muros de adobe en la cámara d ensayo .....    | 37        |
| ▪ Mortero.....                                                        | 37        |
| ▪ Procedimiento de elaboración de muros de adobe .....                | 37        |
| 2.2.2.5. Ensayo térmico de los muros en la cámara hermética .....     | 38        |
| ▪ Normas aplicadas para el ensayo térmico .....                       | 38        |
| ▪ Procedimiento de ensayo térmico .....                               | 38        |
| ▪ Evaluación del nivel de aislación térmica.....                      | 39        |
| ▪ Evaluación del nivel de temperatura óptima de confort térmico ..... | 40        |
| 2.2.2.6. Ensayo acústico de los muros en la cámara hermética .....    | 40        |
| ▪ Norma aplicada para el ensayo acústico .....                        | 40        |
| ▪ Procedimiento de ensayo acústico .....                              | 40        |
| ▪ Determinación del nivel óptimo de confort acústico .....            | 41        |
| Aislación acústica.....                                               | 41        |
| Acondicionamiento acústico .....                                      | 42        |
| 2.2.2.7. Ensayo a compresión.....                                     | 42        |
| <b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                     | <b>43</b> |
| 3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                          | 43        |
| 3.1.1. Análisis del suelo .....                                       | 43        |
| a) Extracción .....                                                   | 43        |
| b) Pruebas de campo.....                                              | 43        |
| ▪ Cinta de barro.....                                                 | 44        |
| ▪ Presencia de arcilla o resistencia seca.....                        | 44        |
| ▪ Proceso de hidratación del suelo .....                              | 45        |
| c) Bloques de prueba .....                                            | 45        |
| d) Pruebas de laboratorio.....                                        | 46        |
| ▪ Contenido de humedad.....                                           | 46        |
| ▪ Granulometría .....                                                 | 46        |
| ▪ Límites de Atterberg .....                                          | 47        |
| Límite líquido .....                                                  | 47        |
| Límite plástico .....                                                 | 48        |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Índice de plasticidad .....                                                                | 49 |
| e) Clasificación del suelo .....                                                           | 49 |
| 3.1.2. Adición del plástico triturado PET.....                                             | 49 |
| 3.1.3. Elaboración de mampuestos.....                                                      | 51 |
| ▪ Dimensiones para muestras de adobe.....                                                  | 51 |
| ▪ Elaboración de bloques de adobe .....                                                    | 51 |
| ▪ Prueba de resistencia .....                                                              | 52 |
| 3.1.4. Elaboración de muros de adobe en la cámara de ensayo .....                          | 53 |
| ▪ Mortero .....                                                                            | 53 |
| ▪ Procedimiento de elaboración de muros.....                                               | 53 |
| 3.1.5. Ensayo térmico.....                                                                 | 54 |
| a) Obtención de datos de ensayo térmico.....                                               | 54 |
| ▪ Bloque de adobe más 0% PET .....                                                         | 54 |
| ▪ Ensayo - Bloque de adobe más 5% PET .....                                                | 56 |
| ▪ Ensayo - Bloque de adobe más 10% PET .....                                               | 58 |
| ▪ Ensayo - Bloque de adobe más 15% PET .....                                               | 60 |
| b) Resultados y discusión de ensayo térmico .....                                          | 62 |
| ▪ Análisis de temperatura en las caras de los muros ensayados .....                        | 62 |
| ▪ Análisis de temperatura ambiente en la cámara de ensayo con los<br>muros ensayados ..... | 66 |
| ▪ Análisis de temperatura exterior .....                                                   | 70 |
| c) Comparación de resultados de ensayo térmico .....                                       | 70 |
| 3.1.6. Ensayo acústico.....                                                                | 72 |
| a) Obtención de datos de ensayo acústico.....                                              | 72 |
| ▪ Bloque de adobe más 0% PET .....                                                         | 72 |
| ▪ Bloque de adobe más 5% PET .....                                                         | 73 |
| ▪ Bloque de adobe más 10% PET .....                                                        | 74 |
| ▪ Bloque de adobe más 15% PET .....                                                        | 75 |
| b) Resultados y discusión de ensayo acústico .....                                         | 76 |
| c) Comparación de resultados de ensayo acústico .....                                      | 79 |
| 3.1.7. Ensayo a compresión.....                                                            | 81 |
| a) Obtención de datos de ensayo a compresión.....                                          | 81 |
| ▪ Bloque de adobe más 0% PET .....                                                         | 81 |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| ▪ Bloque de adobe más 5% PET .....                       | 81        |
| ▪ Bloque de adobe más 10% PET .....                      | 82        |
| ▪ Bloque de adobe más 15% PET .....                      | 82        |
| b) Resultados y discusión de ensayo a compresión.....    | 82        |
| c) Comparación de resultados de ensayo a compresión..... | 84        |
| 3.2 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....                   | 85        |
| <b>CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> | <b>86</b> |
| 4.1. CONCLUSIONES .....                                  | 86        |
| 4.2. RECOMENDACIONES .....                               | 88        |
| <br><b>B. MATERIAL DE REFERENCIA</b>                     |           |
| 1) BIBLIOGRAFÍA.....                                     | 89        |
| 2) ANEXOS.....                                           | 94        |
| ANEXO A: FOTOGRAFÍAS .....                               | 94        |
| ANEXO B: DATOS DE ENSAYO TÉRMICO .....                   | 100       |
| ANEXO C: DATOS DE ENSAYO ACÚSTICO .....                  | 108       |
| ANEXO D: INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN.....             | 109       |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Niveles máximo de ruido de acuerdo a la actividad .....                                                   | 4  |
| Tabla 2: Valores de aislamiento acústico convenientes .....                                                        | 5  |
| Tabla 3: Valores estandarizados para copa de casagrande.....                                                       | 11 |
| Tabla 4: Valores estandarizados para calibrador .....                                                              | 11 |
| Tabla 5: Valores estandarizados para ranurador .....                                                               | 12 |
| Tabla 6: Valores estandarizados para aberturas en tamices de ensayo granulométrico .....                           | 14 |
| Tabla 7: Características sensor de temperatura.....                                                                | 17 |
| Tabla 8: Características del sistema de compresión y flexión de hormigón.....                                      | 21 |
| Tabla 9. Sistema de clasificación del suelo AASHTO m - 145.....                                                    | 34 |
| Tabla 10. Contenido de humedad de la muestra de suelo. ....                                                        | 46 |
| Tabla 11. Granulometría de la muestra del suelo.....                                                               | 46 |
| Tabla 12: Dosificación del suelo.....                                                                              | 47 |
| Tabla 13. Determinación del límite líquido del suelo .....                                                         | 48 |
| Tabla 14. Determinación del límite plástico del suelo.....                                                         | 49 |
| Tabla 15. Dosificación de las muestras de bloques de adobe para ensayos.....                                       | 50 |
| Tabla 16. Dosificación en peso para una muestra de adobe .....                                                     | 50 |
| Tabla 17. Dimensiones de bloques de adobe para ensayos.....                                                        | 51 |
| Tabla 18. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 0% PET .....     | 54 |
| Tabla 19. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 0% PET ..... | 55 |
| Tabla 20. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 5% PET .....     | 56 |



|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 21. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 5% PET .....            | 57 |
| Tabla 22. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 10% PET .....               | 58 |
| Tabla 23. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 10% PET .....           | 59 |
| Tabla 24. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 15% PET .....               | 60 |
| Tabla 25. Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 15% PET .....           | 61 |
| Tabla 26. Resumen de valores de temperatura en las caras 1 y 2 de los muros ensayados .....                                   | 63 |
| Tabla 27. Resumen de valores de temperatura ambientes 1 y 2 de los muros ensayados .....                                      | 67 |
| Tabla 28. Resumen de valores máximos y mínimos de temperatura exterior .....                                                  | 70 |
| Tabla 29. Comparación de resultados de ensayo térmico en función de los resultados obtenidos y bibliografía consultada. ....  | 71 |
| Tabla 30. Valores máximos y mínimos en dba de presión sonora de muro más 0% PET .....                                         | 72 |
| Tabla 31. Valores máximos y mínimos en dba de presión sonora de muro más 5% PET .....                                         | 73 |
| Tabla 32. Valores máximos y mínimos en dba de presión sonora de muro más 10% PET.....                                         | 74 |
| Tabla 33. Valores máximos y mínimos en dba de presión sonora de muro más 15% PET.....                                         | 75 |
| Tabla 34. Resumen de valores de presión sonora en los ambientes 1 y 2 de los muros ensayados .....                            | 77 |
| Tabla 35. Comparación de resultados de ensayo acústico en función de los resultados obtenidos y bibliografía consultada. .... | 80 |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 36. Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 0% PET ...                                                     | 81 |
| Tabla 37. Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 5% PET ...                                                     | 81 |
| Tabla 38. Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 10% PET .                                                      | 82 |
| Tabla 39. Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 15% PET .                                                      | 82 |
| Tabla 40. Valores de resistencia a compresión media en función al porcentaje de PET<br>.....                                         | 82 |
| Tabla 41. Comparación de resultados de ensayo a compresión en función de las<br>resultados obtenidos y bibliografía consultada. .... | 84 |

## ÍNDICE DE IMÁGENES

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IMAGEN 1: Material pet triturado .....                                                        | 9  |
| IMAGEN 2: Equipo de medición de temperatura.....                                              | 16 |
| IMAGEN 3: Sensores de medición de temperatura .....                                           | 17 |
| IMAGEN 4: Equipo de medición de sonido (sonómetro) .....                                      | 18 |
| IMAGEN 5: Ensamblado de la cámara hermética .....                                             | 19 |
| IMAGEN 6: Acabado de la cámara hermética .....                                                | 19 |
| IMAGEN 7: Fuente de emisión de temperatura .....                                              | 20 |
| IMAGEN 8: Fuente de emisión de ruido rosa .....                                               | 20 |
| IMAGEN 9: Suelo extraído para la fabricación de los bloques de adobe .....                    | 43 |
| IMAGEN 10: Prueba “cinta de barro” .....                                                      | 44 |
| IMAGEN 11: Prueba “presencia de arcilla” o “resistencia seca” .....                           | 44 |
| IMAGEN 12: Mezclado de la tierra cruda .....                                                  | 45 |
| IMAGEN 13: Muestra de adobe de prueba.....                                                    | 45 |
| IMAGEN 14: Muestras de adobe elaboradas artesanalmente para ensayo acústico y<br>térmico..... | 52 |
| IMAGEN 15: Muestras de adobe apiladas.....                                                    | 52 |
| IMAGEN 16: Prueba “resistencia de los bloques de adobe” .....                                 | 52 |
| IMAGEN 17: Preparación del mortero para realizar los muros de adobe .....                     | 53 |
| IMAGEN 18: Elaboración del panel de adobe .....                                               | 53 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| GRÁFICO 1: Proceso de trituración del PET .....                                                             | 8  |
| GRÁFICO 2: Aparato manual para límite líquido .....                                                         | 10 |
| GRÁFICO 3: Calibrador de aparato manual para límite líquido .....                                           | 11 |
| GRÁFICO 4: Ranurador para límite líquido.....                                                               | 12 |
| GRÁFICO 5: Diseño de la cámara hermética.....                                                               | 18 |
| GRÁFICO 6: Partes del sistema de compresión y flexión de hormigón .....                                     | 21 |
| GRÁFICO 7: Esquema - cinta de barro .....                                                                   | 27 |
| GRÁFICO 8: Presencia de arcilla en bloques de adobe .....                                                   | 28 |
| GRÁFICO 9: Carta de plasticidad de la AASHTO para clasificación del suelo .....                             | 33 |
| GRÁFICO 10: Resistencia de los bloques de adobe de prueba .....                                             | 36 |
| GRÁFICO 11: Disposición del muro de adobe .....                                                             | 37 |
| GRÁFICO 12: Disposición de sensores en la cámara hermética para ensayo de temperatura.....                  | 39 |
| GRÁFICO 13: Disposición de la cámara hermética para ensayo de sonido.....                                   | 41 |
| GRÁFICO 14. Curva granulométrica del suelo .....                                                            | 47 |
| GRÁFICO 15: Curva de escurrimiento para determinación de LL .....                                           | 48 |
| GRÁFICO 17: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 0% PET .....    | 54 |
| GRÁFICO 18: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 0% PET..... | 55 |
| GRÁFICO 19: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 5% PET .....    | 56 |
| GRÁFICO 20: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 5% PET..... | 57 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| GRÁFICO 21: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 10% PET .....    | 58 |
| GRÁFICO 22: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 10% PET..... | 59 |
| GRÁFICO 22: Temperatura (°C) vs tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 15% PET .....    | 60 |
| GRÁFICO 23: Temperatura (°c) vs tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 15% PET..... | 61 |
| GRÁFICO 24: Temperatura de muros (°C) vs tiempo (minutos) en la cara 1.....                                  | 62 |
| GRÁFICO 25: Temperatura de muros (°C) vs tiempo (minutos) en la cara 2.....                                  | 63 |
| GRÁFICO 26: Coeficiente de transmisión térmica (w/m°k) vs % PET .....                                        | 64 |
| GRÁFICO 27: Nivel de aislación (°C) en las caras del muro vs % PET.....                                      | 65 |
| GRÁFICO 28: Temperatura ambiente 1 (°C) vs tiempo (minutos) .....                                            | 66 |
| GRÁFICO 29: Temperatura ambiente (°C) vs tiempo (minutos) cámara 2.....                                      | 67 |
| GRÁFICO 30: Nivel de aislación (°C) en los ambientes vs % PET .....                                          | 68 |
| GRÁFICO 31: Nivel de temperatura de (°C) en el ambiente 2 vs % PET.....                                      | 69 |
| GRÁFICO 32: Temperatura exterior (°C) vs tiempo (minutos) .....                                              | 70 |
| GRÁFICO 33: Presión sonora (dba) vs tiempo (minutos) de bloque de adobe más 0% PET.....                      | 72 |
| GRÁFICO 34: Presión sonora (dba) vs tiempo (minutos) de bloque de adobe más 5% PET.....                      | 73 |
| GRÁFICO 35: Presión sonora (dba) vs tiempo (minutos) de bloque de adobe más 10% PET.....                     | 74 |
| GRÁFICO 36: Presión sonora (dba) vs tiempo (minutos) de bloque de adobe más 15% PET.....                     | 75 |
| GRÁFICA 37: Presión sonora (dba) vs tiempo (minutos) de ambiente 1 (emisor)...                               | 76 |
| GRÁFICA 38: Presión sonora (dba) vs tiempo (minutos) de ambiente 2 (receptor).                               | 76 |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| GRÁFICA 39: Nivel de aislación (dba) de bloques de adobe ensayados.....                    | 78 |
| GRÁFICA 40: Nivel de aislación (dba) de bloques de adobe ensayados.....                    | 79 |
| GRÁFICA 41. Valores de resistencia a compresión media en función al porcentaje de PET..... | 83 |

## **RESUMEN EJECUTIVO**

**TEMA: “LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

**AUTOR:** Edwin Fernando Robalino Sánchez

**TUTOR:** Ing. Mg. Alex López

La presente investigación muestra el análisis y resultados del estudio de la variación de la temperatura y acondicionamiento acústico de muestras de adobe. El barro para la fabricación de los adobes artesanales fue extraído zonas inmersas en la provincia de Tungurahua, de la parroquia de Pilahuin ubicado al suroeste de Ambato, y de la parroquia Pilisurco ubicado al noroeste del cantón Ambato. En cuanto se refiere al proceso de fabricación de los bloques, se estableció realizarlo en base a los parámetros descritos en la norma peruana E.080 - Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Previamente se realizó el estudio de los parámetros físicos, con el fin de mantener un buen contexto de su composición, además de establecer una evaluación de calidad del suelo para regirse a la norma mencionada. Se estableció realizar el estudio para 4 combinaciones, el barro más un porcentaje de plástico triturado PET en función del volumen, donde se precisó colocar en orden de: 0%, 5%, 10% y 15%.

El análisis realizado para ensayos de temperatura y sonido, se basa en los procedimientos descritos en las normas: NCh. 851 of 1983 [26], NCh. 849 of 1987 [42] Aislación Térmica, y NCh. 2865 of 2004 Acústica [25], donde se estableció el nivel de aislamiento acústico y variación de temperatura, en base a la construcción de una cámara hermética con estructura metálica, cartones de yeso y landa con fibra de vidrio, en ella se colocaron 16 muestras de adobe en forma de panel por cada combinación especificada. Los resultados referidos al nivel de aislación acústica se



mantuvieron óptimos con el bloque más un 15% de PET, y el mayor nivel de aislación térmica se produjo con el 5% de material PET.

Finalmente se realizó una comparación de la resistencia a compresión de los bloques de adobe elaborados, y la resistencia mínima aceptada por la norma peruana E.080 - Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Se realizaron 6 muestras por cada combinación, donde se establece que con el 0% y 5% de material PET, alcanza una resistencia superior a  $10,2 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que al incrementar a un 10% y 15% de PET, la resistencia disminuye.

## ABSTRACT

The present investigation shows the analysis and results of the study of the variation of the temperature and acoustic conditioning of samples of adobe. The mud for the manufacture of the artisan adobes was extracted immersed areas in the province of Tungurahua, the parish of Pilahuin located southwest of Ambato, and the parish Pilisurco located northwest of the canton Ambato. As regards the manufacturing process of the blocks, it was established to perform it based on the parameters described in the Peruvian standard E.080 - Design and Construction with Reinforced Earth. Previously, the study of physical parameters was carried out, in order to maintain a good context of its composition, in addition to establishing an evaluation of soil quality to abide by the aforementioned standard. It was established to carry out the study for 4 combinations, the clay plus a percentage of plastic PET crushed depending on the volume, where it was necessary to place in order of: 0%, 5%, 10% and 15%.

The analysis performed for temperature and sound tests is based on the procedures described in the standards: NCh. 851 of 1983, NCh. 849 of 1987 Thermal Insulation, and NCh. 2865 of 2004 Acoustics, where the level of acoustic insulation and variation of temperature was established, based on the construction of a hermetic chamber with metal structure, gypsum boards and wool with fiberglass, in which 16 samples of adobe were placed in Panel form for each specified combination. The results referring to the level of acoustic insulation remained optimal with the block plus 15% PET, and the highest level of thermal insulation was produced with 5% PET material.

Finally, a comparison was made of the compressive strength of the adobe blocks made, and the minimum resistance accepted by the Peruvian standard E.080 - Design and Construction with Reinforced Earth. Six samples were made for each combination, where it is established that with 0% and 5% of PET material, it reaches a resistance superior to  $10,2 \text{ kg/cm}^2$ , while when increasing to 10% and 15% of PET, the resistance decreases.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

“LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

#### **1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Una de las principales necesidades humanas es la vivienda, por tal motivo desde el inicio de la humanidad el ser humano se ha caracterizado por estar continuamente probando distintos materiales, procesos o métodos constructivos que le sirvan para afrontar los riesgos y factores externos que puedan aparecer. [1]

Las construcciones de tierra han existido desde tiempos muy antiguos, teniendo como consecuencia de ello grandes civilizaciones que aún conservan grandes estructuras ancestrales de barro. Un ejemplo de ello está en la antigua ciudad de Catalhoyuk, en Anatolia, en el antiguo Egipto, que se empleó frecuentemente el adobe, echo material de tierra de limo del río Nilo, para la construcción de casas, fortalezas e incluso palacios. [2] Otro ejemplo que cabe mencionar es Chan-Chan, una ciudadela construida íntegramente de tierra, ubicada en la ciudad de Trujillo, en la costa norte del Perú. [3]

Alrededor del 30% al 50% de la población mundial (aproximadamente 3 mil millones de personas) vive o trabaja en edificios de tierra. Aproximadamente el 50% de la población en los países en desarrollo, incluida la mayoría de la población rural y al menos el 20% de la población urbana, vive en viviendas de tierra. Por ejemplo, en

Perú, según el último censo, casi el 40% de las casas están hechas de tierra. (Eso es 2 millones de casas habitadas por alrededor de 9 millones de personas). [3]

En países como Ecuador, Colombia Perú, México, Bolivia y Argentina este tipo de estructuras de tierra representan un patrimonio para las familias de baja economía que aún conservan esta forma tradicional de construcción que se niega a dejar de existir. Siendo el Perú el país que más se interesa en el tema del estudio del adobe como material de construcción, y gran parte de su población aun utiliza este sistema constructivo que hoy en día es considerado como una alternativa muy arriesgada, debido a los movimientos del suelo que afectan a este y a los demás países de Latinoamérica. [3]

En el Ecuador, el 57 por ciento de las viviendas son de ladrillo y cemento; y, el resto, de materiales alternativos como bloque, caña guadúa, adobe, tapial, bahareque, pared de mano y otros. En la serranía del Ecuador, ancestralmente son muy comunes las casas de adobe por su facilidad de construcción. Por otro lado, este material ofrece otras ventajas, la cual es guardar el calor, mantener el ambiente fresco, resistir el fuego y regularizar la humedad. [4]

La tierra como material constructivo tiene su origen en el descubrimiento de que, al humedecerse, la tierra que contiene arcilla es plástica y fácil de moldear. Luego al secarse se endurece y puede alcanzar una resistencia importante a compresión. [5] Debido a su bajo costo, este material seguirá siendo utilizado en todo el mundo, y más aún en los sectores con un mayor índice de pobreza. [6]

Según CEPAL (2014) La tasa de pobreza de América Latina en 2013 fue de un 28,1 % de la población, en tanto que la indigencia, o pobreza extrema, alcanzó el 11,7 %. Estos porcentajes equivalen a 165 millones de personas en situación de pobreza, de los cuales 69 millones están en situación de pobreza extrema”. Ecuador, Uruguay, Argentina, etc. al ser parte de América Latina se encuentran inmersos en esta situación. [7]

En Argentina comenzó hace seis años un trabajo llevado a cabo por distintos grupos de ecologistas, arquitectos e ingenieros civiles que investigaron y llevaron a la práctica distintas técnicas alternativas de construcción de bajo impacto ambiental, debido a ello, hoy en día varias ciudades (Santa Rosa, La Pampa, Mar del Plata, entre otros), cuentan con una ordenanza que habilita, reglamenta y proporciona métodos de construcción sustentable realizadas con tierra, paja encofrada, entramado de cañas entre otros. **[8]** El proyecto PDT 16/15 en Uruguay, considera la construcción de un prototipo de dos dormitorios (50 m<sup>2</sup>) en la localidad de Cerro del Ejido, al sur de la ciudad de Artigas. La construcción se prevé realizar con bloques de tierra comprimida, utilizando normas de construcción latinoamericanas. **[8]**

Con el paso del tiempo se han venido utilizando diferentes materiales que permiten que el adobe tenga un mejor comportamiento en su aplicación para viviendas, tales como: madera, piedras y fibras naturales. **[9]**

Un nuevo material sintético como alternativa de aplicación en el adobe es el polietilén tereftalato (PET). Estos materiales fueron desarrollados originalmente en forma de fibras sintéticas en 1941 por la British Calico Printers, pero en la década de los 70 se empezaron a utilizar como embaces, lo que comúnmente se encuentran en forma de botellas de agua o refrescos. La demanda mundial ha crecido en el consumo de estos materiales, alrededor de 20.000 por segundo, por lo cual se implementan día a día nuevas formas de su utilización. **[10]**

Así, después de 70 años de la creación del PET como fibra sintética, debido a sus ventajas, como la alta resistencia a los agentes químicos, a las perforaciones, es una barrera al oxígeno y al dióxido de carbono, muy estable a la intemperie e indeformable con el calor hasta los 150 °C, Kur Bakar Digité, Senegal, lo implementó en forma de tiras con espesor de 0,34 mm, aumentando su resistencia a la tracción e incrementando la deformación por compresión del adobe. **[10]**

No obstante, es preciso establecer que los estudios realizados por el arquitecto “Soto Zumba Marco Leonardo” **[11]**, identifica que el adobe al mezclarlo con otro material (PET), proporciona una aislación adecuada. Así mismo el estudio propuesto por la

doctora Rosana Gaggino, establece diferentes sistemas de ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción, donde el PET funciona como un buen aislante térmico y acústico. [12]

Los estudios continúan y el realizado por Rosana Gaggino, donde se realiza un estudio de ladrillos y placas elaborados con plásticos reciclados aptos para la construcción, llevado a cabo en el CEVE. Donde la investigación ha logrado desarrollar componentes de construcción livianos, de buena aislación térmica, y resistencia mecánica suficiente para cumplir la función de cerramiento lateral de viviendas. [13]

Así mismo se tiene valores de temperatura que establecen un ambiente óptimo de confort, como el descrito por la Norma Ecuatoria de la Construcción en el capítulo de eficiencia energética, [14] donde precisa que el valor debe estar entre 18 y 26 °C.

De igual manera se ha establecido que para mantener un nivel de confort acústico en el diseño y la construcción de una edificación se debe considerar dos parámetros: Aislamiento acústico y acondicionamiento acústico, que se vincula a la comodidad frente a los ruidos. [14] La norma ecuatoriana permite valores máximos de ruido según el tipo de instalación los cuales se muestran en la tabla 1.

**TABLA 1:** Niveles máximo de ruido de acuerdo a la actividad

| Lugar/Actividad                                                                      | Nivel Sonoro (dBA) |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Locales y recintos comerciales                                                       | 70                 |
| Oficinas                                                                             | 60                 |
| Actividades de vivienda, estudio, dormitorios, bibliotecas, hoteles                  | 50                 |
| Lugares de estar                                                                     | 50                 |
| Aulas de estudio                                                                     | 55                 |
| Hospitales y centros de salud                                                        | 45                 |
| Otros lugares no estipulados anteriormente diferentes de viviendas o sitios de estar | 75                 |

**Fuente:** NEC 2011- Cap. 13 – Eficiencia energética [14]

Para lo que se refiere a aislamiento acústico la norma NCh 352 [15], brinda valores convenientes de aislación para materiales para viviendas que se muestran en la tabla 2

**TABLA 2:** Valores de aislamiento acústico convenientes

| Emisor                                        | Receptor                                     | NDA, dBA                              | Requisitos dBA                                     | Método de ensayo |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|
| Exterior                                      | Dormitorio o estar<br>(Recinto más expuesto) | ≤60<br>61-65<br>66-70<br>71-75<br>>75 | Aislación mínima<br>20<br>25<br>30<br>35<br>NED 40 | NF S31 - 057     |
| Vivienda contigua                             | Dormitorio o estar<br>(Recinto más expuesto) | No aplicable                          | Aislación mínima<br>45                             | NF S31 - 057     |
| Instalaciones sanitarias y mecánicas externas | Dormitorio o estar<br>(Recinto más expuesto) | No aplicable                          | Ruido máximo<br>40                                 | Según 6.3        |
| Pasillos y escaleras                          | Dormitorio o estar<br>(Recinto más expuesto) | No aplicable                          | Aislación mínima<br>30                             | NF S31 - 057     |

**Fuente:** NCh 352 [15]

El análisis realizado por Andrea Vásquez Greciano de la escuela E.T.S. Arquitectura (UPM), presenta boques de adobe elaborados a base de arena limo arcilla y cemento, mediante el cual logra establecer que la resistencia a compresión de los mampuestos es aceptable. [10]

La norma [16] establece ya valores de resistencia mínima para elementos de adobe, donde se especifica que debe ser mínimo 1MPa.

### **1.1.1. HIPÓTESIS**

La adición de botellas plásticas PET en la elaboración de bloques de adobe para viviendas unifamiliares influye en la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en los prototipos realizados en el cantón Ambato provincia de Tungurahua.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar el uso de botellas plásticas PET en la elaboración de bloques de adobe para viviendas unifamiliares y su variación de temperatura y acondicionamiento acústico.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar el uso de botellas plásticas PET en la elaboración de bloques de adobe para viviendas unifamiliares.
- Determinar la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en la cámara de ensayo.
- Elaborar bloques de adobe que cumpla con los parámetros de confort térmico y acústico según la normativa vigente.



## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **2.1.1. Materiales**

El material utilizado para la elaboración de mampuestos de adobe predomina en los sectores rurales de la provincia de Tungurahua, su utilización se ha incrementado debido a la conciencia ecológica, bajo costo, por ser reciclable y adaptable a las zonas donde se encuentra. El suelo para que sea ideal debe tener bajo contenido de material orgánico y de arcilla expansiva. De acuerdo a la composición granulométrica, según la norma E080 [16] (Diseño y construcción con tierra reforzada), para elaborar adobes de buena calidad se debe contar con la tierra adecuada y para esto existen varios tipos de pruebas de selección del tipo de tierra que dan información sobre el porcentaje recomendado de arcilla, limo y arena. Por esta composición es posible su uso ya que puede ser mejorado con otros materiales, como el PET triturado, que cumple como función de brindar una mayor aislación al material natural.

##### **2.1.1.1. Arena**

Este árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de las mismas. En la fragmentación artificial, las rocas son chancadas o trituradas en lugares llamados plantas de áridos. En el caso de la obtención natural ésta se realiza de la extracción del lecho del río y su posterior paso por un Harnero. Sus partículas varían de 2 mm hasta 0,05 mm [7].

##### **2.1.1.2. Limo**

Son suelos finos que van de poca a ninguna plasticidad, pudiendo ser orgánico e inorgánico. El limo inorgánico es producto de las canteras por trituración de grava, y el limo orgánico se lo suele encontrar en los ríos los cuales son de carácter plástico. Se considera que son partículas entre 0,05 a 0,005 mm [7].

### 2.1.1.3. Arcilla

Arcilla es una asociación de silicatos complejos hidratados de aluminio de fino tamaño de partícula que, húmeda es plástica y seca, es dura y quebradiza. En mecánica de suelos se define como arcilla a las partículas de cualquier sustancia inorgánica menores a 0,005 mm [7].

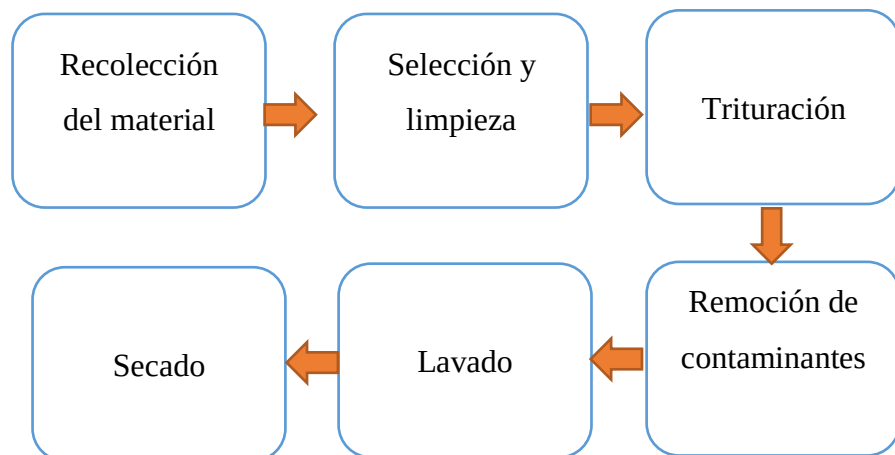
### 2.1.1.4. PET triturado

Este material es procedente del reciclado de botellas plásticas entre otros materiales, mediante un proceso de triturado que básicamente se realiza a través de una boca de entrada más o menos grande, que permite el acceso a las piezas de plástico donde un rotor incorpora varias cuchillas que, gracias a la potencia y velocidad de giro cortan y trituran las piezas de plástico [17].

#### ▪ Obtención [17]

Es donde se reduce el tamaño a gránulos que pueden venir de diferentes tamaños, donde las dimensiones varían en función a requerimiento del PET. El triturado del material se realiza mediante la siguiente esquematización básica:

**GRÁFICO 1:** Proceso de trituración del PET



Fuente: Fernando Robalino

**IMAGEN 1:** Material PET triturado



**Fuente:** Fernando Robalino

#### **2.1.1.5. Agua [1]**

El agua es muy importante en la fabricación de los bloques de adobe, puesto que al mezclarse con el suelo forman una masa aglutinada con los áridos lo que permite que el bloque se mantenga unido como una sola masa. Se debe tener cuidado de que el agua esté libre de sustancias nocivas, como aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos u otras sustancias. No es apto la utilización de aguas servidas, aguas de desechos industriales, aguas con elevada concentración de sólidos, agua salada o de mar. El exceso de estos elementos puede afectar a las características y el curado del mampuesto.

#### **2.1.2. Equipos**

Se debe asegurar de que el análisis de las propiedades del suelo está en relación con la correspondiente composición física del mismo. Se utiliza equipos que faciliten la extracción, el examen y el ensayo de muestras representativas, mediante el cual se puede calcular un modelo muy cercano a la situación real, todo esto es posible debido a la existencia de los distintos instrumentos usados para el análisis y estudio de los suelos en laboratorio. Estos equipos están fabricados bajo normas estandarizadas que verifican su calidad y características geométricas apropiadas.

### 2.1.2.1. Equipo para determinar los límites de Atterberg [18]

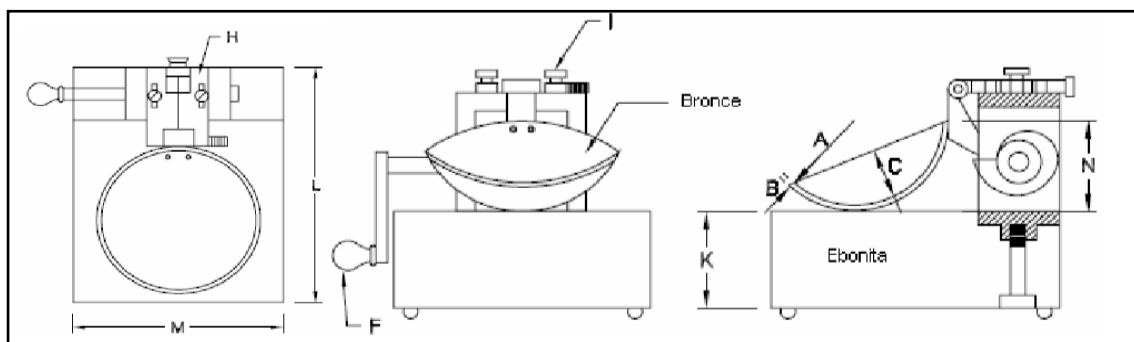
Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo mediante la AASHTO (American Asociación of Estate Highway and Transportation Officials,). Los límites son líquido y plástico y, la norma que establece el procedimiento para determinarlos es la INEN 691 e INEN 692.

Para más información de los equipos utilizados en la determinación de los límites de Atterberg se encuentran disponibles en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

- **Copa Casagrande [18]**

Instrumento utilizado para determinar el Límite líquido de una muestra de suelo. Denominada también la cuchara de Casagrande está compuesto de un casquete esférico de metal, fijado en el borde a un dispositivo que mediante la operación de una manivela produce la elevación del casquete y su subsecuente caída, produciendo así un choque controlado contra una base de caucho duro. A continuación, en el gráfico 2 se muestra la copa Casagrande y seguidamente la tabla 3 muestra sus medidas estandarizadas por la norma I.N.V. E – 125 – 07.

**GRÁFICO 2:** Aparato manual para límite líquido



**Fuente:** Instituto Nacional de Vías – I.N.V.E – 125 – 0.7 [18]

**Tabla 3:** Valores estandarizados para copa de Casagrande

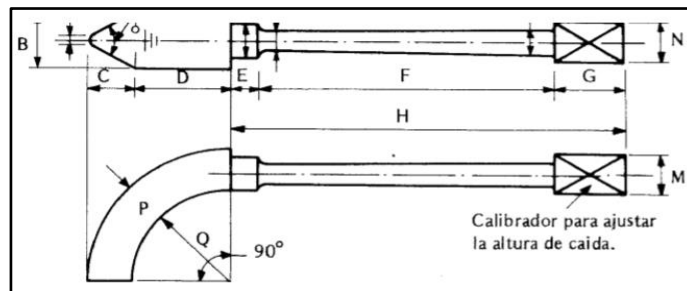
| Dimensiones      | Conjunto de la cazuela |                    |                        |                                               | Base    |       |       |
|------------------|------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------------------|---------|-------|-------|
|                  | A                      | B                  | C                      | N                                             | K       | L     | M     |
| DESCRPCIÓN       | Radio de la copa       | Espesor de la copa | Profundidad de la copa | Copa desde la guía del elevador hasta la base | Espesor | Largo | Ancho |
| Métrico, mm      | 54                     | 2                  | 27                     | 47                                            | 50      | 150   | 125   |
| Tolerancia, mm   | 2                      | 0,1                | 1                      | 1,5                                           | 5       | 5     | 5     |
| Inglés, pulg     | 2,13                   | 0,079              | 1,063                  | 1,85                                          | 1,97    | 5,9   | 4,92  |
| Tolerancia, pulg |                        | 0,004              | 0,04                   | 0,06                                          | 0,2     | 0,2   | 0,2   |

**Fuente:** Instituto Nacional de Vías – I.N.V.E – 125 – 0.7 [18]

#### ▪ Herramienta de calibrado

Ya sea incorporado o separado del ranurador, de acuerdo con la dimensión exacta "D", el cual puede ser, si fuere separado, una barra de metal de  $10.0 \pm 0.2\text{mm}$  ( $0.394 \pm 0.008"$ ) de espesor y de aproximadamente 50 mm (2") de longitud. En el gráfico 3 se muestra el calibrador, y seguidamente la tabla 4 muestra los valores estandarizados por la norma INEN 691. [19]

**GRÁFICO 3:** Calibrador de aparato manual para límite líquido



**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE - INEN 691 [37]

**Tabla 4:** Valores estandarizados para calibrador

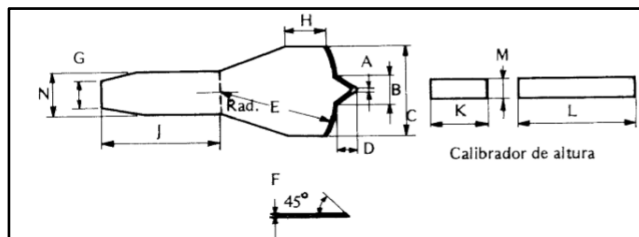
| Letra         | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H  |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| mm            | 2    | 13,5 | 10   | 22   | 6    | 68   | 16   | 90 |
| Tolerancia mm | 0,10 | 0,25 | 0,25 |      |      |      |      |    |
| Letra         | J    | K    | L    | M    | N    | P    | Q    |    |
| mm            | 8    | 5    | 6    | 10   | 10   | 10   | 22   |    |
| Tolerancia mm |      |      |      | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |    |

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE - INEN 691 [37]

- **Herramienta de ranurado [19]**

Una herramienta de plástico o de metal no corrosivo, que tiene las dimensiones indicadas en la tabla 5. El diseño de la herramienta puede variar, siempre y cuando las dimensiones esenciales se mantienen. La herramienta se puede, pero no es necesario, incorporar el medidor para el ajuste de la altura de caída del dispositivo de límite líquido, se muestra en el gráfico 4.

**GRÁFICO 4:** Ranurador para límite líquido



**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE - INEN 691 [37]

**Tabla 5:** Valores estandarizados para ranurador

| Letra         | A    | B    | C    | D    | E    | F     |    |
|---------------|------|------|------|------|------|-------|----|
| mm            | 2    | 11   | 40   | 8    | 51   | 1.6   |    |
| Tolerancia mm | 0,1  | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25  |    |
| Letra         | G    | H    | J    | K    | L    | M     | N  |
| mm            | 10   | 20   | 50   | 25   | 60   | 10    | 20 |
| Tolerancia mm | 0.05 |      |      |      |      | 0.025 |    |

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE - INEN 691[37]

- **Mortero de porcelana**

Contenedor para mezclar la muestra de suelo (material) y almacenar el material preparado. Durante la mezcla y el almacenamiento, el depósito no se contamine el material de cualquier manera, y evitar la pérdida de humedad durante el proceso [19]. Una vasija de porcelana de 115 mm (4½") de diámetro, aproximadamente. [18]

- **Espátula de hoja flexible [18]**

Una espátula de hoja flexible de 75 mm a 100 mm (3 pulg- 4pulg) de longitud y 20 mm (3/4 pulg) de ancho, aproximadamente.

- **Recipientes [18]**

Hechos de material resistente a la corrosión y cuya masa no cambie con calentamientos o enfriamientos repetidos. Deben tener tapas que ajusten bien para evitar pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de la humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

Latas de aluminio o de acero inoxidable de 2,5 cm (1 pulgada) de alto por 5 cm (2 pulgadas) de diámetro son las adecuadas. [19]

- **Placa de vidrio para suelo [19]**

Una placa de cristal por lo menos 30 cm (12 pulgadas) cuadrados de 1 cm (3/8 de pulgada) de espesor para el material límite de rosca de plástico.

- **Horno de secado [35]**

Un horno termostáticamente controlado, capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) para secar las muestras. Sus termostatos no deben ser manipulados sin autorización del instructor pues toman un tiempo considerable en estabilizarlos y ajustarlos nuevamente a la temperatura requerida.

- **Balanza electrónica [19]**

Conforme a la especificación D 475 3, Clase GP1, con una sensibilidad de 0.01 gr.

### 2.1.2.2. Equipo para análisis granulométrico [20]

Es una de las principales características físicas del suelo. Su textura indica la proporción de partículas fundamentales en el suelo, arcilla, limo y arena, que se agrupan en suelos de textura fina, media y gruesa. Con la proporción relativa de estas fracciones minerales se puede obtener un gran número de combinaciones que dan origen a las clases texturales que son recomendadas para realizar sistemas de construcción. La cuantificación de las partículas minerales puede hacerse por el método de los tamices mediante la norma INEN 696 “Método de análisis granulométrico en los áridos fino y grueso”. Para más información de los equipos utilizados en el ensayo de granulometría se encuentran disponibles en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

#### ▪ Tamices [21]

Son recipientes con malla de trama cuadrada con aberturas estandarizadas, que van de mayor abertura a menor abertura. En la tabla 6 se especifican las aberturas de las mallas en mm para el análisis granulométrico del suelo. Se elaboran bajo los estándares de calidad de: ISO 565, 3310-1, 3310-2; ASTM E11. La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 [22].

**Tabla 6:** Valores estandarizados para aberturas en tamices de ensayo granulométrico

| Tamaño de la malla (pulg) | Tamaño de la malla (mm) |
|---------------------------|-------------------------|
| 3"                        | 76.2                    |
| 2"                        | 50.8                    |
| 1.5"                      | 38.1                    |
| 1"                        | 25.4                    |
| 3/4"                      | 19.1                    |
| 3/8"                      | 9.52                    |
| Nº4                       | 4.76                    |
| Nº 10                     | 3.36                    |
| Nº40                      | 0.42                    |
| Nº200                     | 0.074                   |

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN NTE 154 [22]



- **Tamizadora [23]**

Somete a la columna de tamices a una vibración y movimientos rotatorios intensos. Posee un temporizador que va desde 0 a 99 minutos con dimensiones de 496 x 406 x 946 mm. Esta elaborada bajo los estándares de calidad de la norma ISO 9001.

#### **2.1.2.3. Equipo para elaboración de bloques**

- **Moldes de madera**

Equipo necesario para la fabricación de los bloques de adobe. Para ensayo de compresión es necesario un molde de 10 cm de arista, mientras que para el ensayo acústico y térmico se necesita un molde en relación de 4/2/1 (largo, ancho, altura) respectivamente, dimensiones especificadas según la norma [16].

- **Herramienta menor**

Herramientas utilizadas para la fabricación de los bloques, las cuales consta de: pala, carretilla, recipientes de medición, y palustre.

#### **2.1.2.4. Equipo para ensayo térmico y acústico**

- **Equipo Xplorer GLX**

Es un equipo de adquisición de datos, gráficos y análisis diseñada para estudiantes y educadores de ciencias. El Xplorer GLX admite hasta cuatro sensores PASPORT simultáneamente, además de dos sensores de temperatura y un sensor de tensión conectadas directamente a los puertos correspondientes. Además un sensor de sonido y voltaje. Su adquisición se la hizo desde Estados Unidos.

**IMAGEN 2:** Equipo de medición de temperatura



**Fuente:** Fernando Robalino

#### **Características: [24]**

- Toma datos directamente del medio a través de dispositivos electrónicos llamados sensores, lo cuales convierten parámetros medibles en variaciones de voltaje.
- Es capaz de registrar 250,000 datos por segundo, para cada sensor.
- Permite trabajar con 8 sensores simultáneamente.
- Cuenta con un teclado alfanumérico que permite editar los datos recogidos.
- Posee una memoria interna de almacenamiento de 11.5 MB, expandible mediante memoria USB externa.
- Posee un conjunto diversificado de herramientas computarizadas que facilitan el análisis de los datos recolectados.
- Puede conectarse a una PC, impresora, teclado y Mouse a través de un puerto USB.
- Posee una pantalla en escala de grises con resolución de 320 x 240.

#### **▪ Sensores de medición de temperatura [24]**

El sensor PS-2104 de temperatura/nivel de sonido/ luz, mide la temperatura ambiente, la temperatura de la sonda, el nivel de sonido en decibelios (dB) y el nivel de luz (intensidad de la luz) en lux (lúmenes por metro cuadrado). La temperatura ambiente se graba automáticamente a través de la apertura para temperatura ambiente y no necesita una sonda de temperatura. De igual manera

su adquisición se lo hizo desde los Estados Unidos. La tabla 7 muestra las características del sensor de medición de temperatura.

**Tabla 7:** Características sensor de temperatura

| Nº | Modelo  | Tipo de sensor                            |                | Rango de medición | Precisión  |
|----|---------|-------------------------------------------|----------------|-------------------|------------|
| 1  | Ps-2131 | Sensor de temperatura                     |                | -10 °C a + 70 °C  | +/- 0.5 °C |
| 2  | Ps-2135 | Sensor de temperatura de respuesta rápida |                | -10 °C a + 70 °C  | +/- 0.5 °C |
| 3  | Ps-2143 | Sensor de temperatura cuádruple           |                | -35 °C a + 135 °C | +/- 0.5 °C |
| 4  | Ps-2144 | Sensor incorporado de Hr, t° y Pr         | Humedad        | 0 a 100 % HR      | +/- 2%     |
|    |         |                                           | Temperatura    | -20 °C a + 55 °C  | +/- 0.5 °C |
|    |         |                                           | Punto de rocío | -50 °C a + 55 °C  | +/- 0.5 °C |

**Fuente:** Evaluación Térmica y Acústica de Paneles Fabricados con Ladrillos Ecológicos [24]

**IMAGEN 3:** Sensores de medición de temperatura



**Fuente:** Fernando Robalino

#### ▪ Equipo de medición de presión sonora [25]

Instrumento de medida que sirve para obtener niveles de presión sonora. En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio.

**IMAGEN 4:** Equipo de medición de sonido (Sonómetro)

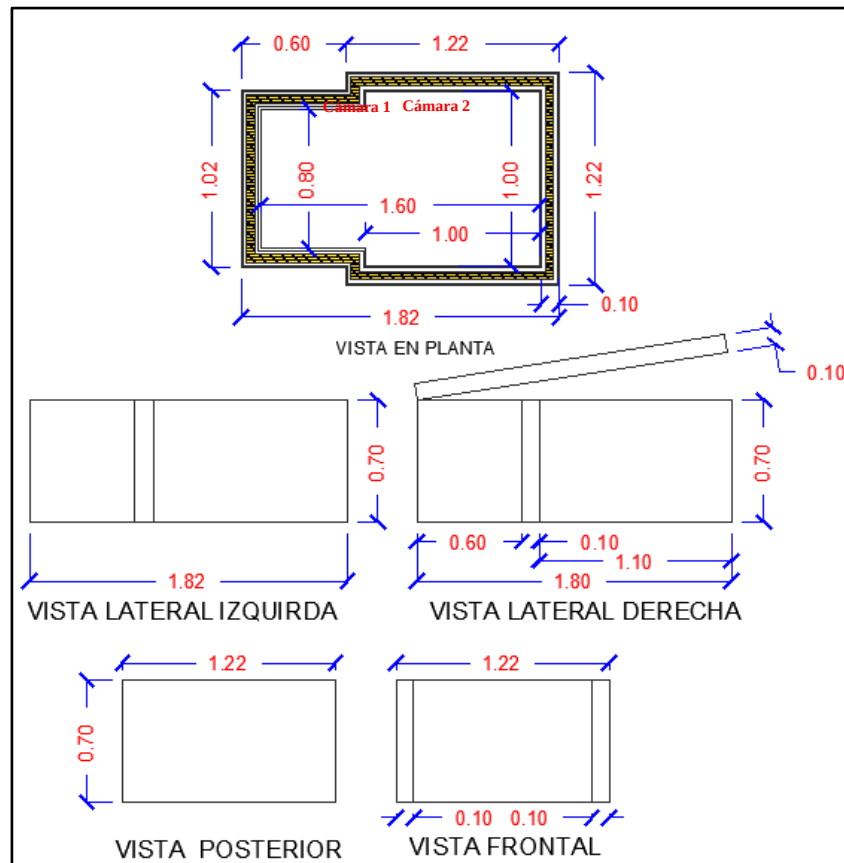


**Fuente:** Fernando Robalino

- **Cámara de ensayo**

Permite determinar el nivel de variación de temperatura y acondicionamiento acústico, es necesario elaborar la cámara hermética. Su configuración se muestra en el gráfico 5

**GRÁFICO 5:** Diseño de la cámara hermética



**Fuente:** Fernando Robalino

Esta cámara será construida con estructura de metal de 1.5 mm de espesor y revestimiento con planchas de yeso cartón de 10 mm, con aislación entregada y lana de vidrio entre placas.

**IMAGEN 5:** Ensamblado de la cámara hermética



**Fuente:** Fernando Robalino

El techo de esta cámara funciona como tapa removible, la que al taparse para efectuar los ensayos y al agregarse en las aristas del cierre y lana de vidrio adicional, aísla por completo el interior de la cámara mencionada. Para el mayor aislamiento dentro de la cámara de ensayo, se estableció cerraduras en sus tres lados, además de darle un acabado con pintura blanca para una mejor estética.

**IMAGEN 6:** Acabado de la cámara hermética



**Fuente:** Fernando Robalino

- **Fuente de emisión de calor [26]**

Equipo construido dentro de la cara hermética que consta de 6 focos de 100 w alimentados por una fuente de energía. Su función es emitir energía calorífica al elemento que se vaya a obtener el nivel de variación de temperatura.

**IMAGEN 7:** Fuente de emisión de temperatura



**Fuente:** Fernando Robalino

- **Fuente de emisión de sonido (parlante) [25]**

Herramienta instalada dentro de la cámara de ensayo, que consta de un parlante controlado por una potencia de sonido, emite los niveles de sonido propuestos por la norma NCh 2865, necesarios para evaluar los niveles de aislación acústica presente en el elemento.

**IMAGEN 8:** Fuente de emisión de ruido rosa



**Fuente:** Fernando Robalino

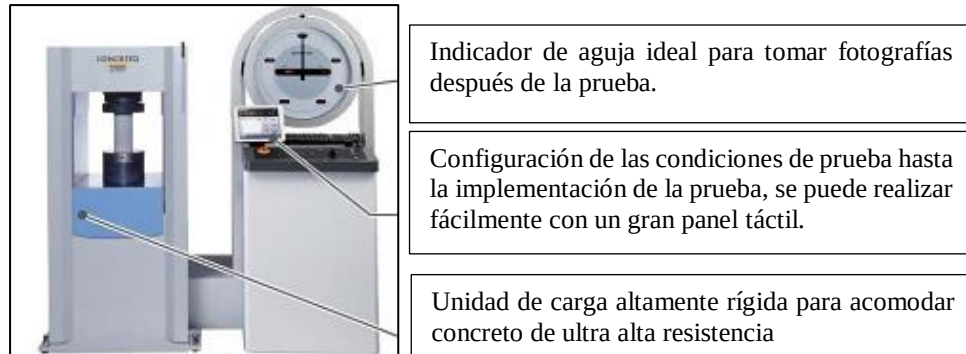
#### **2.1.2.5. Equipo para ensayo a compresión**

- **Sistema de compresión y flexión de hormigón [27]**

La máquina de prueba universal del servo hidráulico controlado por ordenador se ha diseñado sobre todo para dirigir la compresión, la tensión y/o la flexión de especímenes. Es ideal para el uso en la prueba de estas características para los materiales del metal y del no metal, incluyendo la barra del cemento, del concreto, del acero, rebar, de acero, el hierro, la barra y más. Se diseña

específicamente para la utilización con la investigación, el entrenamiento del estudiante, la producción y el laboratorio industrial. Se conforma con estándares de ASTM, de la ISO, de JIS y de BS.

**GRÁFICO 6:** Partes del sistema de compresión y flexión de hormigón



**Fuente:** SHIMADZU: Global Analytical and Measuring Instruments [27]

**Tabla 8:** Características del sistema de compresión y flexión de hormigón

| Parámetro                                                 | Rango de alcance<br>JIS B 7721: | Rango de alcance<br>JIS A 1108: |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Máxima capacidad                                          | 2000 kN                         | 3000 kN                         |
| Dimensiones de la placa de compresión superior / inferior | ø220 mm                         | ø220 mm                         |
| Distancia entre placas de compresión.                     | Max. 320 mm                     | Max. 320 mm                     |
| Espacio de soporte                                        | 400 mm                          | 500 mm                          |
| Golpe de prueba                                           | 100 mm                          | 100 mm                          |
| Max. velocidad de carga                                   | Max. 20 mm/min (60 Hz)          | Max. 20 mm/min (60 Hz)          |
|                                                           | Max. 16 mm/min (50 Hz)          | Max. 16 mm/min (50 Hz)          |
| Tamaño                                                    | 860 (W) x 700 (D) x 1530 (H) mm | 960 (W) x 730 (D) x 1890 (H) mm |

**Fuente:** SHIMADZU: Global Analytical and Measuring Instruments [27]

## **2.2. MÉTODOS**

### **2.2.1. Conceptos básicos**

#### **Adobe [16]**

Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja, arena gruesa u otros materiales, para mejorar su resistencia y durabilidad.

#### **Adobe artesanal [6]**

Adobe moldeado a mano de diferentes tamaños, secado al ambiente y que sigue técnicas tradicionales.

#### **Adobe como material de construcción [2]**

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 en su capítulo referente a viviendas, Pág. 17, la cual define al adobe como un elemento de tierra disecada con forma prismática, que normalmente es reforzado en nuestro medio con fibras naturales o sintéticas.

#### **Plástico [10]**

Son polímeros, es decir compuestos formados por macromoléculas, formadas por la unión de moléculas más sencillas que se repiten una y otra vez. Se caracterizan por tener una alta relación resistencia/densidad, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes.

#### **Tereftalato de Polietileno (PET) [28]**

Es un polímero plástico que se clasifica dentro del grupo de los termoplásticos los cuales son constituidos a partir de cadenas de polímeros lineales y que se



funden o reblandecen a una cierta temperatura o rango de temperaturas. Pueden mostrar una estructura completamente desordenada de sus cadenas y entonces los denominamos amorfos, o pueden tener ciertas zonas en las cuales las moléculas tienen una organización geométricamente ordenada y entonces los llamamos semicristalinos.

### **Transferencia de calor [24]**

Una definición básica, se puede decir que “Transferencia de calor” es la energía o tránsito debido a una diferencia de temperatura, siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor.

### **Calor [24]**

El calor se define como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia.

### **Temperatura [24]**

La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas individuales de una sustancia. Cuando se agrega calor a una sustancia, sus átomos o moléculas se mueven más rápido y su temperatura se eleva, o viceversa.

### **Conducción [24]**

La conducción es un mecanismo de transferencia de calor entre dos sistemas basados en el contacto directo de sus partículas, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas.

### **Conductividad térmica [29]**

Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras.

### **Resistencia térmica [29]**

Se define como la propiedad de un material al oponerse al paso del calor.

### **Transmitancia Térmica [29]**

Representa el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

### **El ruido [30]**

Se denomina ruido a aquellos sonidos que no son agradables, o más aceptada internacionalmente en la acústica, es la que lo define como un sonido no deseado.

### **Ruido impulsivo [24]**

Producido por impactos o explosiones, es breve y abrupto, y causa mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida de presión sonora.

### **Ruido intermitente [24]**

Cuando se operan en ciclos, o pasan vehículos aislados o aviones, el nivel de ruido aumenta o disminuye rápidamente.

**Ruido continuo [24]**

Se produce por maquinaria que opera sin interrupciones.

**Ruido exterior o ruido urbano [31]**

Está relacionado con la densidad poblacional de la zona y son de dos tipos: fijas, que se refiere a las fuentes de ruido que son permanentes en el lugar, y móviles, que se refiere a fuentes de ruido desplazables.

**Ruido al interior de la vivienda [32]**

Se debe principalmente al uso que se les da, además, está en función de los equipos presentes, así como también de las instalaciones que posea la vivienda.

**Ruido rosa [33]**

Representa el ruido que posee un nivel sonoro constante en todas las bandas de octava, generalmente es utilizado para cuantificar el nivel de aislamiento en laboratorio y para medir la absorción acústica.

**Nivel de presión sonora (NPS) [24]**

El nivel de presión sonora es encargado de determinar la intensidad del sonido, que genera una presión sonora instantánea, se mide en (dB) los valores representativos son, 40 el umbral de audición y 120 el umbral de dolor.

**Aislación acústica [33]**

Es el recurso empleado para impedir la propagación del ruido, mediante materiales o recursos constructivos que determinan un obstáculo reflector de mayor o menor efecto.

## **Acondicionamiento acústico [14]**

El acondicionamiento acústico se refiere a la calidad superficial de los materiales interiores que hacen que el ruido propio de la actividad en el local se amplifique hasta sobrepasar los niveles de confort.

### **2.2.2. Metodología de aplicación**

En la presente investigación se realizará el estudio de la variación de temperatura y acondicionamiento acústico además de la verificación de la resistencia a compresión, de bloques de adobe elaborados según parámetros especificados en la norma [16]. Para la realización de la investigación se planea realizar las siguientes etapas.

#### **2.2.2.1. Análisis del suelo**

##### **a) Extracción**

Se extrae el suelo de lugares inmersos en la provincia de estudio (Tungurahua). Se debe tomar en cuenta que a simple vista el suelo debe ser arcilloso para lo cual se puede establecer una prueba de campo empírica que consta en hacer lo siguiente: Se toma una pequeña muestra del suelo del sitio y se agrega agua hasta conseguir una consistencia homogénea, se amasa hasta observar si el suelo presenta una masa pegajosa, si es así el suelo presenta arcilla, por el contrario, se deberá elegir otro sitio.

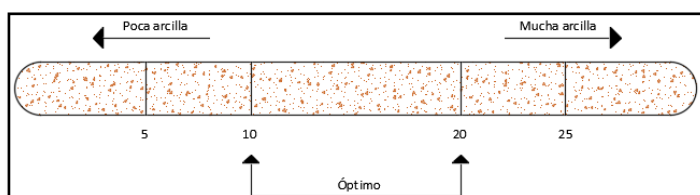
##### **b) Pruebas de campo [16]**

Luego de la extracción se debe realizar las siguientes pruebas de campo para asegurar que el suelo cumpla con lo especificado en la norma [16], donde especifica requerimientos del suelo para elaborar bloques de adobe.

- **Cinta de barro [16]**

Se realiza este ensayo mediante el Anexo 1 de la norma **[16]**: Prueba “Cinta de barro”, Para realizar esta prueba, se deberá humedecer la tierra y moldearla en forma de cilindro hasta que tenga un diámetro aproximado de 12 mm. Aplanar un poco con los dedos pulgar e índice hasta formar una cinta de 4 mm de espesor. La cinta se deja colgar lo que más pueda hasta que se rompa. Si la cinta alcanza una longitud entre 20 y 25 cm, el suelo es arcilloso, si se corta en menos de 10 cm el suelo tiene poca arcilla, y si está entre 10 y 20 cm el suelo es óptimo para realizar los bloques.

**GRÁFICO 7:** Esquema - cinta de barro



**Fuente:** Fernando Robalino

- **Presencia de arcilla [16]**

Se realiza este ensayo mediante el Anexo 2 de la norma **[16]**: Prueba “Presencia de arcilla” o “resistencia seca”. Se forman 4 bolitas de 2 cm de diámetro con el material que se vaya a emplear en los bloques, la cantidad de agua será la mínima para formar las bolitas con las palmas de las manos, sin que estas presenten deformaciones apreciables a simple vista al secarse. Las cuatro bolitas deberán secarse a temperatura ambiente, con precaución de ser expuestas a la lluvia, al viento entre otros factores que modifiquen su estructura, luego de haber transcurrido el tiempo se deberá presionar fuertemente con los dedos pulgar e índice.

Si por lo menos una se rompe, el suelo no es apto, por el contrario, si no se rompe el suelo es apto para la fabricación de los bloques.

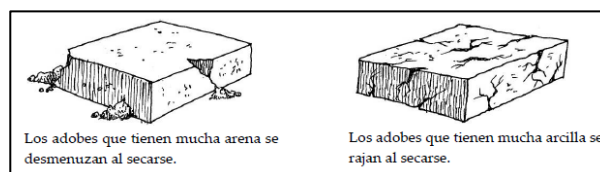
- **Proceso de hidratación del suelo [16]**

Se debe cernir el material antes de preparar el barro y luego someterla a un proceso de hidratación sostenida por lo menos 48 horas.

- c) **Bloques de prueba**

Se debe realizar esta consideración además de las pruebas especificadas en la sección “b” pruebas de campo, ya que no toda la tierra que cumpla esas especificaciones es apta para hacer bloques y que presenten una buena resistencia. Se considera antes de implementar otros materiales adicionales al suelo, realizar bloques de adobes para prueba para tener la certeza de que la cantidad de arcilla es la adecuada en el suelo, según especifica la norma [16]. Si los bloques al secarse presentan desmenuzamiento, el suelo tiene mucha arena y deberá adicionarse arcilla, y si los bloques se fisuran al secarse, el suelo presenta mucha arcilla y deberá agregarse arena [34].

**GRÁFICO 8:** Presencia de arcilla en bloques de adobe



**Fuente:** Manual de construcción con adobe reforzado con geomalla [34]

- d) **Pruebas de laboratorio**

Para establecer los parámetros físicos del suelo se plantea realizar los siguientes ensayos de laboratorio. Donde obtendremos principalmente el porcentaje de agregados del suelo y su clasificación en base a la norma AASHTO M - 145.

- **Contenido de humedad [35]**

Se determina mediante la relación de la cantidad de agua presente en la muestra de suelo entre la masa de suelo en estado seco, expresado en porcentaje. Se

realiza este ensayo según la norma NTE INEN 690 “Determinación del contenido de agua, método de secado al horno, que expresa el siguiente procedimiento.

1. Determinar y registrar la masa del recipiente ( $m_1$ ) descrito en la sección “2.1.2” del apartado “2.1.2.1” equipos para determinar los límites de Atterberg, cuando esté seco y limpio.
2. Colocar cuidadosamente en el recipiente una porción representativa de suelo a ensayarse, cuidando que exteriormente no existan partículas de suelo adheridas, determinar y registrar su masa ( $m_2$ ).
3. Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, descrito en la sección “2.1.2.1” equipos para determinar los límites de Atterberg, en un período de 16 – 24 h dependiendo de la masa de suelo.
4. Determinar y registrar la masa del suelo después del secado ( $m_3$ ).

Se determina el contenido de humedad en base a la siguiente fórmula:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100$$

Donde:

$m_1$  = Masa del recipiente en g.

$m_2$  = Masa del recipiente y el suelo húmedo en g.

$m_3$  = Masa del recipiente y el suelo seco en g.

W = Contenido de humedad en porcentaje

#### ▪ **Granulometría [36]**

Se determina el rango de partículas presentes en el suelo, expresado como un porcentaje del peso seco total. Generalmente se usa el análisis por tamizado aplicando la norma NTE INEN 696 “Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso”, que especifica el siguiente procedimiento:

1. Se realiza el muestreo del árido en base a la norma NTE INEN 695.

2. Secar la muestra en el horno.
3. Seleccionar los tamices necesarios y adecuados descritos en la sección 2.1.2 del apartado “2.1.2.2” equipos para ensayo de granulometría.
4. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional.
5. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. Agitar los tamices por medio de la tamizadora, descrito en la sección 2.1.2 del apartado “2.1.2.2” equipos para ensayo de granulometría, durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo.

Los resultados de granulometría se presentan generalmente en gráficas semi-logarítmicas con curvas de distribución granulométrica. Los diámetros de partículas se presentan en escala logarítmica y el correspondiente porcentaje de granos finos en escala aritmética.

Según la norma E080 (Diseño y construcción con tierra reforzada), el contenido porcentual de arcilla debe ser 20%, de limo 15%, y de arena 55 y 70% [16].

#### ▪ **Límites de plasticidad o Límites de Atterberg [7]**

En forma práctica se determina los estados de consistencia del suelo mediante el ensayo con el equipo copa Casagrande, todos los equipos utilizados en este ensayo están descritos en la sección 2.1.2 del apartado “2.1.2.1” equipos para determinar los límites de Atterberg.

#### **Límite líquido (LL) [37]**

Es una frontera entre el estado semilíquido y plástico. El contenido de humedad del suelo debe expresarse como el porcentaje del agua, en relación con el peso de la muestra secada al horno. El ensayo se determina en base a la norma NTE



INEN 691 “Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido método de casa grande”, donde expresa el siguiente procedimiento.

1. Se toma una muestra alrededor de 250 g de la proporción completamente mezclada del material que pase el tamiz #40.
2. Se deja evaporar, si fuera necesario añadir agua destilada y se la mezcla completamente en la fuente usando la espátula hasta obtener una pasta de suelo homogénea y densa que se pueda moldear fácilmente con los dedos.
3. Colocar una porción de suelo en la copa Casagrande sobre la parte que descansa en la base extendiéndola rápida y cuidadosamente cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.
4. Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base, de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm en la sección de espesor máximo, el suelo sobrante debe regresar al plato o fuente de mezclado.
5. Con el acanalador adecuado realizar un canal en la muestra, evitando despegarlo de la copa de manera que su plano de simetría sea perpendicular a la articulación de la copa.
6. Colocar la copa en el dispositivo mecánico girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto en una distancia de 10 mm, medir la distancia con un calibrador y anotar el número de golpes para que esto ocurra. Verificar que ocurra entre 35 y 45 golpes, caso contrario repetir los pasos desde el 3 - 6, hasta alcanzar el mismo resultado con tres muestras.
7. Del lugar donde se juntan los bordes tomar una porción de suelo de 10 g aproximadamente, colocar en un recipiente y determinar el contenido de humedad de acuerdo a NTE INEN 690.
8. Se debe repetir este procedimiento de los pasos 1 – 7 por lo menos cuatro veces con incrementos de agua destilada, de tal manera que el número de golpes necesarios para cerrar el canal este entre 5 y 45 de modo que dos ensayos estén bajo los 25 golpes y dos sobre 25 golpes.

Se realiza un gráfico de la curva de escurrimiento entre el número de golpes de la copa de Casagrande versus el contenido de humedad.

El contenido de humedad que corresponde a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes, debe tomarse como límite líquido del suelo.

### **Límite plástico (LP) [38]**

Es la frontera entre el estado plástico y semisólido. Este ensayo de laboratorio se rige a la norma NTE INEN 692 “Determinación del límite plástico”, donde especifica el siguiente procedimiento de ensayo.

1. Se toma al iniciar el ensayo de límite líquido una muestra de 30 g aproximadamente, la cual debe ser suficientemente homogénea y plástica para que pueda formarse con facilidad bolas sin que se adhiera a los dedos al comprimirla.
2. Tomar aproximadamente 10 g de la muestra preparada, moldearla entre los dedos en una bola, luego amasar y rodar la bola entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en una superficie pequeñas fisuras con lo cual se asegura que el suelo tenga un suficiente secado.
3. Rotar la bola entre la punta de los dedos con una mano y la placa de vidrio con presión suficiente como para formar rollos de suelo de 3 mm de diámetro en 5 a 10 movimientos completos con la mano a una velocidad de 80 a 90 movimientos por minuto.
4. Si el rollo se desmenuza antes de alcanzar los 3 mm de diámetro añadir agua destilada a toda la masa y volver a repetir los pasos 2 – 3.
5. Si el rollo llega a los 3 mm de diámetro sin presentar fisuras o signos de desmenuzamiento recoger el rollo y moldearlo nuevamente entre los dedos y repetir el proceso del paso 3
6. Recoger las porciones desmenuzadas del suelo en un recipiente y determinar el contenido de agua según NTE INEN 690.
7. Dos muestras más serán tratadas como indica en los pasos 2 – 6, de modo que se hagan 3 determinaciones completamente separadas.

El valor de límite plástico LP será el promedio del contenido de agua de las muestras.

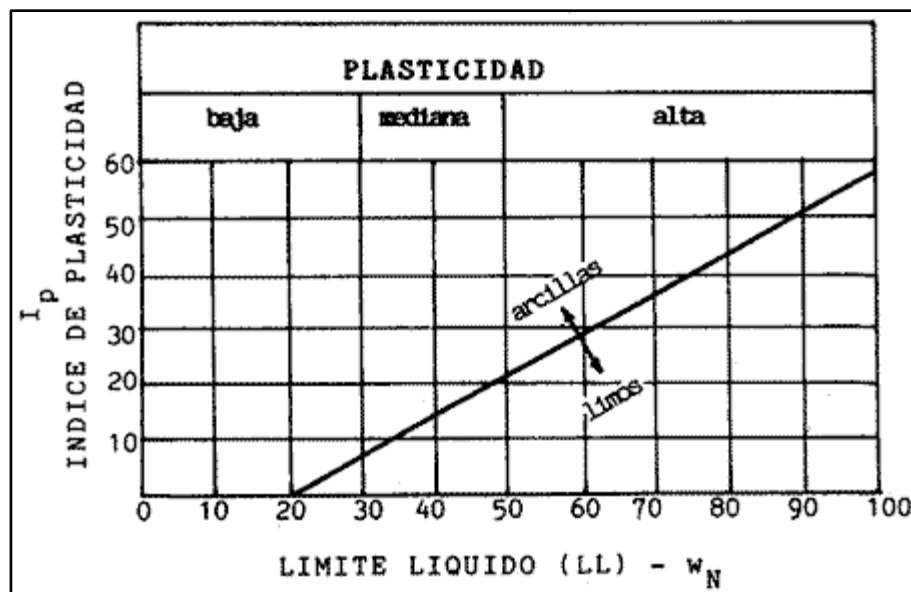
### Índice plástico (IP)

Se determina el índice plástico como la diferencia numérica entre su límite Líquido y Límite Plástico. Este valor representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservarse en estado plástico.

#### e) Clasificación del suelo en base a la AASHTO [39]

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO M – 145 realiza una clasificación del suelo, busca principalmente juzgar la aceptabilidad de un suelo basándose en la medición numérica de la calidad del suelo. La clasificación se basa en buscar en la tabla 9 la primera columna de la izquierda a derecha que haga que todos los requisitos en el suelo encajen dentro de los rangos definidos, de acuerdo a la granulometría por tamizado y a los límites de consistencia.

**GRÁFICO 9:** Carta de plasticidad de la AASHTO para clasificación del suelo



Fuente: Eddy.hgz 2011 [40]

**Tabla 9.** Sistema de clasificación del suelo AASHTO M - 145

| Clasificación                                              | Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200) |        |            |                                  |        |        |        | Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200) |        |                   |                 |  |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------|------------|----------------------------------|--------|--------|--------|----------------------------------------------------------------|--------|-------------------|-----------------|--|
| Grupo:                                                     | A-1                                                          |        | A-3        | A-2-4                            |        |        |        | A-4                                                            | A-5    | A-6               | A-7 A-7-5 A-7-6 |  |
|                                                            | A-1-a                                                        | A-1-b  |            | A-2-4                            | A-2-5  | A-2-6  | A-2-7  |                                                                |        |                   |                 |  |
| Porcentaje que pasa:                                       |                                                              |        |            |                                  |        |        |        |                                                                |        |                   |                 |  |
| N° 10 (2mm)                                                | 50 máx                                                       | -      | -          | -                                |        |        |        | -                                                              |        |                   |                 |  |
| N° 40 (0,425mm)                                            | 30 máx                                                       | 50 máx | 51 mín     | -                                |        |        |        | -                                                              |        |                   |                 |  |
| N° 200 (0,075mm)                                           | 15 máx                                                       | 25 máx | 10 máx     | 35 máx                           |        |        |        | 36 min                                                         |        |                   |                 |  |
| Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 |                                                              |        |            |                                  |        |        |        |                                                                |        |                   |                 |  |
| Límite líquido                                             | -                                                            |        | -          | 40 máx                           | 41 mín | 40 máx | 41 mín | 40 máx                                                         | 41 mín | 40 máx            | 41 mín (2)      |  |
| Índice de plasticidad                                      | 6 máx                                                        |        | NP (1)     | 10 máx                           | 10 máx | 11 mín | 11 mín | 10 máx                                                         | 10 máx | 11 mín            | 11 mín          |  |
| Constituyentes principales                                 | Fragmentos de roca, grava y arena                            |        | Arena fina | Grava y arena arcillosa o limosa |        |        |        | Suelos limosos                                                 |        | Suelos arcillosos |                 |  |
| Características como sub grado                             | Excelente a bueno                                            |        |            |                                  |        |        |        | Pobre a malo                                                   |        |                   |                 |  |

**Fuente:** Jordi González Boada 2005. [39]

#### **2.2.2.2. Adición del plástico triturado PET**

Con el fin de optimizar los materiales desechados y considerar ser amigable con el medio ambiente, se implementará plástico triturado PET, como un elemento adicional en la composición de los bloques.

Para su implementación en los mampuestos, debido a que es un material que tiene mucho volumen y poca densidad, es decir que ocupa mucho espacio, pero pesa poco, se lo implemento en relación al volumen necesario para realizar una muestra de adobe, determinando la proporción equivalente del porcentaje de PET especificado en un, 5%, 10% y 15%.

#### **2.2.2.3. Elaboración de mampuestos**

Se debe asegurar que el bloque de adobe terminado debe estar libre de materias extrañas, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

##### **▪ Formas y dimensiones del adobe [16]**

- ✓ El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.
- ✓ El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.
- ✓ El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.
- ✓ La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

##### **▪ Proceso de elaboración de bloques de adobe [34]**

- ✓ Humedecer el molde con agua.

- ✓ Espolvorear el interior del molde con arena para que le barro no se pegue en los costados.
- ✓ Colocar el molde en el piso y lanzar bolas de barro con fuerza.
- ✓ Compactar con las monos o pies por el centro o las esquinas del molde.
- ✓ Emparejar con una regla de madera húmeda.
- ✓ Levantar el molde con mucho cuidado para no deformar el adobe.

#### ▪ **Secado de mampuestos [34]**

El secado del bloque de adobe debe ser lento, para lo cual se realiza sobre tendales protegidos del sol y del viento. Sobre el tendal (que no debe ser de pasto, ni empedrado, ni de cemento) se debe espolvorear arena fina para eliminar restricciones durante el encogimiento de secado.

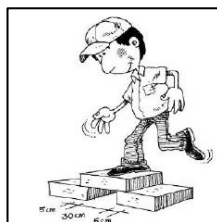
#### ▪ **Curado de mampuestos [34]**

Dejar secar por 10 días en un ambiente cubierto, y voltearlos para tener un secado uniforme hasta alcanzar un período de 28 días desde su fabricación.

#### ▪ **Prueba de resistencia**

Se realiza este ensayo mediante el Manual de construcción con adobe reforzado con geomalla [34], Prueba “Resistencia”, Se selecciona tres muestras de adobe que no contengan fisuras ni deformaciones, colocar dos en la base con una separación de 30 cm y sobre ellos el tercer adobe, los adobes deberán soportar el peso de una persona promedio por un minuto.

**GRÁFICO 10:** Resistencia de los bloques de adobe de prueba

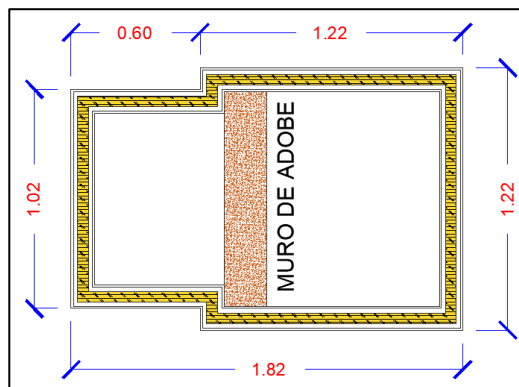


**Fuente:** Manual de construcción con adobe reforzado con geomalla [34]

#### 2.2.2.4. Elaboración de muros de adobe en la cámara d ensayo

Los paneles de adobe serán elaborados de manera convencional (como un muro tradicional de mampostería), se instala de manera vertical el panel de muro a escala 1:1 del cual se vaya a obtener los datos de temperatura y sonido creando espacios divididos dentro de la cámara de ensayo, el muro se dispone de la siguiente manera.

**GRÁFICO 11:** Disposición del muro de adobe



**Fuente:** Fernando Robalino

#### ▪ Mortero [16]

El mortero para pegar las muestras de adobe, debe elaborado con el mismo tipo de suelo necesario para la construcción de los bloques tradicionales, la humedad del mortero no debe pasar el 20 %, para evitar el agrietamiento. La cantidad de agua es la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento.

Para un adecuado funcionamiento en la realización del ensayo, el mortero, se debe dejar secar por 48 horas desde su aplicación.

#### ▪ Procedimiento de elaboración de muros de adobe:

- ✓ Humedecer el piso donde se colocará el mortero para la primera hilada de bloques.
- ✓ Para mejor adherencia entre el mortero y el bloque, humedecer los bloques por 5 segundos en un recipiente.

- ✓ Colocar 2cm de mortero en la base, y colocar la primera hilada.
- ✓ Para guiar la alineación de las hileras, colocar miras en los extremos y tender una cuerda entre ellas al ras de los bloques.
- ✓ Colocar las hiladas necesarias hasta cubrir la altura de la cámara

#### **2.2.2.5. Ensayo térmico de los muros en la cámara hermética**

- **Normas aplicadas para el ensayo térmico**

Para la realización de este ensayo, se lo hace a través de normas chilenas, las cuales son: NCh. 851 of 1983 Aislación Térmica [26]: NCh. 849 of 1987 [42] Aislación Térmica.

- **Procedimiento de ensayo térmico [26]**

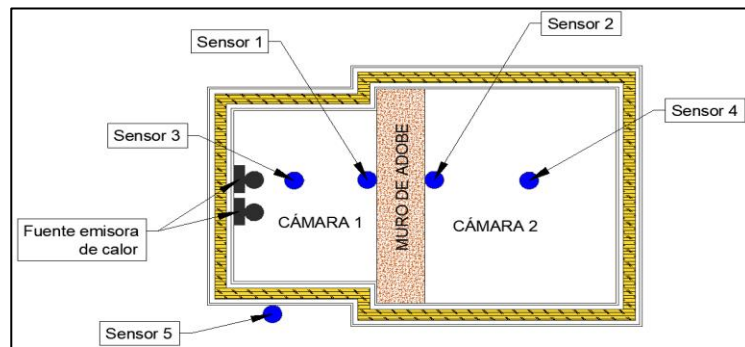
El presente ensayo fue desarrollado con el fin de establecer parámetros comparativos entre los paneles de muro diseñados. Este somete los paneles a una diferencia de temperaturas entre una cara y otra, para esto se requiere de la cámara hermética.

Los equipos utilizados en este ensayo se describen en la sección 2.1.2 apartado “2.1.2.4” equipos para ensayo acústico y térmico.

En la cámara de ensayo, se coloca dentro de un espacio generado por la división del muro de adobe elaborado según la etapa 2.2.2.4, posteriormente se monta el equipo XPLOER GLX con los correspondientes sensores dispuestos de la siguiente manera.



**GRÁFICO 12:** Disposición de sensores en la cámara hermética para ensayo de temperatura



**Fuente:** Fernando Robalino

- ✓ Sensor 1: medirá la tempera de la cara 1
- ✓ Sensor 2: medirá la tempera de la cara 2
- ✓ Sensor 3: medirá la tempera del ambiente 1
- ✓ Sensor 4: medirá la tempera del ambiente 2
- ✓ Sensor 5: medirá la tempera exterior de laboratorio

Con el equipo emisor de calor, se evalúan los muros de adobe obteniendo datos de temperatura en las caras 1 y 2 del muro y los ambientes 1 y 2 de la cámara, por el período de 60 minuto, los datos son exportados a hojas de cálculo para su correcto análisis e interpretación.

#### ▪ Evaluación del nivel de aislación térmica [29]

Se evalúa el nivel de aislación térmica producida entre las caras del elemento y los ambientes separados, además de determinar el coeficiente de conductividad térmica, la cual verifica el grado de transferencia de calor, mediante la siguiente fórmula emitida por la norma NCh 851 [26].

$$\lambda = \frac{d * P}{A(\Delta t)}$$

Donde:

d = Espesor del elemento

P = Potencia

A = Área

$\Delta t$  = Diferencia de temperatura de las caras del elemento

- **Evaluación del nivel de temperatura óptima de confort térmico**

La temperatura óptima de confort se evalúa en el ambiente 2 de la cámara de ensayo, Este valor es necesario para establecer, si el bloque de adobe presenta un acondicionamiento térmico adecuado, basándolo en lo descrito por la norma NEC 2011 capítulo de eficiencia energética [14], además de comprarlo con la bibliografía consultada.

#### **2.2.2.6. Ensayo acústico de los muros en la cámara hermética**

- **Norma aplicada para el ensayo acústico [25]**

NCh. 2865 of 2004 Acústica: Se utiliza para medir la aislación acústica de elementos de la construcción pequeños, bajo condiciones de campo difuso. Esta norma entrega los resultados que se pueden utilizar para diseñar elementos de construcción con propiedades acústicas apropiadas.

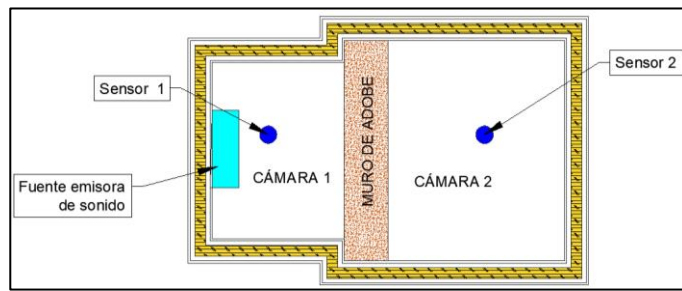
- **Procedimiento de ensayo acústico [25]**

El presente ensayo fue desarrollado con el fin de establecer parámetros comparativos entre los paneles de muro diseñados. Este somete los paneles a una diferencia de presión sonora entre una cara y otra, para esto se requiere de la cámara hermética.

Los equipos utilizados en este ensayo se describen en la sección 2.1.2 apartado “2.1.2.4” equipos para ensayo acústico y térmico.

En la cámara de ensayo, se coloca dentro de un espacio generado por la división del muro de adobe elaborado según la etapa 2.2.2.4, posteriormente se monta el equipo de medición sonora dispuesto de la siguiente manera.

**GRÁFICO 13:** Disposición de la cámara hermética para ensayo de sonido



**Fuente:** Fernando Robalino

- ✓ Sensor 1: equipo (sonómetro) que medirá la presión sonora en la cámara 1
- ✓ Sensor 2: equipo (sonómetro) que medirá la presión sonora en la cámara 2, luego de realizar la medición en la cámara 1.

Para los registros de presión sonora se tomará en un tiempo de 10 minutos, registrando valores por cada minuto de ensayo, donde se podrá apreciar la entrega de valores máximos, mínimos, y promedios. El rango emitido está entre 80-90 dB, se estableció este rango debido a que este es el ruido utilizado para realizar mediciones estandarizadas de aislamiento en ensayos de laboratorio, según lo especificado en el decreto ejecutivo 2393.

#### ▪ **Determinación del nivel óptimo de confort acústico [14]**

En el diseño y la construcción de una edificación se considera dos parámetros: Aislamiento acústico y acondicionamiento acústico.

#### **Aislación acústica**

Se determina en base a una diferencia entre el nivel de presión sonora de las caras del muro de adobe, se realiza una comparación de los datos obtenidos entre la bibliografía investigada y el nivel de aislamiento conveniente requerida en materiales entregado por la norma NCh 352. [15]

### **Acondicionamiento acústico**

Se evalúa en función a los niveles máximos de ruido permitidos expresado en lo la norma NEC 2015 capítulo de eficiencia energética. [14]

Al verificar si el material ensayado cumple con lo especificado anteriormente y el nivel de aislación acústica, se podrá determinar si el bloque de adobe propuesto es un elemento que brinda confort acústico.

#### **2.2.2.7. Ensayo a compresión**

La resistencia a compresión se determina en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Técnica de Ambato con el equipo sistema de compresión y flexión de hormigón descrito en la sección 2.1.2 apartado “2.1.2.5” equipos para ensayo de compresion, para luego ser interpretada y comparada con la resistencia mínima aceptable para bloques de adobe propuesta por la norma [16], que especifica debe ser como mínimo 1 MPa.

Esta resistencia se medirá utilizando 6 muestras de 10 cm de arista, y el promedio de las 4 mejores deberá ser igual o mayor a la resistencia antes mencionada.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En base a la metodología especificada en el capítulo II sección 2.2.2 “Metodología de aplicación”, se obtuvo los siguientes resultados.

#### **3.1.1. Análisis del suelo**

##### **a) Extracción**

El suelo para la elaboración de los bloques de adobe fue extraído de dos lugares inmersos en la provincia de Tungurahua, de la parroquia de Pilahuin ubicado al suroeste de Ambato a un costado de la vía Ambato – Guaranda, junto a las faldas del nevado Carihuayrazo y Chimborazo, y de la parroquia Pilisurco ubicado al noroeste del cantón Ambato.

**IMAGEN 9:** Suelo extraído para la fabricación de los bloques de adobe



**Fuente:** Fernando Robalino

##### **b) Pruebas de campo**

Realizando los ensayos de campo de cinta de barro y presencia de arcilla se obtuvo los siguientes resultados.

- **Cinta de barro**

Con esta prueba se obtuvo que el material está dentro del rango permisible para elaboración de bloques de adobes, puesto que alcanzo una longitud que cuelga de aproximadamente 12 cm con un espesor de 4 mm.

**IMAGEN 10:** Prueba “Cinta de barro”



Fuente: Fernando Robalino

- **Presencia de arcilla o resistencia seca**

Con un tiempo de 48 horas de haber realizado las muestras (bolitas de adobe), se determinó que la presencia de arcilla es la adecuada para la utilización del suelo en la elaboración de bloques de adobe, puesto que ninguna de las 4 muestras falló al aplicar la fuerza.

**IMAGEN 11:** Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”



Fuente: Fernando Robalino

- **Proceso de hidratación del suelo**

La tierra cruda se mezcló con agua con el fin de que las partículas de arcilla absorban la humedad y obtener un mejor manejo del suelo en la elaboración de los mampuestos. Al cabo de 24 horas se volvió a mezclar para que la tierra no presente endurecimiento.

**IMAGEN 12:** Mezclado de la tierra cruda



**Fuente:** Fernando Robalino

**c) Bloques de prueba**

Se procedió a colocar 45% de cada suelo extraído de las zonas especificadas previamente y añadido un 10% de arena gruesa del sitio de estudio, dando como resultado que el suelo cumplen con la cantidad óptima de arcilla.

**IMAGEN 13:** Muestra de adobe de prueba



**Fuente:** Fernando Robalino

#### d) Pruebas de laboratorio

##### ▪ Contenido de humedad

Se realizó la prueba del laboratorio “contenido de humedad”, para cuatro muestras de suelo, mediante el cual se obtuvo los siguientes datos mostrados en la tabla 10.

**Tabla 10.** Contenido de humedad de la muestra de suelo.

| Descripción                            | Unidad   | Muestra de suelo |        |        |        |
|----------------------------------------|----------|------------------|--------|--------|--------|
| Número de recipiente                   |          | 77               | 67     | 72     | 51     |
| Peso de la muestra húmeda + recipiente | gr       | 128.10           | 143.80 | 134.70 | 128.50 |
| Peso de la muestra seca + recipiente   | gr       | 110.60           | 123.40 | 115.00 | 110.90 |
| Peso del agua                          | gr       | 17.50            | 20.40  | 19.70  | 17.60  |
| Peso del recipiente                    | gr       | 30.90            | 30.40  | 30.80  | 30.40  |
| Peso muestra seca                      | gr       | 79.70            | 93.00  | 84.20  | 80.50  |
| Contenido de humedad                   | %        | 21.96            | 21.94  | 23.40  | 21.86  |
| <b>Humedad Promedio</b>                | <b>%</b> | <b>22.29%</b>    |        |        |        |

**Fuente:** Fernando Robalino

##### ▪ Granulometría

El ensayo de laboratorio “análisis granulométrico del suelo”, se determinó la disposición de partículas en la muestra, teniendo los siguientes datos mostrados a continuación en la tabla 11.

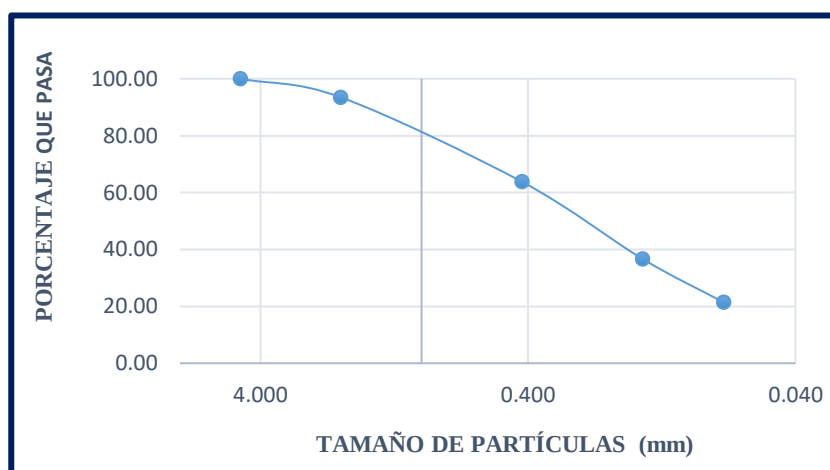
**Tabla 11.** Granulometría de la muestra del suelo

| Tamiz           | Peso retenido acumulado | % Retenido | % Que pasa |
|-----------------|-------------------------|------------|------------|
| Pasa Tamiz #4   | 240.32                  | 0.00       | 100.00     |
| #10             | 15.60                   | 6.53       | 93.46      |
| #40             | 86.60                   | 36.26      | 63.73      |
| #100            | 151.30                  | 63.35      | 36.64      |
| #200            | 187.80                  | 78.64      | 21.35      |
| Pasa Tamiz #200 | 51.00                   | 21.35      |            |
| <b>TOTAL</b>    | <b>238.8</b>            | <b>gr</b>  |            |

**Fuente:** Fernando Robalino



**GRÁFICO 14.** Curva granulométrica del suelo



**Fuente:** Fernando Robalino

Se puede establecer por medio de la gráfica 14 que el suelo utilizado en la elaboración de los bloques de adobe tiene una distribución uniforme de partículas, y mediante este análisis se determinó la composición física del suelo que se muestra en la tabla 12, valores porcentuales que representa la cantidad de agregados en el suelo utilizado para la elaboración de mampuestos en estado artesanal.

**Tabla 12:** Dosificación del suelo

| Arcilla | Limo | Arena |
|---------|------|-------|
| 22 %    | 15 % | 63 %  |

**Fuente:** Fernando Robalino

#### ▪ Límites de Atterberg

##### Límite líquido

La tabla 13 muestra los valores de peso de las muestras obtenidos mediante el uso de la copa Casagrande, equipo descrito en la sección 2.1.2.1 1 “Equipos para determinar los límites de Atterberg”, y el contenido de humedad de las mismas.

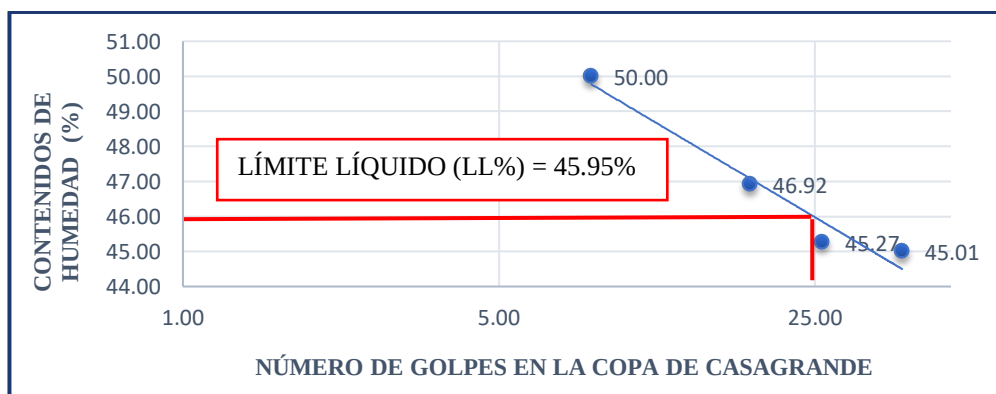
**Tabla 13.** Determinación del límite líquido del suelo

| Rango de Golpes:            |      | 0 -- 10 |      | 10 -- 20 |       | 20 -- 30 |       | 30 -- 40 |       |
|-----------------------------|------|---------|------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| Recipiente Número           | #    | 4       | 36   | 6        | 66    | 37       | 16    | 40       | 2     |
| Muestra húmeda + recipiente | (gr) | 18.0    | 18.2 | 19.60    | 18.7  | 19.7     | 16.2  | 18.1     | 17.1  |
| Muestra seca + recipiente   | (gr) | 15.7    | 15.9 | 16.80    | 16.2  | 17.1     | 14.6  | 15.9     | 15.2  |
| Peso del agua               | (gr) | 2.3     | 2.3  | 2.80     | 2.5   | 2.6      | 1.6   | 2.2      | 1.9   |
| Peso del recipiente         | (gr) | 11.1    | 11.3 | 10.8     | 10.9  | 11.3     | 11.1  | 11.1     | 10.9  |
| Peso muestra seca           | (gr) | 4.6     | 4.6  | 6.0      | 5.3   | 5.8      | 3.5   | 4.8      | 4.3   |
| Contenido de humedad        | (%)  | 50.0    | 50.0 | 46.67    | 47.17 | 44.83    | 45.71 | 45.83    | 44.19 |
| <b>Humedad Promedio</b>     | (%)  | 50.00   |      | 46.92    |       | 45.27    |       | 45.01    |       |
| <b>Número de golpes:</b>    | #    | 8       |      | 18       |       | 26       |       | 39       |       |

Fuente: Fernando Robalino

El gráfico 15 muestra la curva de escurrimiento para la determinación del límite líquido en base al contenido de humedad de las muestras y el número de golpes en la copa Casagrande.

**GRÁFICO 15:** Curva de escurrimiento para determinación de LL



Fuente: Fernando Robalino

### Interpretación:

La ordenada en X en 25 golpes en la copa Casagrande, y la ordenada Y con el contenido de humedad determina el LL, dando un porcentaje de 45.95%.

### Límite plástico

En la tabla 14 se muestra los valores de peso de muestras con su correspondiente contenido de humedad.

**Tabla 14.** Determinación del límite plástico del suelo

| Recipiente Número                      | #          | 3AL          | 1AL   | 1     | 4AL   | 1TESIS | 5AL   |
|----------------------------------------|------------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Peso de la muestra húmeda + recipiente | (gr)       | 11.50        | 11.30 | 11.10 | 11.40 | 11.30  | 11.40 |
| Peso de la muestra seca + recipiente   | (gr)       | 11.30        | 11.20 | 11.00 | 11.20 | 11.10  | 11.2  |
| Peso del agua                          | (gr)       | 0.20         | 0.10  | 0.10  | 0.20  | 0.20   | 0.20  |
| Peso del recipiente                    | (gr)       | 10.60        | 10.80 | 10.70 | 10.50 | 10.70  | 10.60 |
| Peso muestra seca                      | (gr)       | 0.70         | 0.40  | 0.30  | 0.70  | 0.40   | 0.60  |
| Contenido de humedad                   | (%)        | 28.57        | 25.00 | 33.33 | 28.57 | 50.00  | 33.33 |
| <b>Humedad Promedio</b>                | <b>(%)</b> | <b>33.13</b> |       |       |       |        |       |

**Fuente:** Fernando Robalino

En base al análisis desarrollado se determinó que el límite plástico LP es 33.13%.

### Índice de plasticidad

$$I_p = LL - LP$$

$$I_p = 45.95\% - 33.12\%$$

$$I_p = 12.83\%$$

Este valor representaba una medida satisfactoria del grado de plasticidad de un suelo relacionándolo con la arena incorporada en la muestra, mediante el cual se identifica según Atterberg que el suelo es medianamente plástico, y se considera adecuado para elaboración de mampuestos de adobe. [40]

### e) Clasificación del suelo

Obtenido el índice de plasticidad  $I_p$  y al límite líquido LL, se determinó de acuerdo a tabla 9 y gráfico 9 expuesto en la sección 2.2.2, del capítulo 2, que es un suelo limo arenoso excelente de mediana plasticidad.

### 3.1.2. Adición del plástico triturado PET

Las probetas de adobe fueron elaboradas según la siguiente política. Para la realización de un bloque de adobe, se estableció el volumen ocupado que

corresponde al 100% de una muestra de adobe, posterior a eso se determinó la cantidad representada en volumen en porcentaje de PET propuesto, 5%, 10%, y 15%. En la tabla 15 se muestra la dosificación utilizada en la investigación.

**Tabla 15.** Dosificación de las muestras de bloques de adobe para ensayos

| Ensayo                    | Nombre          | Suelo | Material % | Agua % | PET % | # de muestras |
|---------------------------|-----------------|-------|------------|--------|-------|---------------|
| <b>Térmico y acústico</b> | Adobe + 0% PET  | Adobe | 100        | 12     | 0     | 16            |
|                           | Adobe + 5% PET  | Adobe | 100        | 12     | 5     | 16            |
|                           | Adobe + 10% PET | Adobe | 100        | 12     | 10    | 16            |
|                           | Adobe + 15% PET | Adobe | 100        | 12     | 15    | 16            |
| <b>Compresión</b>         | Adobe + 0% PET  | Adobe | 100        | 12     | 0     | 6             |
|                           | Adobe + 5% PET  | Adobe | 100        | 12     | 5     | 6             |
|                           | Adobe + 10% PET | Adobe | 100        | 12     | 10    | 6             |
|                           | Adobe + 15% PET | Adobe | 100        | 12     | 15    | 6             |

**Fuente:** Fernando Robalino

La tabla 16 mostrada a continuación muestra la cantidad de material en peso utilizada para las diferentes combinaciones de bloques de adobe.

**Tabla 16.** Dosificación en peso para una muestra de adobe

| Ensayo                    | # De muestras | % Peso bloque | Peso suelo kg | % PET | Peso PET kg |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------------|
| <b>Térmico y acústico</b> | 1             | 100           | 11.11         | 0     | 0           |
|                           | 1             | 100           | 11.11         | 5     | 0.64        |
|                           | 1             | 100           | 11.11         | 10    | 1.27        |
|                           | 1             | 100           | 11.11         | 15    | 1.91        |
| <b>Compresión</b>         | 1             | 100           | 1.61          | 0     | 0           |
|                           | 1             | 100           | 1.61          | 5     | 0.06        |
|                           | 1             | 100           | 1.61          | 10    | 0.12        |
|                           | 1             | 100           | 1.61          | 15    | 0.18        |

**Fuente:** Fernando Robalino

### 3.1.3. Elaboración de mampuestos

- **Dimensiones para muestras de adobe**

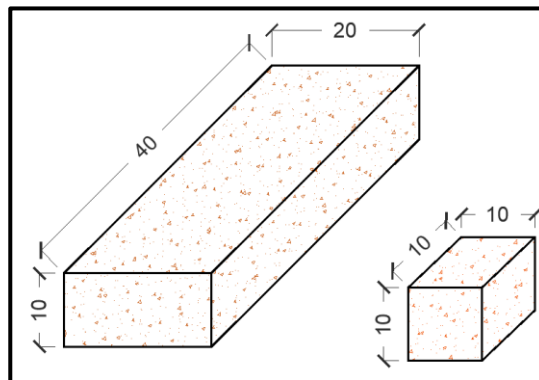
De acuerdo a lo especificado en la etapa 2.2.2.3 del capítulo 2, se establece las siguientes dimensiones en la tabla 17 para muestras de adobe en esta investigación.

**Tabla 17.** Dimensiones de bloques de adobe para ensayos

| Nombre              | Profundidad (cm) | Base (cm) | Altura (cm) |
|---------------------|------------------|-----------|-------------|
| Ensayo térmico      | 40               | 20        | 10          |
| Ensayo acústico     | 40               | 20        | 10          |
| Ensayo a compresión | 10               | 10        | 10          |

**Fuente:** Fernando Robalino

**GRÁFICO 16:** Ilustración de dimensiones de bloques para ensayos



**Fuente:** Fernando Robalino

Las dimensiones especificadas, son dimensiones finales, puesto que, para su elaboración se construyó un molde de 0.5 cm adicional a las dimensiones especificadas en la tabla 17, debido a que existe retracción del suelo por la eliminación del agua en el secado de la muestra.

- **Elaboración de bloques de adobe**

Los bloques fueron fabricados mediante la metodología especificada en la etapa 2.2.2.3 en el apartado “Proceso de elaboración de bloques de adobe”.

**IMAGEN 14:** Muestras de adobe elaboradas artesanalmente para ensayo acústico y térmico



**Fuente:** Fernando Robalino

**IMAGEN 15:** Muestras de adobe apiladas



**Fuente:** Fernando Robalino

#### ▪ Prueba de resistencia

Se seleccionó tres muestras, procurando que las seleccionadas no presenten imperfecciones y/o fisuras, dando como resultado que los bloques cumplen con la especificado en la norma [16], es decir, no fallaron al aplicar un peso promedio de 80 kg por un tiempo de 1 minuto.

**IMAGEN 16:** Prueba “Resistencia de los bloques de adobe”



**Fuente:** Fernando Robalino

### 3.1.4. Elaboración de muros de adobe en la cámara de ensayo

- **Mortero**

El mortero necesario para pegar los bloques de adobe, fue elaborado con el mismo tipo de suelo necesario para la fabricación de los bloques tradicionales, para su elaboración se estableció 10% de agua en relación al peso del suelo, donde su composición y estructura permitió el pegado de los bloques sin ningún inconveniente. Para un adecuado funcionamiento del mortero, se dejó secar por 48 horas desde su aplicación.

**IMAGEN 17:** Preparación del mortero para realizar los muros de adobe



**Fuente:** Fernando Robalino

- **Procedimiento de elaboración de muros**

El procedimiento de elaboración de muros se establece en la sección 2.2.2, etapa 2.2.2.4 del capítulo 2.

**IMAGEN 18:** Elaboración del panel de adobe



**Fuente:** Fernando Robalino

### 3.1.5. Ensayo térmico

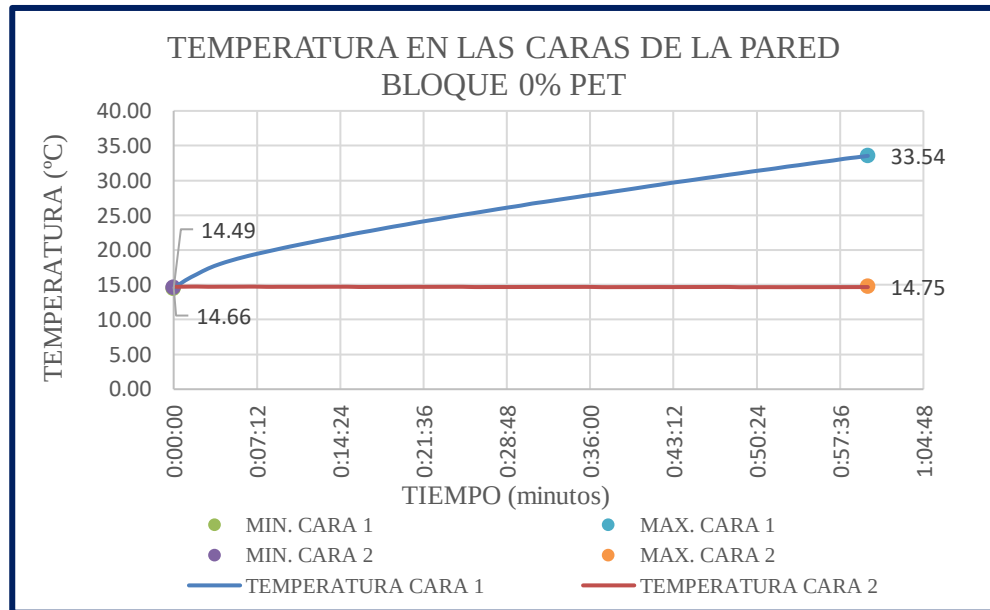
#### a) Obtención de datos de ensayo térmico

##### ▪ Bloque de adobe más 0% PET

Ver resultados del ensayo en el anexo B – B1

El gráfico 17 muestra el valor de la temperatura en °C de las caras del muro de adobe con 0% PET.

**GRÁFICO 17:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 0% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 18.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 0% PET

|          | Cara 1 | Cara 2 |
|----------|--------|--------|
| MÁXIMO   | 33.54  | 14.75  |
| MÍNIMO   | 14.49  | 14.66  |
| PROMEDIO | 25.89  | 14.70  |

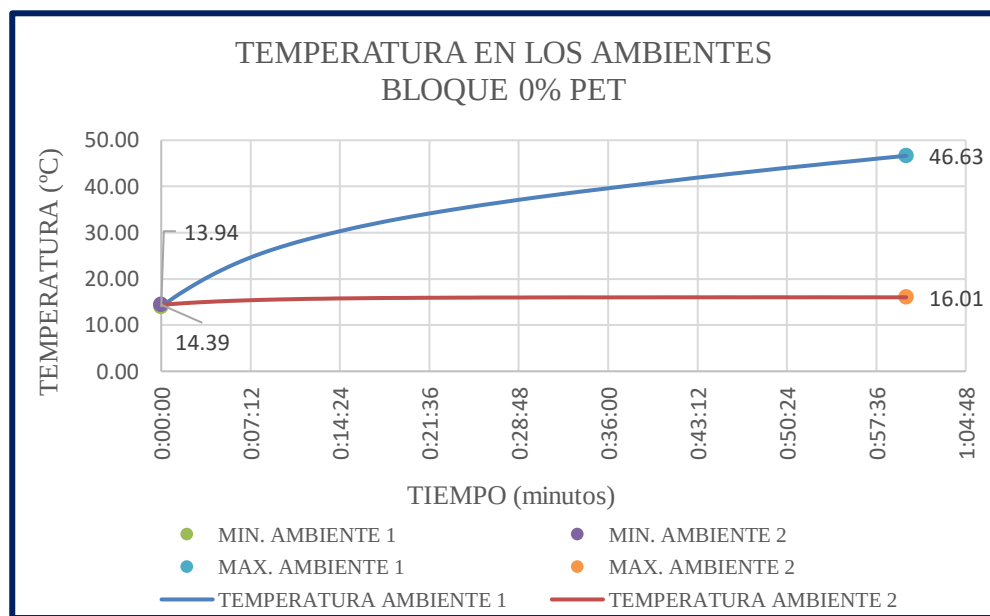
**Fuente:** Fernando Robalino



En relación a la cara 1 del muro, se puede establecer que la temperatura tiene valores entre 14.49 °C y 33.54 °C, mientras que, en la cara 2 del muro, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 14.66 °C y 14.75 °C.

El gráfico 18 muestra el valor de la temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 0% PET.

**GRÁFICO 18:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 0% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 19.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 0% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 46.63      | 16.02      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 13.94      | 14.39      |
| <b>PROMEDIO</b> | 35.69      | 15.80      |

**Fuente:** Fernando Robalino

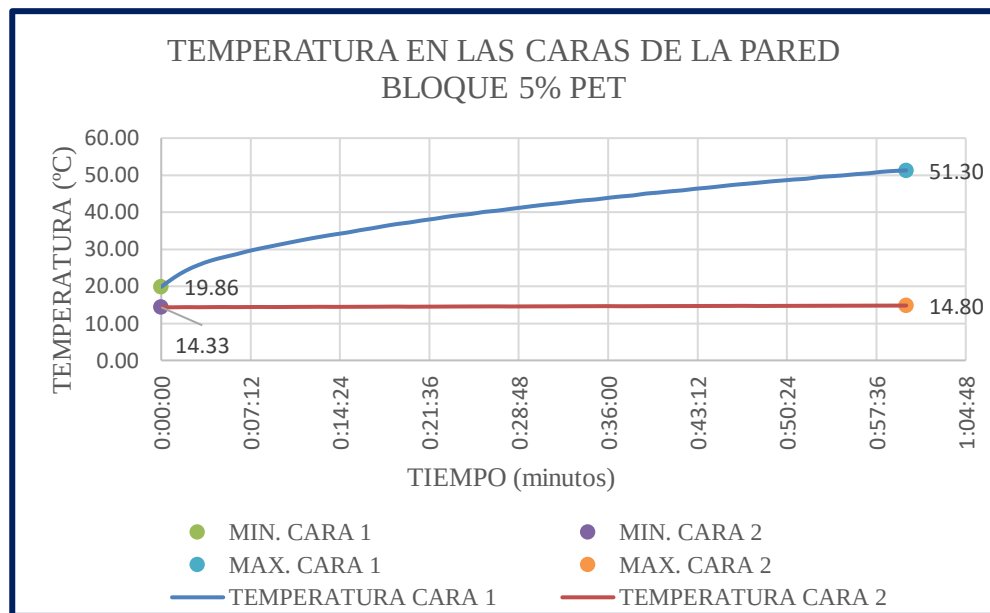
En el ambiente 1 de la cámara de ensayo, se puede establecer que la temperatura tiene valores entre 13.94 °C y 46.63 °C, mientras que, en el ambiente 2, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 14.39 °C y 16.01 °C.

▪ **Ensayo - Bloque de adobe más 5% PET**

Ver resultados del ensayo en el anexo B – B2.

El gráfico 19 muestra el valor de la temperatura en °C de las caras del muro de adobe con 5% PET.

**GRÁFICO 19:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 5% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 20.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 5% PET

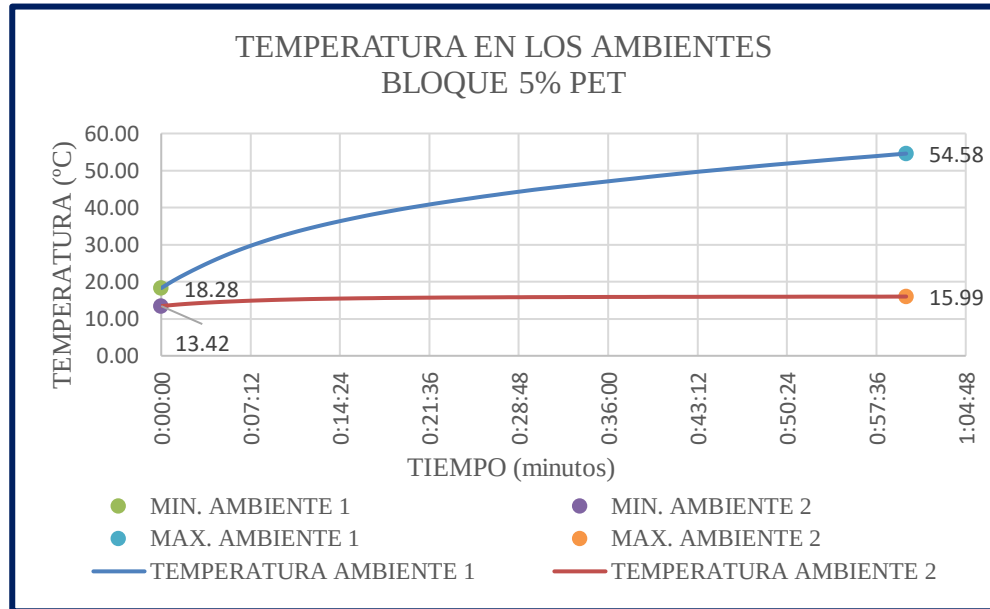
|                 | Cara 1 | Cara 2 |
|-----------------|--------|--------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 51.30  | 14.80  |
| <b>MÍNIMO</b>   | 19.86  | 14.33  |
| <b>PROMEDIO</b> | 40.21  | 14.58  |

**Fuente:** Fernando Robalino

En relación a la cara 1 del muro, se puede establecer que la temperatura tiene valores fluctuantes entre 19.86 °C y 51.30 °C, mientras que, en la cara 2 del muro, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 14.33 °C y 14.80 °C.

El gráfico 20 muestra el valor de la temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 5% PET.

**GRÁFICO 20:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 5% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 21.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 5% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 54.58      | 15.99      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 18.28      | 13.42      |
| <b>PROMEDIO</b> | 42.50      | 15.56      |

**Fuente:** Fernando Robalino

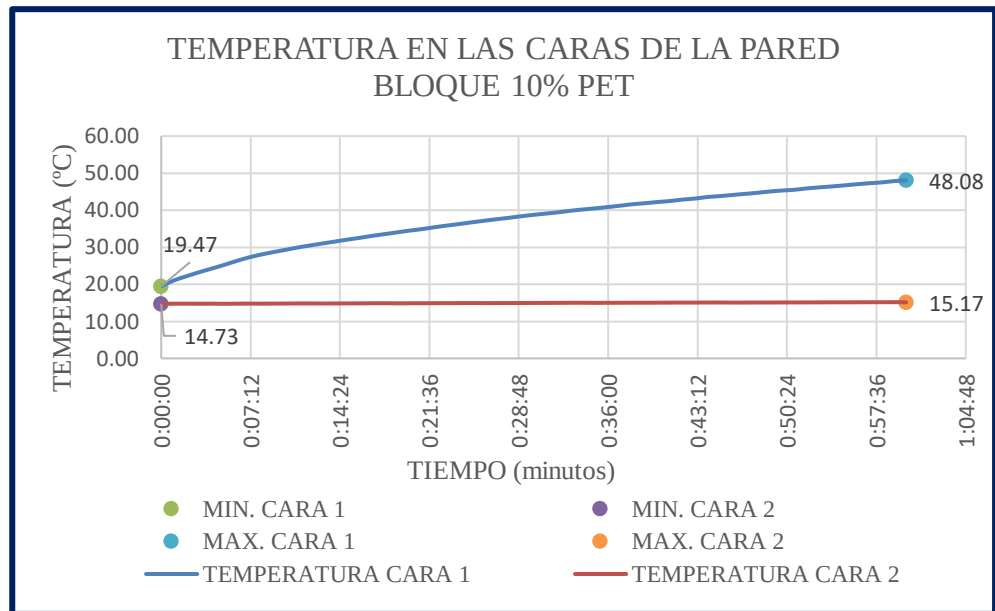
En relación al ambiente 1 de la cámara de ensayo, se puede establecer que la temperatura tiene valores entre 18.28 °C y 54.58 °C, y en el ambiente 2, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 13.42 °C y 15.99 °C.

▪ **Ensayo - Bloque de adobe más 10% PET**

Ver resultados del ensayo en el anexo B – B3.

El gráfico 21 muestra el valor de la temperatura en °C de las caras del muro de adobe con 10% PET.

**GRÁFICO 21:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 10% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 22.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 10% PET

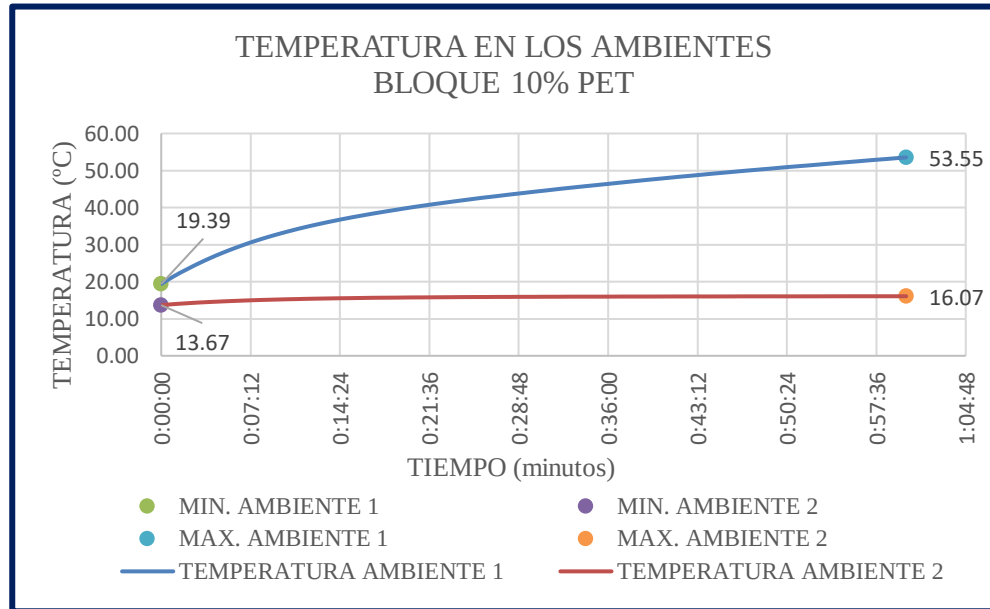
|                 | Cara 1 | Cara 2 |
|-----------------|--------|--------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 48.08  | 15.17  |
| <b>MÍNIMO</b>   | 19.47  | 14.73  |
| <b>PROMEDIO</b> | 37.39  | 14.96  |

**Fuente:** Fernando Robalino

En relación a la cara 1 del muro, se puede establecer que la temperatura tiene valores fluctuantes entre 19.47 °C y 48.08 °C, mientras que, en la cara 2 del muro, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 14.73 °C y 15.17 °C.

El gráfico 22 muestra el valor de la temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 5% PET.

**GRÁFICO 22:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 10% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 23.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 10% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 53.55      | 16.07      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 19.39      | 13.67      |
| <b>PROMEDIO</b> | 42.26      | 15.66      |

**Fuente:** Fernando Robalino

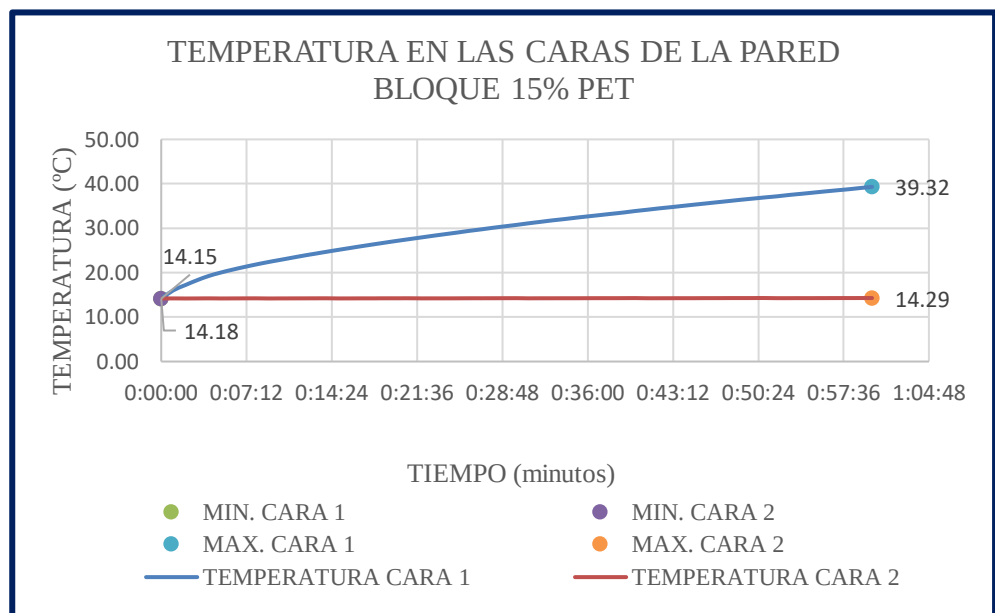
En relación al ambiente 1 de la cámara de ensayo, se puede establecer que la temperatura tiene valores entre 19.39 °C y 53.55 °C, mientras que, en el ambiente 2, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 13.67 °C y 16.07 °C.

▪ **Ensayo - Bloque de adobe más 15% PET**

Ver resultados del ensayo en el anexo B– B4.

El gráfico 22 muestra los valores de temperatura en °C de las caras de panel en los dos períodos de tiempo.

**GRÁFICO 22:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de las caras 1 y 2 del bloque de adobe más 15% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 24.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de las caras 1 y 2 del muro de adobe más 15% PET

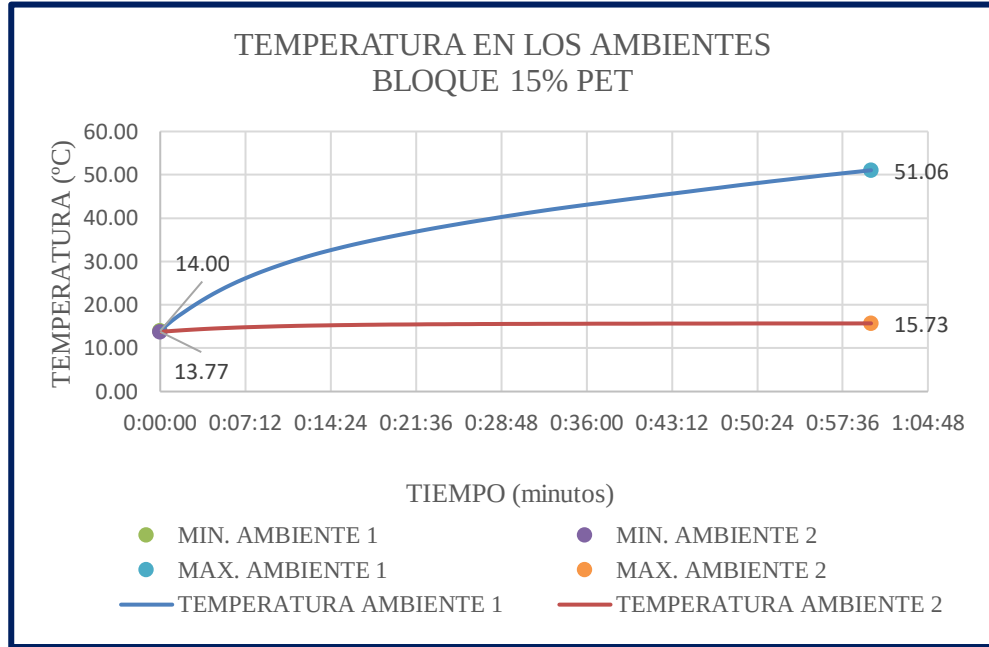
|                 | Cara 1 | Cara 2 |
|-----------------|--------|--------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 39.32  | 14.29  |
| <b>MÍNIMO</b>   | 14.15  | 14.18  |
| <b>PROMEDIO</b> | 29.83  | 14.24  |

**Fuente:** Fernando Robalino

En relación a la cara 1 del muro, se puede establecer que la temperatura tiene valores fluctuantes entre 14.15 °C y 39.32 °C, mientras que, en la cara 2 del muro, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 14.18 °C y 14.29 °C.

El gráfico 23 muestra el valor de la temperatura ambiente en °C en los dos períodos de tiempo.

**GRÁFICO 23:** Temperatura (°C) vs Tiempo (minutos) de los ambientes 1 y 2 del bloque de adobe más 15% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 25.** Valores máximos y mínimos de temperatura en °C de los ambientes 1 y 2 del muro de adobe más 15% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 51.06      | 15.73      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 14.00      | 13.77      |
| <b>PROMEDIO</b> | 38.67      | 15.39      |

**Fuente:** Fernando Robalino

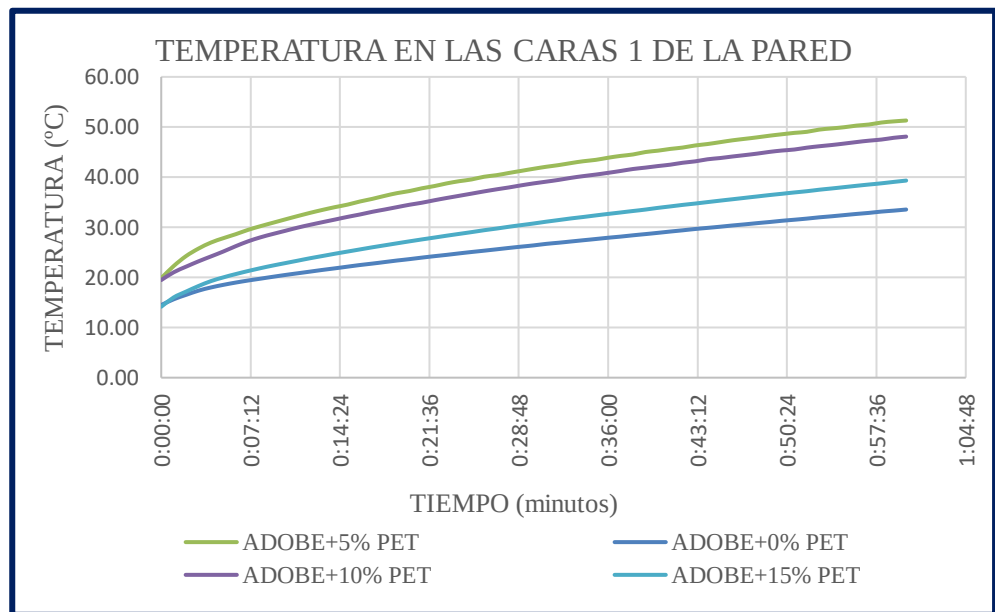
Refiriéndose al ambiente 1 de la cámara de ensayo, se puede establecer que la temperatura tiene valores entre 14.0 °C y 51.06 °C, mientras que, en el ambiente 2, se puede definir que tiene un rango de temperatura entre 13.77 °C y 15.73 °C.

## b) Resultados y discusión de ensayo térmico

### ▪ Análisis de temperatura en las caras de los muros ensayados

A continuación, en el gráfico 24 expresa la temperatura de los muros en (°C) en función del tiempo (minutos) de las caras expuestas a la fuente emisora de calor, tomando en cuenta sus correspondientes porcentajes de PET adicionado.

**GRÁFICO 24:** Temperatura de muros (°C) vs Tiempo (minutos) en la cara 1



**Fuente:** Fernando Robalino

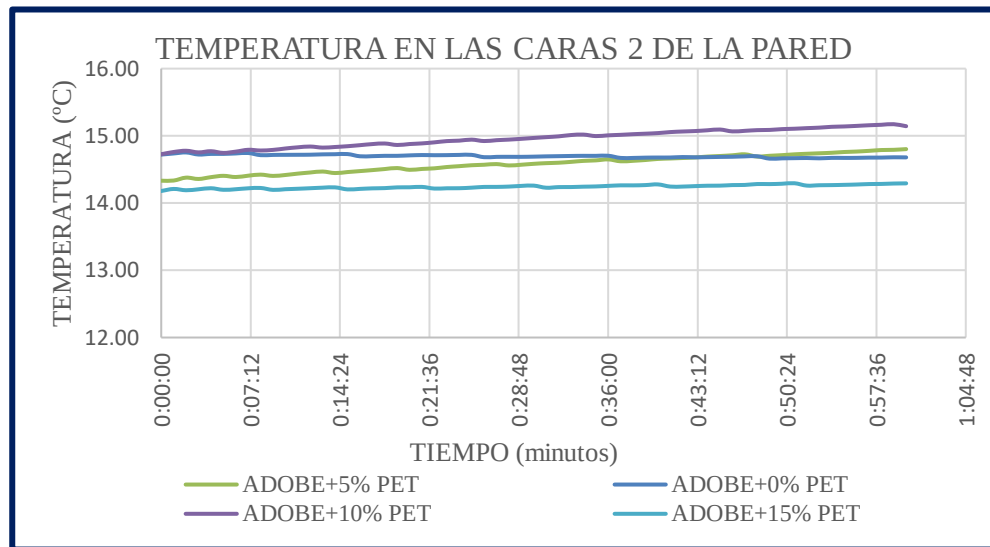
### Interpretación:

Se puede apreciar que el muro elaborado con 5% de PET experimenta el mayor valor de conductividad térmica, Sin embargo, el panel que no contiene PET tiene la mayor resistencia térmica.

En el gráfico 25 se expresa la temperatura de los muros de adobe (°C) en función del tiempo (minutos) de las caras opuestas a la fuente emisora de calor, tomando en cuenta sus correspondientes porcentajes de PET adicionado.



**GRÁFICO 25:** Temperatura de muros (°C) vs Tiempo (minutos) en la cara 2



**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Se puede apreciar, que el mayor valor de temperatura es la obtenida en el muro con 10% de PET, sin embargo, los demás valores están muy cercanos y no difieren entre los mismos en gran magnitud. Además, se debe tener en cuenta que los valores se ven afectados por la temperatura ambiente registrada en el día del ensayo.

A continuación, la tabla 26, presenta un cuadro resumen de temperatura de las caras de los muros de adobe.

**Tabla 26.** Resumen de valores de temperatura en las caras 1 y 2 de los muros ensayados

|               | Tipo            | T. máx<br>°C | T. mín<br>°C | T. Prom<br>°C | Min-Max<br>°C | Aislación<br>°C | $\lambda$<br>w/m °K. |
|---------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------|
| <b>CARA 1</b> | ADOBE + 0% PET  | 33.54        | 14.49        | 25.89         | 19.04         | 18.78           | 0.57                 |
|               | ADOBE + 5% PET  | 51.30        | 19.86        | 40.21         | 31.44         | 36.49           | 0.54                 |
|               | ADOBE + 10% PET | 48.08        | 19.47        | 37.39         | 28.61         | 32.91           | 0.55                 |
|               | ADOBE + 15% PET | 39.32        | 14.15        | 29.83         | 25.16         | 25.02           | 0.56                 |
| <b>CARA 2</b> | ADOBE + 0% PET  | 14.75        | 14.66        | 14.70         | 0.09          |                 |                      |
|               | ADOBE + 5% PET  | 14.80        | 14.33        | 14.58         | 0.47          |                 |                      |
|               | ADOBE + 10% PET | 15.17        | 14.73        | 14.96         | 0.45          |                 |                      |
|               | ADOBE + 15% PET | 14.29        | 14.18        | 14.24         | 0.12          |                 |                      |

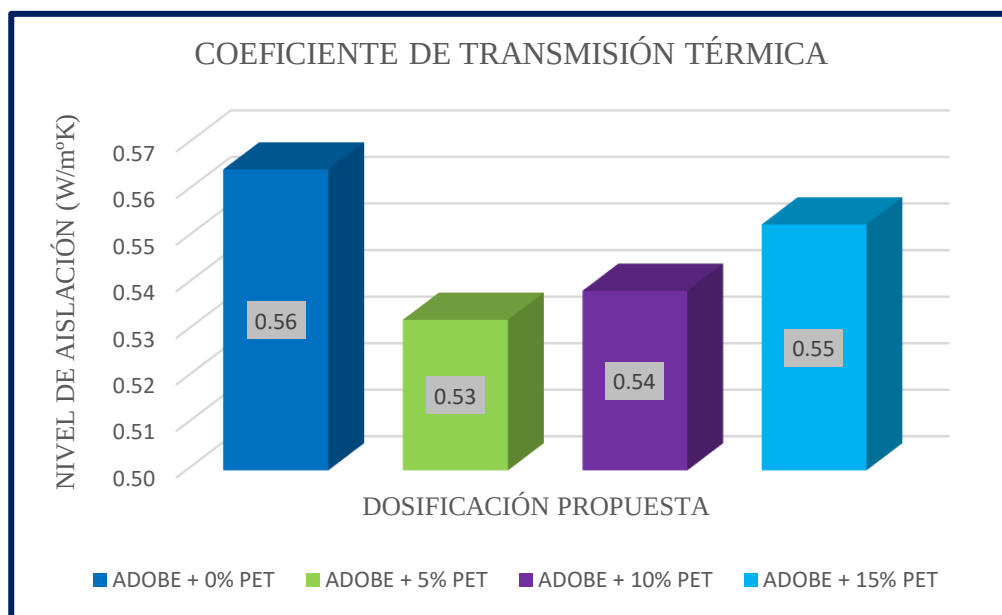
**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Al realizar la diferencia entre los estados máximos y mínimos de temperatura del bloque de adobe más 5% PET, se puede establecer que existe un aumento de 31.44 °C, mientras que en la cara opuesta el valor es notablemente bajo, obteniendo 0.47 °C. La aislación entre cara y cara producida por esta muestra es de 36.49 °C, con lo cual se obtiene un coeficiente de conductividad térmica aparente de  $\lambda = 0.54 \text{ W/m K}$ .

A continuación, en el gráfico 26 se muestra la variación del coeficiente de conductividad térmica en función a la cantidad de plástico triturado PET añadido a las muestras de adobe.

**GRÁFICO 26:** Coeficiente de transmisión térmica (W/m²K) vs % PET



**Fuente:** Fernando Robalino

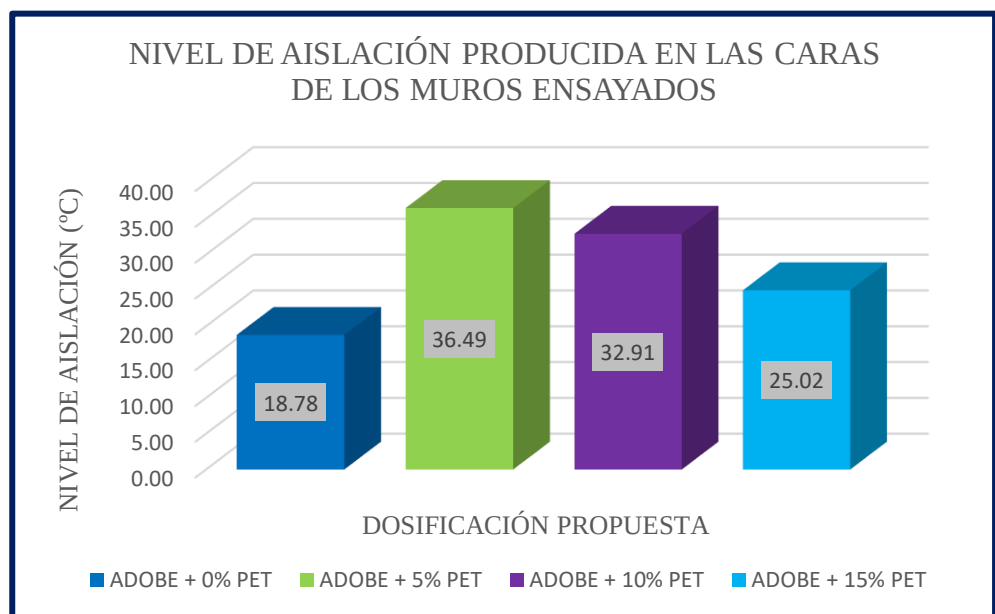
### Interpretación:

Se puede evidenciar que el nivel de plástico triturado PET con el 5% en volumen del total de la muestra de adobe, mantiene un coeficiente de conductividad térmica menor a las demás combinaciones propuestas, puesto que se reduce en un 5.35% en comparación al bloque básico que no contiene PET. Por lo que se

puede afirmar que esta combinación propuesta en la investigación permite un aislamiento térmico más elevado en relación a las demás combinaciones, lo cual es aceptable para zonas de elevada temperatura.

A continuación, mediante el gráfico 27 se realiza la discusión de la diferencia de temperatura entre las caras del muro de adobe en función a los diferentes porcentajes de PET.

**GRÁFICO 27:** Nivel de aislación (°C) en las caras del muro vs % PET



**Fuente:** Fernando Robalino

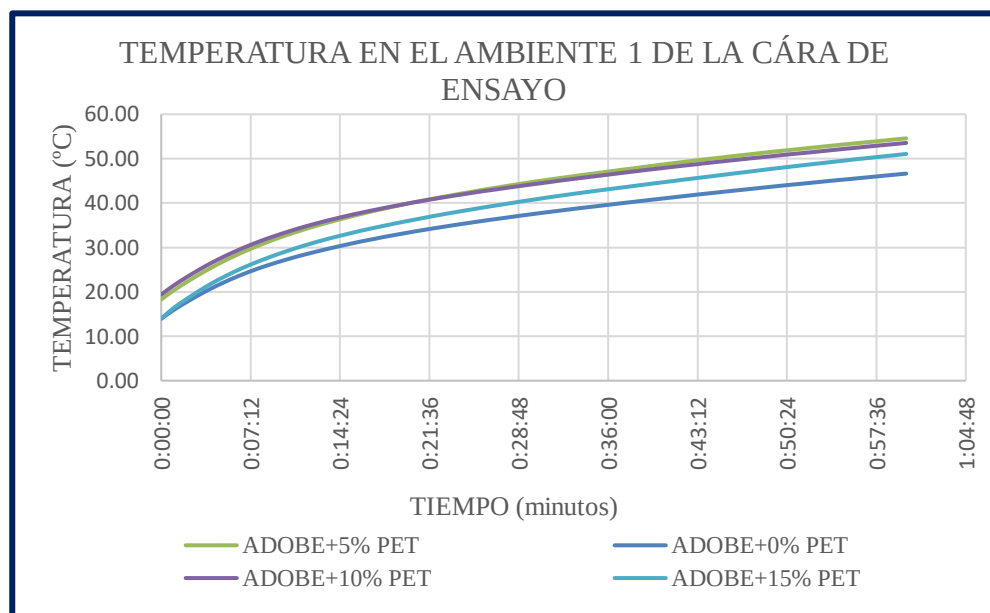
### **Interpretación:**

Se puede precisar claramente la variación de temperatura entre las caras de los muros ensayados, obteniendo la mejor aislación de temperatura con el bloque de adobe más el 5% de material PET con un valor de 36.49 °C. Se puede reflejar que existe un gran incremento de aislación de un 48.53% en comparación con el bloque que no contiene PET

- **Análisis de temperatura ambiente en la cámara de ensayo con los muros ensayados**

A continuación, en el gráfico 28 se expresa la temperatura ambiente (°C) en función del tiempo (minutos) del ambiente expuesto a la fuente emisora de calor, de los diferentes paneles con sus correspondientes porcentajes de PET adicionado.

**GRÁFICO 28:** Temperatura ambiente 1 (°C) vs Tiempo (minutos)



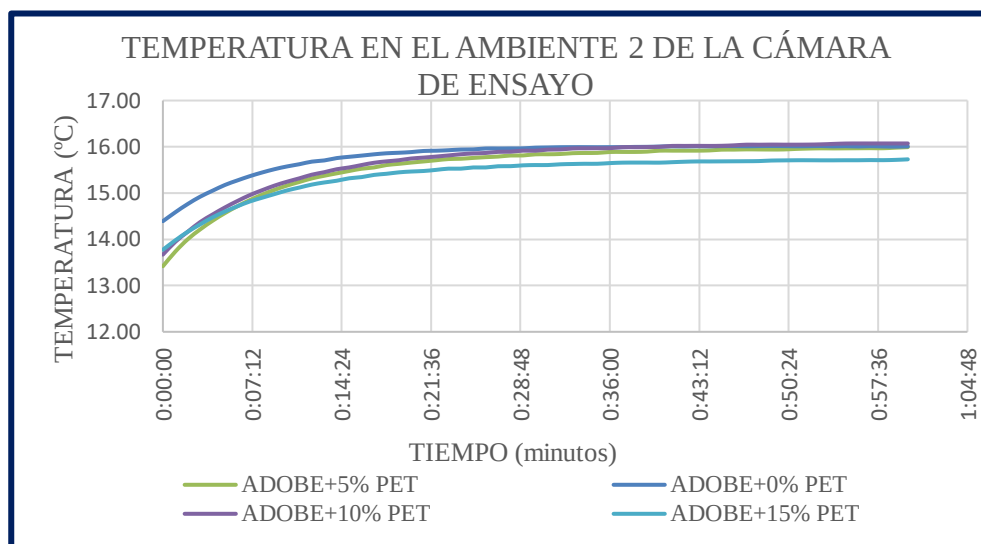
**Fuente:** Fernando Robalino

**Interpretación:**

Se aprecia, que el ambiente compuesto con el muro elaborado con bloques de adobe más 5% de PET experimenta el mayor valor de transmitancia térmica.

A continuación, en el gráfico 29 se expresa la temperatura (°C) en función del tiempo (minutos) del ambiente opuesto a la fuente emisora de calor, de los diferentes paneles con sus correspondientes porcentajes de PET adicionado.

**GRÁFICO 29:** Temperatura ambiente (°C) vs Tiempo (minutos) cámara 2



**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Se puede apreciar que el ambiente compuesto con el muro elaborado con bloques de adobe más 10% de PET presenta el mayor valor de temperatura, sin embargo, los demás valores están muy cercanos y no difieren entre los mismos en gran magnitud, sin embargo, los demás valores no difieren en gran magnitud ya que, se ven afectados por la temperatura exterior presente en el día del ensayo.

A continuación, en la tabla 27 se realiza un resumen de temperatura de los ambientes 1 y 2 de la cámara de ensayo con los paneles de adobe elaborados.

**Tabla 27.** Resumen de valores de temperatura ambientes 1 y 2 de los muros ensayados

|                   | Tipo            | T. máx | T. mín | T. Prom | Min-Max | Aislación |
|-------------------|-----------------|--------|--------|---------|---------|-----------|
|                   |                 | °C     | °C     | °C      | °C      | °C        |
| <b>AMBIENTE 1</b> | ADOBE + 0% PET  | 46.63  | 13.94  | 35.69   | 32.69   | 30.62     |
|                   | ADOBE + 5% PET  | 54.58  | 18.28  | 42.50   | 36.29   | 38.59     |
|                   | ADOBE + 10% PET | 53.55  | 19.39  | 42.26   | 34.15   | 37.47     |
|                   | ADOBE + 15% PET | 51.06  | 14.00  | 38.67   | 37.06   | 35.33     |
| <b>AMBIENTE 2</b> | ADOBE + 0% PET  | 16.02  | 14.39  | 15.80   | 1.63    |           |
|                   | ADOBE + 5% PET  | 15.99  | 13.42  | 15.56   | 2.57    |           |
|                   | ADOBE + 10% PET | 16.07  | 13.67  | 15.66   | 2.40    |           |
|                   | ADOBE + 15% PET | 15.73  | 13.77  | 15.39   | 1.95    |           |

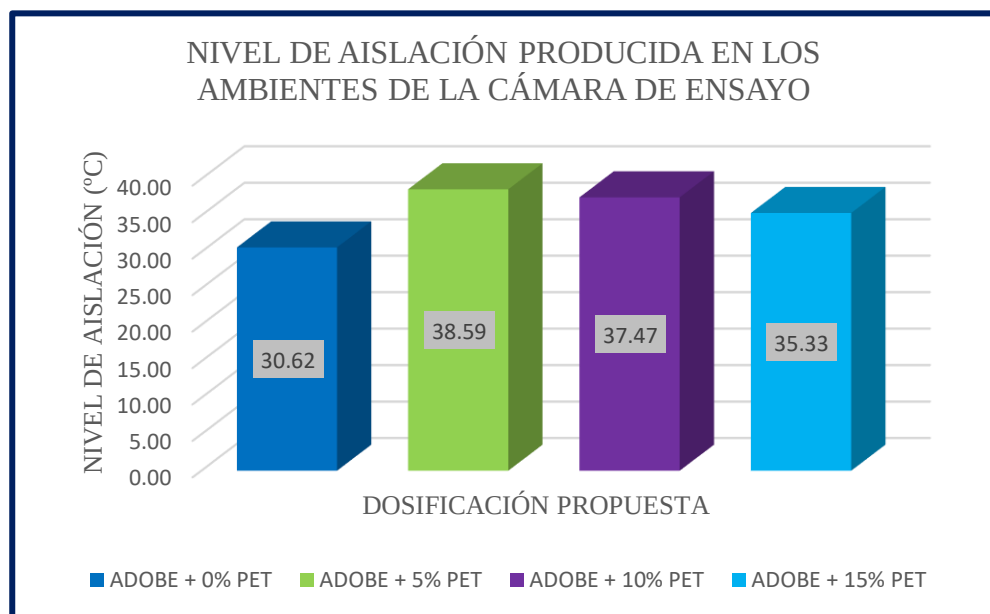
**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Realizando la diferencia entre los estados máximos y mínimos de temperatura en los ambientes separados por el bloque más 10% PET, se puede establecer que existe un aumento de 36.29 °C, mientras que en la cara opuesta el valor es bajo, obteniendo 2.57 °C. La aislación entre los ambientes producida por esta muestra es de 38.59 °C.

A continuación, mediante el gráfico 30 se realiza la discusión de la diferencia de temperatura entre los ambientes de la cámara de ensayo.

**GRÁFICO 30:** Nivel de aislación (°C) en los ambientes vs % PET



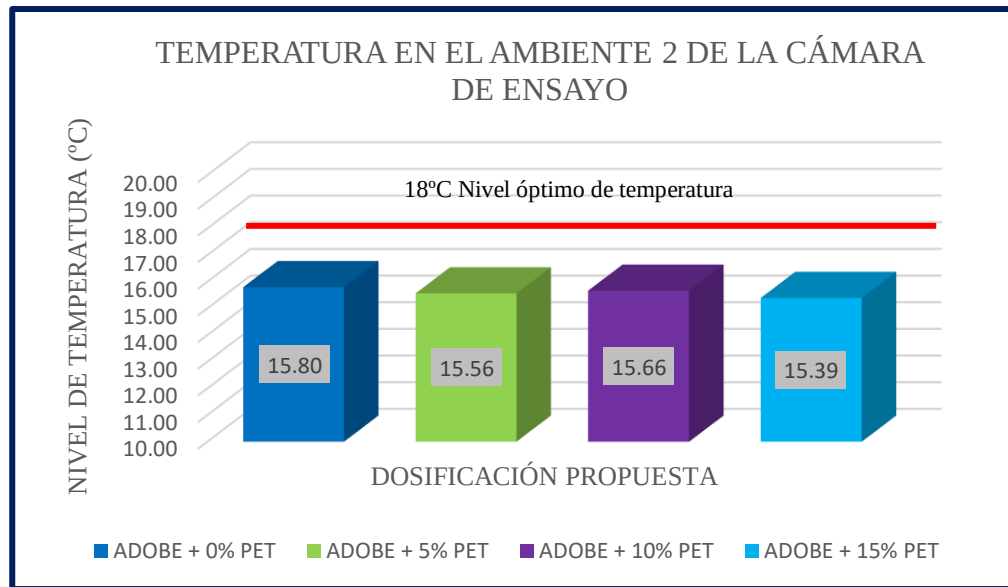
**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Se precisa la variación de temperatura entre los ambientes de la cara de ensayo y se puede establecer que la mejor aislación de temperatura se produce con el bloque de adobe más el 5% de material PET con un valor de 38.59 °C. Por lo cual se puede determinar que existe un incremento de aislación de un 20.66 %, en comparación con los bloques que no contienen PET

El gráfico 31 muestra el valor de temperatura registrado en el ambiente 2, con el fin de describir la temperatura óptima de confort térmico.

**GRÁFICO 31:** Nivel de Temperatura de (°C) en el ambiente 2 vs % PET



**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

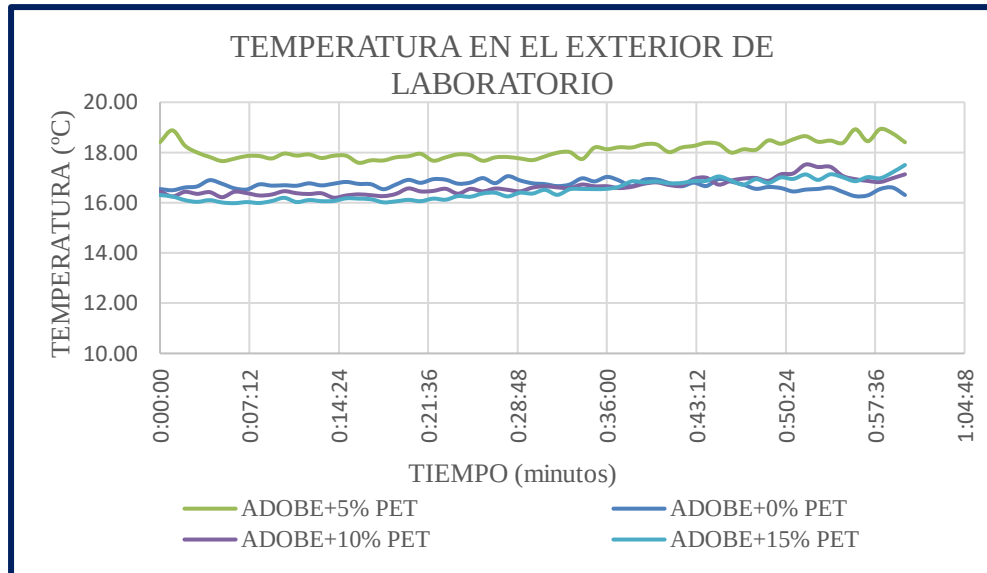
Como se puede evidenciar los valores de temperatura registrada en la cámara dos de ensayo son aproximadamente de 15°C, por lo cual se puede afirmar que los niveles de temperatura en el ambiente 2 son menores al nivel de temperatura óptima para confort térmico descrito según la norma NEC 2011 en su capítulo de eficiencia energética, el cual se define en un rango de 18 – 20 °C [14], por lo que se registra un 12% aproximadamente de temperatura necesaria para cubrir esta disposición.

Si se observan los datos en el gráfico 31 se muestra que no existe una gran diferencia entre la temperatura del ambiente 2 en los ensayos con las diferentes combinaciones propuestas, con esto refleja que las combinaciones propuestas mantienen una buena aislación de temperatura.

## ▪ Análisis de temperatura exterior

A continuación, en el gráfico 32 se expresa la temperatura exterior en (°C) en función del tiempo (minutos), de todos los ensayos realizados.

**GRÁFICO 32:** Temperatura exterior (°C) vs Tiempo (minutos)



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 28.** Resumen de valores máximos y mínimos de temperatura exterior

|                 | 0% PET | 5% PET | 10% PET | 15% PET |
|-----------------|--------|--------|---------|---------|
|                 | °C     | °C     | °C      | °C      |
| <b>Máximo</b>   | 17.09  | 19.23  | 17.79   | 17.79   |
| <b>Mínimo</b>   | 16.11  | 17.82  | 16.63   | 16.68   |
| <b>Promedio</b> | 16.60  | 18.44  | 17.15   | 17.15   |

**Fuente:** Fuente: Fernando Robalino

Se establece que la temperatura exterior mínima registrada en todos los ensayos elaborados es de 16.11 °C, mientras que la temperatura máxima es de 19.23 °C, que se da en el ensayo con el panel de 5% de material PET.

## c) Comparación de resultados de ensayo térmico

La tabla 29, muestra una comparación de los resultados obtenidos y de la bibliografía investigada.



**Tabla 29.** Comparación de resultados de ensayo térmico en función de los resultados obtenidos y bibliografía consultada.

| Comparación                                                                                         | Unidad | Adobe + 0% PET | Adobe + 5% PET | Adobe + 10% PET | Adobe + 15% PET |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Coeficiente de conductividad térmica aparente de las combinaciones propuestas en esta investigación | w/m K  | 0.57           | 0.54           | 0.55            | 0.56            |
| Coeficiente de conductividad térmica aparente [29]                                                  | w/m K  | 0.90           |                |                 |                 |
| Coeficiente de conductividad térmica aparente [13]                                                  | w/m K  | 0.15           |                |                 |                 |

**Fuente:** Fernando Robalino

### **Interpretación:**

Comparando los valores del coeficiente de conductividad térmica, que se refiere a la cantidad de calor que pasa a través de un material por unidad de tiempo, se tiene que el bloque de adobe propuesto con un 5% de PET, tiene el menor valor de coeficiente que es 0.54 W/m \* K, por lo que, se puede establecer que esta dosificación es óptima para establecer un buen aislamiento térmico, ya que atraviesa un menor valor de calor en el paso del tiempo.

Así mismo la norma NCh 853 – 2007 Acondicionamiento térmico [29] establece el valor del coeficiente de conductividad térmica del adobe, que es 0.90 w/m \* k, se puede precisar que es un valor elevado al compararlo con los resultados del adobe tradicional, que es de 0.57 w/m \* k, implicando que el adobe de la provincia de Tungurahua presenta una mayor cantidad de aislación térmica.

El estudio realizado por Rosana Gaggino con el tema de “Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción” [13], establece un valor de coeficiente de conductividad térmica de 0.15 w/m \* k, refiriéndose a mampostería de ladrillos de PET. Por lo cual se precisa decir que el PET es un material que evita el paso del calor.

### 3.1.6. Ensayo acústico

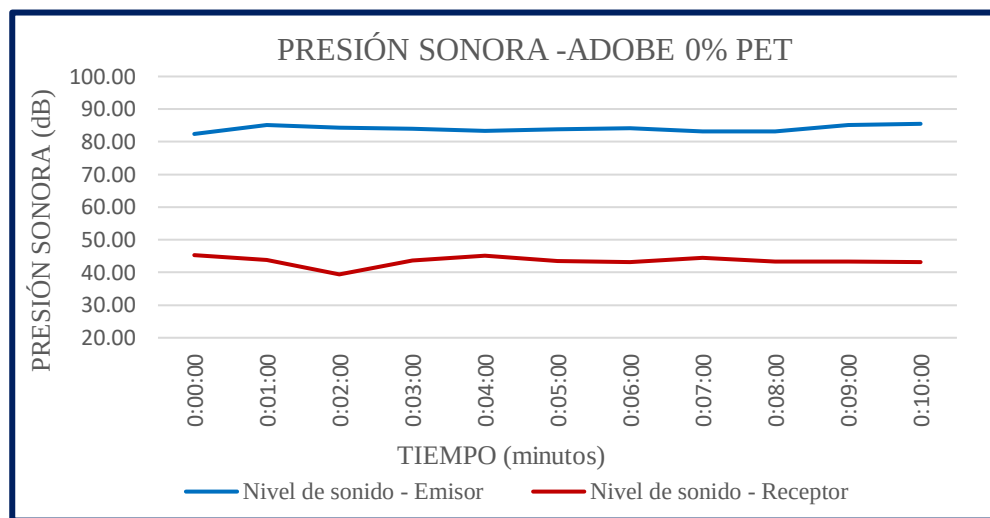
#### a) Obtención de datos de ensayo acústico

Los datos obtenidos del ensayo acústico con los diferentes porcentajes de PET se presentan en el anexo C.

##### ▪ Bloque de adobe más 0% PET

El gráfico 33 muestra el valor de la presión sonora en dBA de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 0% PET.

**GRÁFICO 33:** Presión sonora (dBA) vs Tiempo (minutos) de bloque de adobe más 0% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 30.** Valores máximos y mínimos en dBA de presión sonora de muro más 0% PET

|          | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|----------|------------|------------|
| MÁXIMO   | 85.00      | 48.00      |
| MÍNIMO   | 82.00      | 45.10      |
| PROMEDIO | 83.65      | 46.32      |

**Fuente:** Fernando Robalino

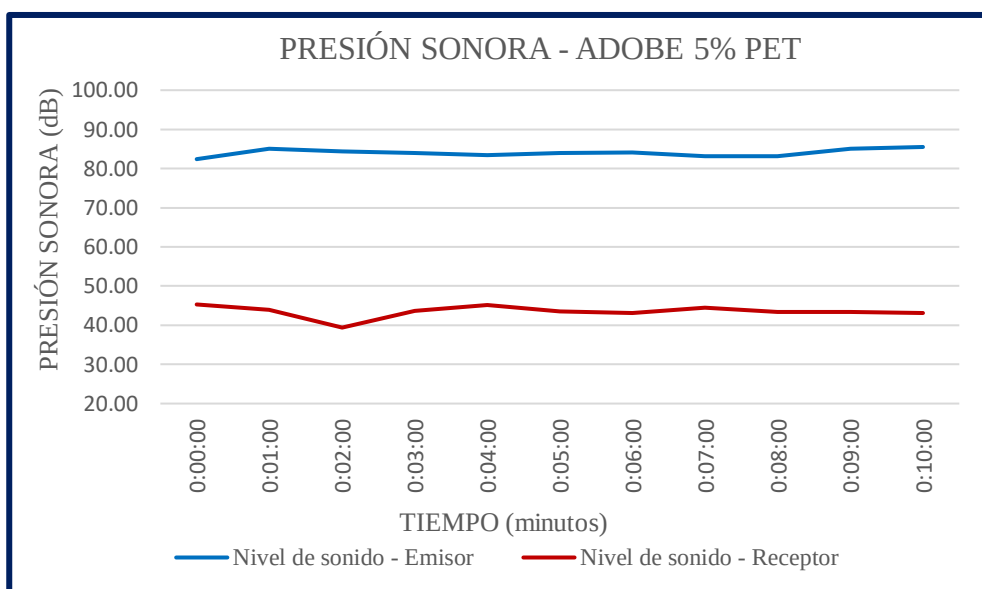
Los valores de presión sonora en el ambiente en contacto directo con la fuente de sonido (emisor), están en el rango de 82.00 dBA a 85.00 dBA, mientras que el ambiente opuesto (receptor) se encuentra entre 45.10 dBA a 48.00 dBA. El

promedio para esta muestra en el ambiente 1 fue de 83.65 dBA, y en el ambiente 2 es de 46.32 dBA.

▪ **Bloque de adobe más 5% PET**

El gráfico 34 muestra el valor de la presión sonora en dBA de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 5% PET.

**GRÁFICO 34:** Presión sonora (dBA) vs Tiempo (minutos) de bloque de adobe más 5% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 31.** Valores máximos y mínimos en dBA de presión sonora de muro más 5% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 85.50      | 45.30      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 82.40      | 39.40      |
| <b>PROMEDIO</b> | 84.01      | 43.49      |

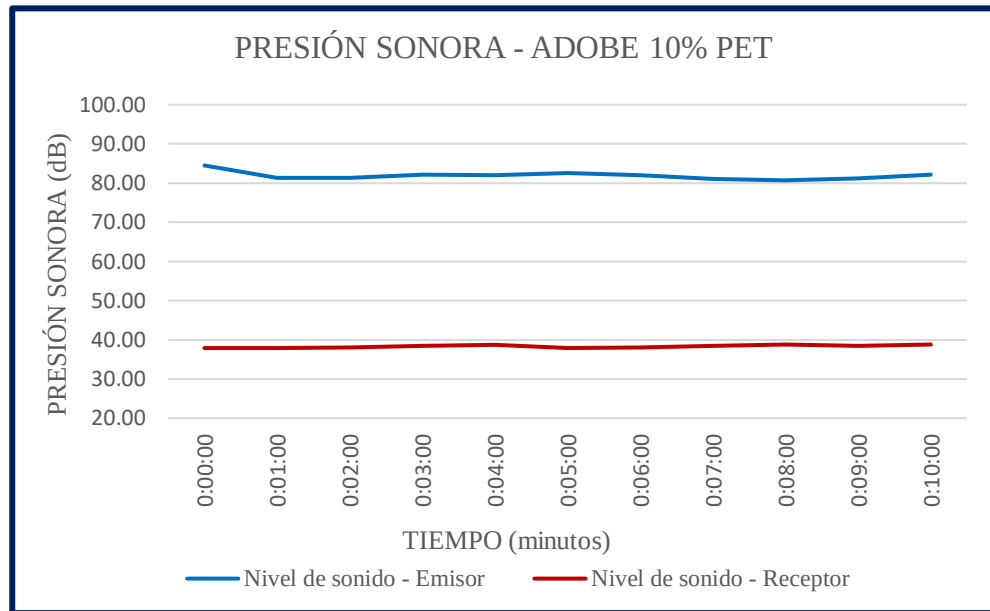
**Fuente:** Fernando Robalino

Los valores de presión sonora en el ambiente en contacto directo con la fuente de sonido (emisor), están en el rango de 82.40 dBA a 85.50 dBA, mientras que el ambiente opuesto (receptor) se encuentra entre 39.40 dBA a 45.30 dBA. El promedio para esta muestra en el ambiente 1 fue de 84.01 dBA, y en el ambiente 2 es de 43.49 dBA.

- **Bloque de adobe más 10% PET**

El gráfico 35 muestra el valor de la presión sonora en dBA de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 10% PET.

**GRÁFICO 35:** Presión sonora (dBA) vs Tiempo (minutos) de bloque de adobe más 10% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 32.** Valores máximos y mínimos en dBA de presión sonora de muro más 10% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 84.50      | 38.80      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 80.70      | 37.90      |
| <b>PROMEDIO</b> | 81.91      | 38.34      |

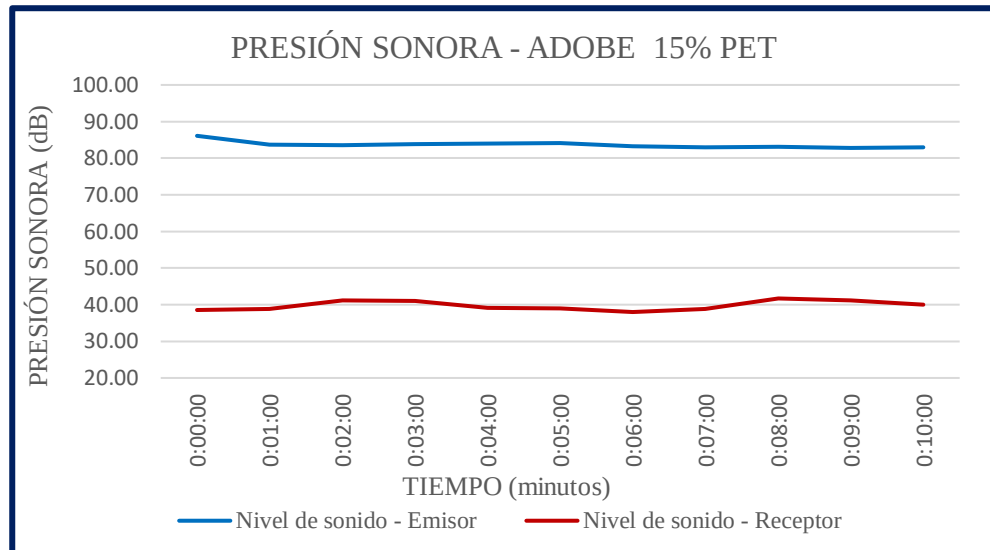
**Fuente:** Fernando Robalino

Los valores de presión sonora en el ambiente en contacto directo con la fuente de sonido (emisor), están en el rango de 80.70 dBA a 84.50 dBA, mientras que el ambiente opuesto (receptor) se encuentra entre 37.90 dBA a 38.80 dBA. El promedio para esta muestra en el ambiente 1 fue de 81.91 dBA, y en el ambiente 2 es de 38.34 dBA.

- **Bloque de adobe más 15% PET**

El gráfico 36 muestra el valor de la presión sonora en dBA de los ambientes 1 y 2 en la cámara de ensayo con el muro de adobe con 0% PET.

**GRÁFICO 36:** Presión sonora (dBA) vs Tiempo (minutos) de bloque de adobe más 15% PET



**Fuente:** Fernando Robalino

**Tabla 33.** Valores máximos y mínimos en dBA de presión sonora de muro más 15% PET

|                 | Ambiente 1 | Ambiente 2 |
|-----------------|------------|------------|
| <b>MÁXIMO</b>   | 86.10      | 41.70      |
| <b>MÍNIMO</b>   | 82.80      | 38.00      |
| <b>PROMEDIO</b> | 83.68      | 39.79      |

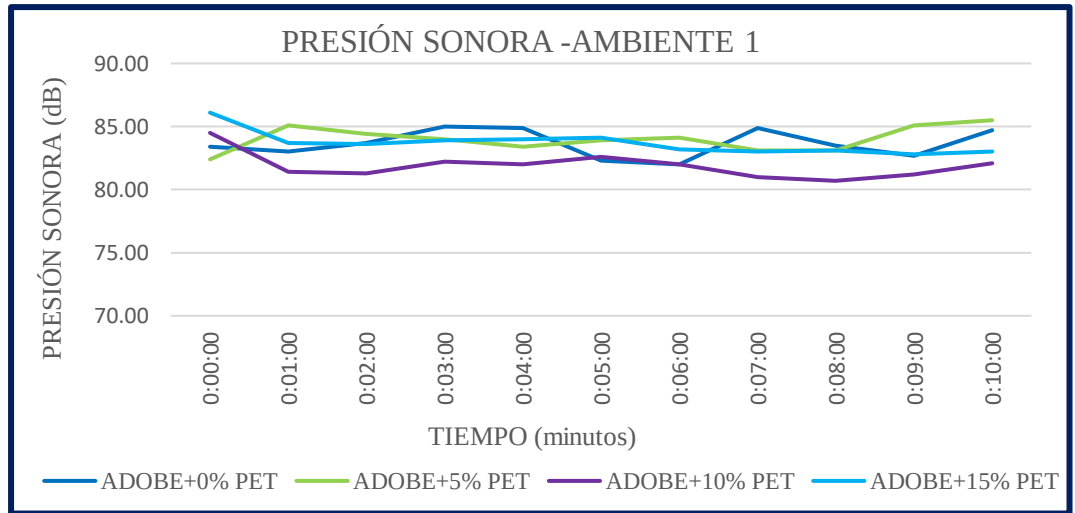
**Fuente:** Fernando Robalino

Los valores de presión sonora en el ambiente en contacto directo con la fuente de sonido (emisor), están en el rango de 82.80 dBA a 86.10 dBA, mientras que el ambiente opuesto (receptor) se encuentra entre 38.00 dBA a 41.70 dBA. EL promedio para esta muestra en el ambiente 1 fue de 83.68 dBA, y en el ambiente 2 es de 39.79 dBA

## b) Resultados y discusión de ensayo acústico

El gráfico 37 muestra la presión sonora en dBA del ambiente 1 (emisor), en función del tiempo de exposición a la fuente de sonido.

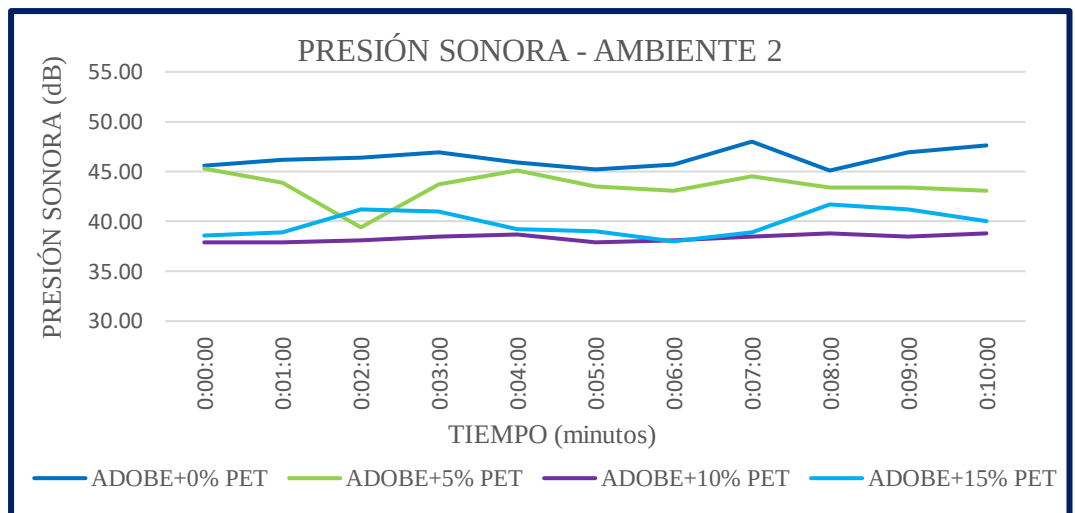
**GRÁFICO 37:** Presión sonora (dBA) vs Tiempo (minutos) de Ambiente 1 (emisor)



**Fuente:** Fernando Robalino

El gráfico 38 muestra la presión sonora en dBA del ambiente 2 (receptor), en función del tiempo de exposición a la fuente de sonido.

**GRÁFICO 38:** Presión sonora (dBA) vs Tiempo (minutos) de Ambiente 2 (receptor)



**Fuente:** Fernando Robalino

A continuación, la tabla 34 presenta un resumen de los valores de presión sonora en dBA, donde se establece la cantidad de aislación producida por cada una de las muestras de adobes.

**Tabla 34.** Resumen de valores de presión sonora en los ambientes 1 y 2 de los muros ensayados

|                  | 0% PET       |       | 5% PET       |       | 10% PET      |       | 15% PET      |       |
|------------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
|                  | E            | R     | E            | R     | E            | R     | E            | R     |
|                  | dBA          | dBA   | dBA          | dBA   | dBA          | dBA   | dBA          | dBA   |
| <b>Máximo</b>    | 85.00        | 48.00 | 85.50        | 45.30 | 84.50        | 38.80 | 86.10        | 41.70 |
| <b>Mínimo</b>    | 82.00        | 45.10 | 82.40        | 39.40 | 80.70        | 37.90 | 82.80        | 38.00 |
| <b>Promedio</b>  | 83.65        | 46.32 | 84.01        | 43.49 | 81.91        | 38.34 | 83.68        | 39.79 |
| <b>Max-Min</b>   | 3.00         | 2.90  | 3.10         | 5.90  | 3.80         | 0.90  | 3.30         | 3.70  |
| <b>Aislación</b> | <b>37.33</b> |       | <b>40.52</b> |       | <b>43.57</b> |       | <b>43.89</b> |       |

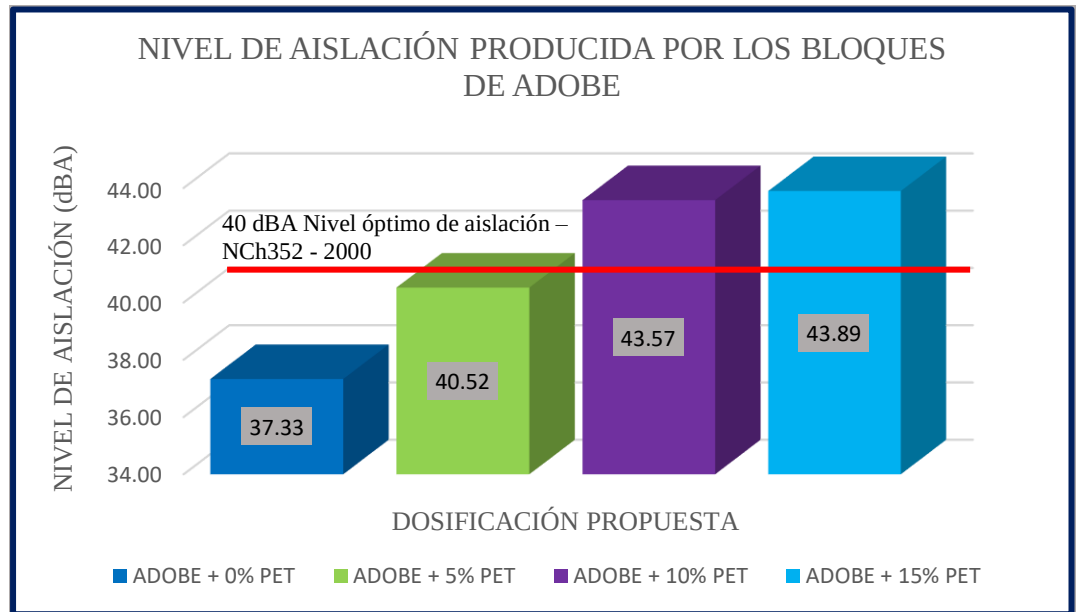
**Fuente:** Fernando Robalino

#### **Interpretación:**

El panel elaborado con 15% PET en el ambiente emisor, presenta un valor de presión sonora máxima de 86.10 dBA, y un valor mínimo de 82.80 dBA, el ambiente receptor, se tiene un valor de presión sonora máxima de 41.70 dBA, y un valor mínimo de 38.00 dBA, y realizando una diferencia entre los promedios, se tiene una aislación producida por el panel de 43.89 dBA.

A continuación, se presenta el gráfico 39, donde se muestra el nivel de aislación producida por el bloque de adobe, en función del porcentaje de PET adicionado comparándolo con el nivel de aislación mínima en construcciones habitacionales.

**GRÁFICO 39:** Nivel de aislación (dBA) de bloques de adobe ensayados



**Fuente:** Fernando Robalino

### **Interpretación:**

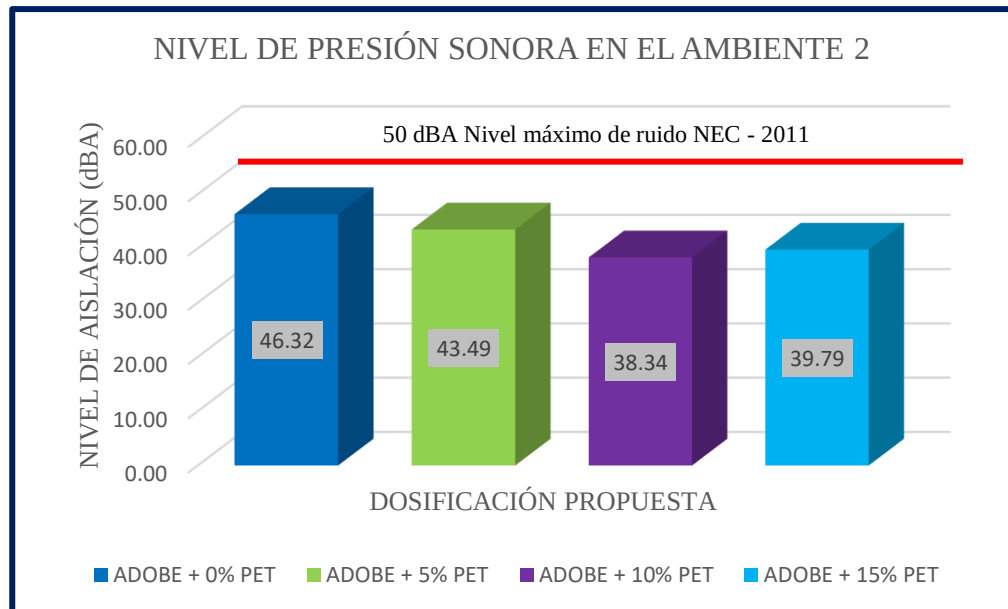
Se puede visualizar claramente, que el nivel de aislación producida por las muestras de adobe va aumentando conforme el porcentaje de PET adicionado se incrementa. Se tiene un valor máximo de 43.89 dBA, obtenido con el 15% de PET, que equivale a un 17.57% más en comparación a la aislación producida por los bloques que no contienen PET. Además, se puede precisar que la combinación con el 15% de material PET establece un 50.97% de aislación en relación al nivel máximo de sonido emitido por la fuente.

Se puede establecer, que el nivel de aislación va en aumento en función al incremento de PET, además de establecer que sobrepasa el nivel de aislación mínima que debe cumplir las construcciones habitacionales expuesta por la norma NCh 352 [15] en un 8.86%. Además, las tres combinaciones propuestas con material PET están por encima del nivel requerido de aislación mínima que es 40 dBA (ver tabla 2).



A continuación, se presenta el gráfico 40, donde se muestra el nivel de presión sonora en el ambiente 2, con el fin de comparar el nivel de sonido referente al acondicionamiento acústico.

**GRÁFICO 40:** Nivel de aislación (dBA) de bloques de adobe ensayados



**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Se puede precisar que el nivel de sonido que se registra en el ambiente 2 de la cámara de ensayo tiene valores inferiores en todas las combinaciones propuestas en esta investigación al que dicta la norma NEC 2011 en su capítulo de eficiencia energética [14], donde se especifica que, para actividades de vivienda, estudio, dormitorios, bibliotecas, hoteles, lugares de estar, se tiene un nivel de sonido máximo de 50 dBA, y para aulas de estudio de 55 dBA (ver tabla 1).

### c) Comparación de resultados de ensayo acústico

La tabla 35, muestra una comparación de los resultados obtenidos y de la bibliografía investigada.

**Tabla 35.** Comparación de resultados de ensayo acústico en función de los resultados obtenidos y bibliografía consultada.

| Comparación                                                 | Unidad | Adobe + 0% PET | Adobe + 5% PET | Adobe + 10% PET | Adobe + 15% PET |
|-------------------------------------------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Aislación producida en los ambientes de la cámara de ensayo | dBA    | 37.33          | 40.52          | 43.57           | 43.89           |
| Aislación ladrillo con PET reciclado e = 12 cm [13]         | dBA    | 20             |                |                 |                 |
| Umbral de audición [40]                                     | dBA    | 40             |                |                 |                 |

**Fuente:** Fernando Robalino

### **Interpretación:**

Se establece que en el bloque de adobe más 15% PET presenta un valor de 41.70 dBA, lo que es muy inferior al valor emitido por una conversación humana, y solamente 1.70 dBA en comparación al umbral de audición [40], que es el nivel mínimo para que un sonido logre ser percibido, lo que equivale a 6 veces menos al nivel de sonido emitido por un susurro.

El estudio realizado por Rosana Gaggino con el tema de “Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción” [13], manifiesta que el bloque de adobe con PET reciclado y un espesor de 12 cm, presenta una aislación de 20 dBA, valor que se puede comparar con el mampuesto elaborado en esta investigación ya que, el espesor de las probetas es de 20 cm y presenta un nivel de aislación de 43.89 dBA, es decir el doble de aislación con el doble de espesor de la probeta. Por ende, se identifica claramente que el nivel de aislación depende prácticamente de la cantidad de masa de la muestra. [11]

### 3.1.7. Ensayo a compresión

#### a) Obtención de datos de ensayo a compresión

- **Bloque de adobe más 0% PET**

**Tabla 36.** Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 0% PET

| Muestra         | Dimensiones  |       |               | Carga<br>Kg | Resistencia<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------|-------|---------------|-------------|-----------------------------------|
|                 | a(cm)        | b(cm) | c(cm)         |             |                                   |
| 1               | 10           | 10    | 10            | 1031.16     | 10.31                             |
| 2               | 10           | 10    | 10            | 1024.91     | 10.25                             |
| 3               | 10           | 10    | 10            | 1428.22     | 12.95                             |
| 4               | 10           | 10    | 10            | 1030.49     | 11.20                             |
| 5               | 10           | 10    | 10            | 1010.09     | 9.35                              |
| 6               | 10           | 10    | 10            | 1005.66     | 9.12                              |
| <b>Promedio</b> | <b>11.18</b> |       | <b>kg/cm2</b> |             |                                   |

**Fuente:** Fernando Robalino

- **Bloque de adobe más 5% PET**

**Tabla 37.** Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 5% PET

| Muestra         | Dimensiones  |       |               | Carga<br>Kg | Resistencia<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------|-------|---------------|-------------|-----------------------------------|
|                 | a(cm)        | b(cm) | c(cm)         |             |                                   |
| 1               | 10           | 10    | 10            | 1004.65     | 10.05                             |
| 2               | 10           | 10    | 10            | 1062.38     | 10.62                             |
| 3               | 10           | 10    | 10            | 1086.56     | 10.87                             |
| 4               | 10           | 10    | 10            | 1192.86     | 11.93                             |
| 5               | 10           | 10    | 10            | 990.39      | 9.90                              |
| 6               | 10           | 10    | 10            | 989.03      | 9.89                              |
| <b>Promedio</b> | <b>10.87</b> |       | <b>kg/cm2</b> |             |                                   |

**Fuente:** Fernando Robalino

▪ **Bloque de adobe más 10% PET**

**Tabla 38.** Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 10% PET

| Muestra         | Dimensiones |       |               | Carga   | Resistencia        |
|-----------------|-------------|-------|---------------|---------|--------------------|
|                 | a(cm)       | b(cm) | c(cm)         | Kg      | Kg/cm <sup>2</sup> |
| 1               | 10          | 10    | 10            | 943.71  | 9.44               |
| 2               | 10          | 10    | 10            | 819.82  | 8.20               |
| 3               | 10          | 10    | 10            | 845.00  | 8.45               |
| 4               | 10          | 10    | 10            | 931.13  | 9.31               |
| 5               | 10          | 10    | 10            | 858.97  | 8.59               |
| 6               | 10          | 10    | 10            | 1051.21 | 10.60              |
| <b>Promedio</b> | <b>9.48</b> |       | <b>kg/cm2</b> |         |                    |

**Fuente:** Fernando Robalino

▪ **Bloque de adobe más 15% PET**

**Tabla 39.** Valores de resistencia a compresión del bloque de adobe más 15% PET

| Muestra         | Dimensiones |       |               | Carga  | Resistencia        |
|-----------------|-------------|-------|---------------|--------|--------------------|
|                 | a(cm)       | b(cm) | c(cm)         | Kg     | Kg/cm <sup>2</sup> |
| 1               | 10          | 10    | 10            | 966.66 | 9.67               |
| 2               | 10          | 10    | 10            | 334.59 | 3.35               |
| 3               | 10          | 10    | 10            | 670.77 | 6.71               |
| 4               | 10          | 10    | 10            | 947.08 | 9.47               |
| 5               | 10          | 10    | 10            | 979.63 | 9.80               |
| 6               | 10          | 10    | 10            | 824.83 | 8.22               |
| <b>Promedio</b> | <b>9.29</b> |       | <b>kg/cm2</b> |        |                    |

**Fuente:** Fernando Robalino

**b) Resultados y discusión de ensayo a compresión**

A continuación, la tabla 40 presenta un resumen de los valores de la resistencia a compresión media de las combinaciones propuestas en la investigación.

**Tabla 40.** Valores de resistencia a compresión media en función al porcentaje de PET

| Combinación       | Resistencia | Unidad             |
|-------------------|-------------|--------------------|
| Adobe más 0% PET  | 11.18       | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Adobe más 5% PET  | 10.87       | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Adobe más 10% PET | 9.48        | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Adobe más 15% PET | 9.29        | Kg/cm <sup>2</sup> |

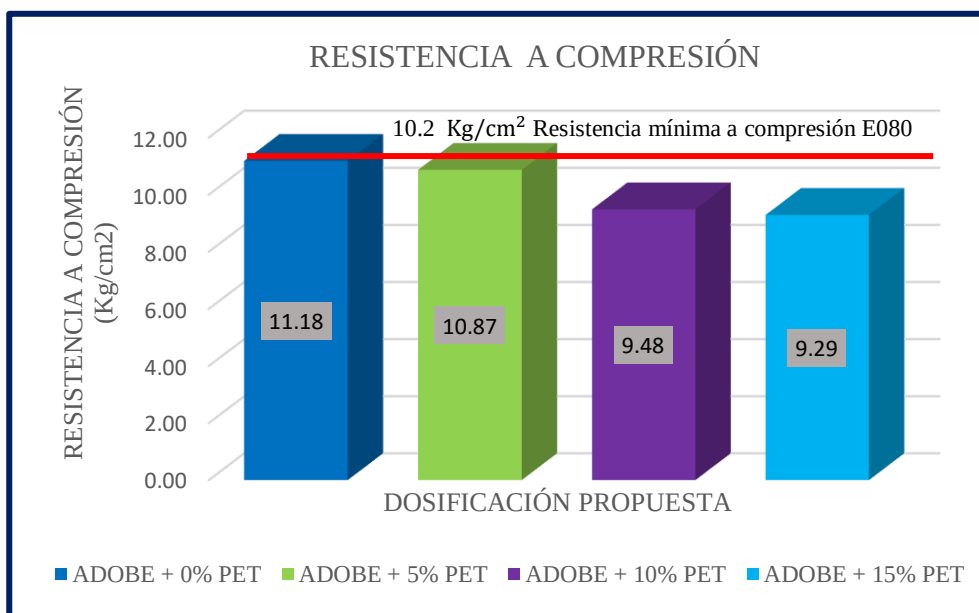
**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Se puede apreciar en la tabla 40 que la resistencia obtenida con 0% de PET, tiene un valor de 11.18 Kg/cm<sup>2</sup>, que sobrepasa a la resistencia media especificada en la norma [16], para adobes artesanales, así mismo, el bloque de adobe elaborado con 5% de PET que tiene un valor de 10.87 Kg/cm<sup>2</sup> se encuentra de igual manera en este rango. Mientras que, los boques elaborados con 10 y 15% de PET, disminuyen su resistencia considerablemente puesto a la adición excesiva de dicho material.

El gráfico 41, donde se muestra los valores de resistencia en Kg/cm<sup>2</sup>, en función de la cantidad de PET adicionado a las muestras de adobe.

**GRÁFICO 41.** Valores de resistencia a compresión media en función al porcentaje de PET



**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

Se puede apreciar la influencia que representa la adición de material PET en la resistencia a compresión de los mampuestos de adobe, ya que, al incrementar el 5% de material PET, la resistencia de los bloques de adobe baja en un 2.77%, al

aumentar a 10% de PET, de igual manera la resistencia disminuye en un 15.20%, y al aumentar a 15% de PET, baja considerablemente la resistencia en un 16.90%.

Se puede evidenciar que con un 5% PET en la muestras de adobe la resistencia a compresión es aceptable por la norma E080 [16], ya que sobrepasa el mínimo de 10.2 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, los bloques elaborados con 10 y 15% de PET no son aceptables y por ende no recomendable para implementarlos en la construcción.

### c) Comparación de resultados de ensayo a compresión

A continuación, en la tabla 41 se presenta una comparación de resistencia a compresión, en base a la bibliografía investigada.

**Tabla 41.** Comparación de resultados de ensayo a compresión en función de los resultados obtenidos y bibliografía consultada.

| Comparación                                                      | Unidad             | Adobe + 0% PET | Adobe + 5% PET | Adobe + 10% PET | Adobe + 15% PET |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Resistencia a compresión de bloques de adobe en la investigación | kg/cm <sup>2</sup> | 11.18          | 10.87          | 9.48            | 9.29            |
| Adobe más PET reciclado espesor = 12 cm [13]                     | kg/cm <sup>2</sup> | 10.00          |                |                 |                 |
| Adobe con refuerzo de tiras de PET trenzado [10]                 | kg/cm <sup>2</sup> | 18.35          |                |                 |                 |

**Fuente:** Fernando Robalino

### Interpretación:

El análisis realizado por Andrea Vásquez Greciano de la escuela E.T.S. Arquitectura (UPM), que relaciona el adobe elaborado con: 30.60% de arcilla, 9.10% de limo, 36.40% de arena fina, 31.80% de arena gruesa, y 9.10% de

cemento, además del PET implementado en tiras simples de 1cm alrededor de la probeta, presenta una resistencia 1.8 MPA, equivalente a 18.35 kg/cm<sup>2</sup>. **[10]**

El estudio realizado por Rosana Gaggino con el tema de “Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción” **[13]**, manifiesta que el bloque de adobe con PET reciclado y un espesor de 12 cm, presenta una resistencia a la compresión de 10 kg/cm<sup>2</sup>, valor semejante a los obtenidos por la presente investigación.

### **3.2 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Con el ensayo térmico y acústico realizado con las muestras de adobe elaboradas artesanalmente, permite afirmar la hipótesis planteada, puesto que, el nivel de temperatura aislada se ve afectada en función a la cantidad de PET añadido a las muestras, de igual manera, la aislación acústica se incrementa por la misma razón. Sin embargo, se debe mencionar que la resistencia a compresión en las muestras de adobe se reduce sustancialmente cuando la cantidad de PET aumenta en la muestra. Descrito lo anterior, se busca un equilibrio entre los valores de temperatura, el nivel de confort acústico y sin dejar de lado la resistencia a compresión de los bloques de adobe.

## CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Analizando el nivel de plástico triturado PET en las muestras de adobe, se tiene que con el 5% de adición y con un porcentaje granulométrico de 22% de arcilla, 15% de limo, y 63% de arena, la resistencia a compresión es de 10.87 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se mantiene por encima del permitido por la norma E080 [16] que especifica que sea mayor o igual a 1 MPa o 10.20 kg/cm<sup>2</sup>.
- Realizando el análisis de temperatura de las combinaciones propuestas, se tiene que, con el bloque de adobe más 5% de material PET existe un mayor valor de aislación térmica, además al ser comparado con el bloque artesanal presenta el menor valor de coeficiente de transmisión térmica con un 5.53% inferior al mismo adobe artesanal. Sabiendo que mientras más bajo el valor del coeficiente de transmisión térmica el material funciona como un mejor aislante de temperatura.
  - En base al análisis del ambiente receptor en la cámara de ensayo, el nivel de acondicionamiento acústico está en un rango óptimo, puesto que el nivel de presión sonora es inferior al máximo permitido por la norma NEC 2011 en su capítulo de eficiencia energética [14], donde se especifica que, para actividades de vivienda, estudio, dormitorios, bibliotecas, hoteles, lugares de estar, se tiene un nivel de sonido máximo de 50 dBA, y para aulas de estudio de 55 dBA.
- Se determina mediante el análisis de temperatura que las cuatro combinaciones propuestas en la investigación no cumple con la temperatura óptima de confort térmico en relación a la temperatura descrita según la NEC 2011 en su capítulo de eficiencia energética, el cual se define en un rango de 18 – 20 °C [14], esto se puede atribuir a la temperatura del sitio de estudio y la humedad presente en el ambiente exterior, lo que hace que sea difícil llegar a obtener un ambiente con una temperatura óptima de confort, sin embargo, este material funciona como un



buen aislante térmico, por lo que se sugiere que la implementación de estos mampuestos sea en zonas cálidas.

- Mediante el análisis de presión sonora de las diferentes combinaciones propuestas, se tiene que el mayor nivel de aislación acústica, obtenido mediante la diferencia entre el ambiente emisor y el ambiente receptor de la cámara de ensayo, se produce con el bloque de adobe más un 15% de material PET. Además, teniendo en cuenta el valor mínimo de aislación que debe cumplir las construcciones habitacionales expuesta por la norma NCh 352 es de 40 dBA **[15]**, por lo que se verifica que es superior a este valor en un 8.86%. Dispuesto lo anterior y el nivel de acondicionamiento acústico óptimo, se puede especificar que el bloque de adobe más un 15% de material PET, es considerado para mantener el confort acústico en viviendas unifamiliares.
- Evaluando el nivel de plástico PET triturado, la temperatura, el sonido y la resistencia a compresión, se determina que el porcentaje óptimo de PET es el 5% en relación al volumen de las muestras de adobe, puesto que, mantiene una aislación térmica adecuada, un nivel de acondicionamiento acústico y aislación acústica óptima por lo que presenta un confort acústico adecuado, además de mantener una resistencia a compresión superior al emitido por la norma E080 **[16]**.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de los mampuestos con diferentes porcentajes de plástico triturado PET y someterlos a niveles de enfriamiento crítico, con el objetivo de estudiar el comportamiento del bloque a temperaturas muy bajas y así pueda ser utilizado con eficiencia en zonas donde exista situaciones climáticas extremas como las heladas.
- Para evaluar los niveles de variación de temperatura y acondicionamiento acústico, garantizar que en la cámara de ensayo exista un completo aislamiento del ambiente exterior hacia el ambiente interior de la cámara, para que los resultados no se afecten con los parámetros ambientales en el día del ensayo.
- Comprobar si, al incrementar el porcentaje de PET, y someter a los bloques a la fuente emisora de calor, existe un incremento mayor en la temperatura registrada en el ambiente 2 de la cámara de ensayo, y así obtener un nivel de temperatura óptima de confort térmico. Además de evaluar si existe un incremento en los parámetros necesarios para mantener el confort acústico.
- Evaluar el nivel de variación de temperatura al apagar la fuente emisora de calor, para observar datos que comprueben que después de un cierto período de tiempo el mampuesto empieza a ceder el calor absorbido hacia el ambiente opuesto a la fuente emisora. Y comprobar si al incrementar el nivel de presión sonora emitido por la fuente de sonido existe una aislación igual o mayor al 55% del registrado con esta investigación.
- Incorporar un manejo técnico de la elaboración de mampuestos de adobe y la composición y calidad del suelo que debe cumplir para su fabricación, debido a que es un material de fácil acceso, bajo costo, reciclable y cien por ciento reutilizable, para no regirnos a norma internacionales como la E080 “Diseño y construcción con tierra reforzada” de Perú. ya que los parámetros del suelo no corresponden a nuestro país Ecuador.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### 1) BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Ordoñez, C. Rodas, Desarrollo tecnológico, investigativo y experimental de ecobloques de hormigón en base a vidrio y polietileno de tereftalato (PET) reciclado, como alternativa sustentable al bloque tradicional, Cuenca - Ecuador, 2016.
- [2] J. Muentes Alvarado, Optimización del uso de adobe sismo resistente, como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo, Guayaquil - Ecuador, 2016.
- [3] R. Yamashiro K, A. Sánchez O, R. Morales M, «Diseño sísmico de construcciones de adobe y bloque estabilizado - Primera parte,» New México - US, 1981, pp. 449 - 475.
- [4] L. Troncoso, S. Vaca, P. Placencia, A. Alvarado, J. Egred, H. Yepes, L. Ríos, A. Troncoso, Reforzamiento estructural de construcciones de adobe, Quito - Ecuador: Corporación nacional editorial, 2008.
- [5] M. Blondet, J. Vargas, N. Tarque, C. Iwaki, «Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú,» *ROSE School, Instituto de Estudios Superiores de Pavía (Italia)*, vol. 63, n° 523, p. 10, 2011.
- [6] S. Llumitasig, A. Siza, Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala, Ambato - Ecuador , 2017.
- [7] A. Calva, Determinación de la resistencia a compresión y la durabilidad del adobe prensado a máquina para la construcción de infraestructura agropecuaria rural en la parroquia Chuquiribamba, Loja - Ecuador, 2015.

- [8] S. de Schiller, J. Mertin Evans, Construcción con tierra, Buenos Aires - Argentina: Centro de Investigación Habitat y Energía, CIHE, SI, FADU, UBA, 2006.
- [9] A. Medina, K. Tatiana Medina, O. Humberto, J. Gutiérrez, O. Javier, «Bloque de tierra comprimida como material constructivo,» *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, vol. 20, n° 31, pp. 55-68, 2011.
- [10] A. Vázquez Greciano, Refuerzo estructural con PET reutilizado: aplicación en Adobe, Madrid - España: E.T.S. Arquitectura (UPM), 2018.
- [11] M. Soto, Materiales aislantes acústicos para muros, Loja - Ecuador, 2012.
- [12] Industrias JQ, «Plásticos de Ingeniería,» 20 Julio 2016. PET. [En línea]. Available: <http://www.jq.com.ar/info-pet.html> [Último acceso: 25 Abril 2019].
- [13] R. Gaggino, «Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la construcción,» *Revista Invi N°63*, vol. 23, n° 137, p. 27, 2008.
- [14] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2011, Capítulo 13 - Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador, Quito - Ecuador, 2011.
- [15] Instituto Nacional de Normalización, NCh 352. Aislación Acústica - Construcciones de uso habitacional - Requisitos Mínimos y ensayo, Chile, 2000.
- [16] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Norma E080. Diseño y construcción con tierra reforzada, Perú, 2017.
- [17] J. Hachi Quintana, J. Rodríguez Mejía, Estudio de la factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, 2010.
- [18] Instituto Nacional de Vías, I.N.V.E - 125 - 07: Determinación del límite líquido de los suelos, Colombia.

- [19] American Society of Testing Materials, ASTM D4318: Los métodos estándar de ensayo para: Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos, 2005.
- [20] L. Delgadillo, J. Alcalá, Manual de procedimientos analíticos: Laboratorio de física de suelos, México, 2010.
- [21] American Society of Testing Materials, ASTM D-422-63: Método de análisis de las partículas de suelo, 1998.
- [22] Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 154: Mallas y tamices para ensayo. Requisitos, Quito - Ecuador, 2013.
- [23] UTEST, «Secado, pesado y clasificación: Pesado muestras, Tamices».
- [24] J. Gavilán Silva, Evaluación térmica y acústica de paneles fabricados con ladrillos ecológicos, Chile, 2014.
- [25] Instituto Nacional de Normalización, NCh 2865: Acústica - Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Medición en laboratorio de aislación acústica aérea de elementos de construcción pequeños, Chile, 2005.
- [26] Instituto Nacional de Normalización, NCh 851: Aislación térmica - Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Cámara térmica calibrada y de guarda, Chile, 2008.
- [27] Instruments Global Analytical And Measuring, «SHIMADZU: Excellense in Science,» Fully Automatic Concrete Compression Testing Machine. [En línea]. Available: <https://www.shimadzu.com/an/test/universal/concreto.html>. [Último acceso: 26 Abril 2019].
- [28] J. Puerto, Evaluación del tereftalato de polietileno (PET) como agregado en la elaboración de mortero para ladrillos y concreto, Bogotá - Colombia, 2015.

- [29] Instituto Nacional de Normalización, NCh 853: Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, Chile, 2007.
- [30] A. Jaramillo Jaramillo, Acústica: La ciencia del sonido, Medellín - Colombia, 2007.
- [31] M. German Gonzales, A. O. Santillán, «Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro,» *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol. 1, nº 10, pp. 39-52, 2006.
- [32] J. J. M. Requena, «Ruido en el interior de las viviendas,» *Revista de acústica*, vol. 18, nº 3, pp. 52-54.
- [33] M. A. Idrobo, Guía de construcción para solucionar problemas de aislamiento acústico en paredes de bloque hueco de hormigón usando aserrín pulverizado, Quito - Ecuador, 2018.
- [34] M. Blondet et al, Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas - De viviendas de bajo costo saludables y seguras, Lima - Perú, 2010.
- [35] Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 690: Mecánica de suelos: Determinación del contenido de agua - Método del secado al horno, Quito - Ecuador, 1982.
- [36] Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso, Quito - Ecuador, 2011.
- [37] Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 691: Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido. Método de Casa Grande, Quito Ecuador, 1982.
- [38] Instituto ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 292: Mecánica de suelos. Determinación del límite plástico, Quito - Ecuador, 1982.
- [39] American Association of State Highway and Transportation Officials, «AASHTO M 145: Clasificación del suelo».

- [40] E. hgz, «Ingeniero Civil,» 23 03 2011. Límites de Atterberg: Índice de Plasticidad, Fluidez, Retracción. [En línea]. Available: <http://uningenierocivil.blogspot.com/2011/03/limites-de-atterberg-indice-de.html>. [Último acceso: 25 04 2019].
- [41] J. P. N. Reséndiz, «JP Noguez Producciones,» 27 Abril 2016. Curvas de Fletcher y Munson. [En línea]. Available: <https://warmsoundblog.wordpress.com/2016/04/27/curvas-de-fletcher-y-munson/>. [Último acceso: 21 Marzo 2019].
- [42] Instituto Nacional de Normalización, NCh 849: Aislación térmica - Transmisión térmica - Terminología, magnitudes, unidades y símbolos, Chile, 2008.

## 2) ANEXOS

### ANEXO A: FOTOGRAFÍAS

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| Extracción del suelo de la zona de estudio.                                         | Preparación del suelo para ensayos de campo.                                         |
|  |  |
| Zarandeado del suelo para extraer partículas orgánicas.                             | Humedecimiento de la masa de suelo.                                                  |





Ensayo de la bolita de barro



Ensayo de cinta de barro.



Ensayo Copa de Casagrande para determinar el límite líquido



Muestras de suelo para determinar límite líquido y plástico



Elaboración del ensayo de granulometría.



Preparación de la muestra de suelo para fabricación de bloques de adobe.



Muestra de adobe de prueba.



Adobes elaborados para ensayo térmico y acústico.

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>Muestras de adobe para ensayo a compresión.</p>                                  | <p>Volteo de las muestras para su secado.</p>                                        |
|   |   |
| <p>Apilado de las muestras de adobe.</p>                                            | <p>Prueba de resistencia en las muestras de adobe.</p>                               |
|  |  |
| <p>Fabricación de la cámara de ensayo</p>                                           | <p>Preparación del mortero para fabricación de paneles.</p>                          |





Humedecimiento de los bloques antes de ser colocados.



Fabricación de los paneles de adobe.



Muro de adobe terminando.



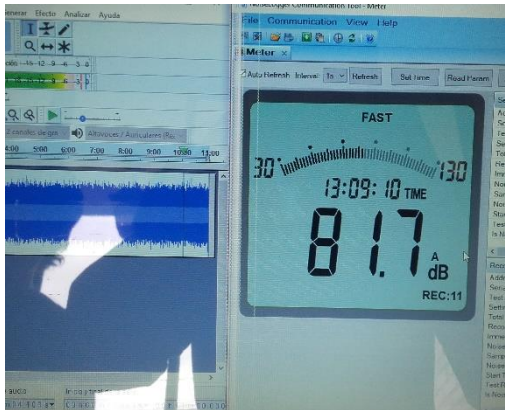
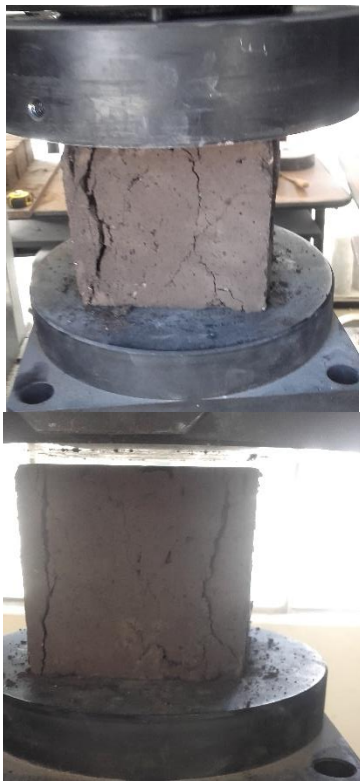
Fuente de sonido y temperatura para ensayo acústico y térmico.



Equipo Xplorer GLX.



Sensores de medición de temperatura.

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>Sonómetro para medir el nivel de sonido.</p>                                     | <p>Calibración del sonido emitido por la fuente.</p>                                 |
|  |  |
| <p>Realización del ensayo acústico y térmico</p>                                    | <p>Muestras de adobe en ensayo a compresión.</p>                                     |

## ANEXO B: DATOS DE ENSAYO TÉRMICO

**ANEXO B1:** Datos obtenidos en el ensayo del bloque de adobe más 0% de PET

| TIEMPO  | T. PARED 1 | T. PARED 2 | T. AMB. 1 | T. AMB. 2 | T. EXT. |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|---------|
| min     | °C         | °C         | °C        | °C        | °C      |
| 0:00:00 | 14.49      | 14.72      | 13.94     | 14.39     | 16.54   |
| 0:01:00 | 15.63      | 14.74      | 15.91     | 14.58     | 16.50   |
| 0:02:00 | 16.52      | 14.75      | 17.63     | 14.76     | 16.61   |
| 0:03:00 | 17.36      | 14.72      | 19.24     | 14.92     | 16.65   |
| 0:04:00 | 17.99      | 14.73      | 20.73     | 15.05     | 16.90   |
| 0:05:00 | 18.51      | 14.73      | 22.07     | 15.18     | 16.75   |
| 0:06:00 | 18.97      | 14.74      | 23.31     | 15.27     | 16.57   |
| 0:07:00 | 19.38      | 14.74      | 24.43     | 15.36     | 16.53   |
| 0:08:00 | 19.75      | 14.71      | 25.44     | 15.44     | 16.73   |
| 0:09:00 | 20.12      | 14.72      | 26.37     | 15.52     | 16.68   |
| 0:10:00 | 20.49      | 14.72      | 27.20     | 15.58     | 16.70   |
| 0:11:00 | 20.82      | 14.72      | 28.00     | 15.62     | 16.68   |
| 0:12:00 | 21.16      | 14.72      | 28.72     | 15.68     | 16.77   |
| 0:13:00 | 21.50      | 14.72      | 29.41     | 15.71     | 16.69   |
| 0:14:00 | 21.81      | 14.73      | 30.07     | 15.76     | 16.76   |
| 0:15:00 | 22.14      | 14.73      | 30.69     | 15.78     | 16.83   |
| 0:16:00 | 22.47      | 14.70      | 31.30     | 15.81     | 16.75   |
| 0:17:00 | 22.75      | 14.70      | 31.84     | 15.84     | 16.73   |
| 0:18:00 | 23.06      | 14.70      | 32.40     | 15.86     | 16.54   |
| 0:19:00 | 23.37      | 14.70      | 32.91     | 15.87     | 16.72   |
| 0:20:00 | 23.65      | 14.71      | 33.40     | 15.89     | 16.91   |
| 0:21:00 | 23.95      | 14.71      | 33.88     | 15.91     | 16.79   |
| 0:22:00 | 24.23      | 14.71      | 34.33     | 15.91     | 16.94   |
| 0:23:00 | 24.50      | 14.71      | 34.78     | 15.93     | 16.92   |
| 0:24:00 | 24.79      | 14.72      | 35.20     | 15.94     | 16.76   |
| 0:25:00 | 25.07      | 14.72      | 35.62     | 15.94     | 16.80   |
| 0:26:00 | 25.33      | 14.68      | 36.03     | 15.96     | 16.98   |
| 0:27:00 | 25.60      | 14.69      | 36.41     | 15.96     | 16.78   |
| 0:28:00 | 25.88      | 14.69      | 36.80     | 15.96     | 17.06   |
| 0:29:00 | 26.14      | 14.69      | 37.19     | 15.97     | 16.89   |
| 0:30:00 | 26.39      | 14.69      | 37.55     | 15.98     | 16.77   |
| 0:31:00 | 26.69      | 14.69      | 37.91     | 15.99     | 16.74   |
| 0:32:00 | 26.91      | 14.70      | 38.26     | 15.99     | 16.66   |
| 0:33:00 | 27.16      | 14.70      | 38.62     | 15.99     | 16.73   |
| 0:34:00 | 27.41      | 14.70      | 38.95     | 15.99     | 16.97   |

|         |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0:35:00 | 27.66 | 14.70 | 39.28 | 15.99 | 16.85 |
| 0:36:00 | 27.91 | 14.70 | 39.61 | 15.99 | 17.03 |
| 0:37:00 | 28.14 | 14.67 | 39.94 | 15.99 | 16.88 |
| 0:38:00 | 28.40 | 14.67 | 40.26 | 16.00 | 16.65 |
| 0:39:00 | 28.64 | 14.68 | 40.58 | 16.00 | 16.92 |
| 0:40:00 | 28.89 | 14.68 | 40.90 | 16.01 | 16.92 |
| 0:41:00 | 29.15 | 14.68 | 41.21 | 16.01 | 16.78 |
| 0:42:00 | 29.39 | 14.68 | 41.53 | 16.01 | 16.66 |
| 0:43:00 | 29.66 | 14.68 | 41.85 | 16.01 | 16.80 |
| 0:44:00 | 29.88 | 14.68 | 42.15 | 16.01 | 16.66 |
| 0:45:00 | 30.11 | 14.69 | 42.46 | 16.02 | 16.94 |
| 0:46:00 | 30.36 | 14.69 | 42.76 | 16.02 | 16.84 |
| 0:47:00 | 30.58 | 14.69 | 43.05 | 16.01 | 16.72 |
| 0:48:00 | 30.82 | 14.70 | 43.34 | 16.02 | 16.55 |
| 0:49:00 | 31.05 | 14.66 | 43.63 | 16.02 | 16.63 |
| 0:50:00 | 31.30 | 14.67 | 43.93 | 16.02 | 16.58 |
| 0:51:00 | 31.51 | 14.67 | 44.20 | 16.01 | 16.45 |
| 0:52:00 | 31.73 | 14.67 | 44.47 | 16.01 | 16.52 |
| 0:53:00 | 31.98 | 14.67 | 44.75 | 16.02 | 16.55 |
| 0:54:00 | 32.19 | 14.67 | 45.04 | 16.01 | 16.60 |
| 0:55:00 | 32.43 | 14.67 | 45.30 | 16.01 | 16.43 |
| 0:56:00 | 32.66 | 14.67 | 45.56 | 16.01 | 16.26 |
| 0:57:00 | 32.87 | 14.68 | 45.83 | 16.01 | 16.29 |
| 0:58:00 | 33.13 | 14.68 | 46.11 | 16.01 | 16.54 |
| 0:59:00 | 33.32 | 14.68 | 46.37 | 16.00 | 16.60 |
| 1:00:00 | 33.54 | 14.68 | 46.63 | 16.01 | 16.31 |

**Fuente:** Fernando Robalino

**ANEXO B2:** Datos obtenidos en el ensayo del bloque de adobe más 5% de PET

| <b>TIEMPO</b> | <b>T. PARED 1</b> | <b>T. PARED 2</b> | <b>T. AMB. 1</b> | <b>T. AMB. 2</b> | <b>T. EXT.</b> |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
| <b>min</b>    | <b>°C</b>         | <b>°C</b>         | <b>°C</b>        | <b>°C</b>        | <b>°C</b>      |
| 0:00:00       | 19.86             | 14.33             | 18.28            | 13.42            | 18.41          |
| 0:01:00       | 22.26             | 14.34             | 20.32            | 13.73            | 18.88          |
| 0:02:00       | 24.25             | 14.38             | 22.13            | 14.00            | 18.27          |
| 0:03:00       | 25.75             | 14.36             | 23.81            | 14.21            | 18.00          |
| 0:04:00       | 26.94             | 14.39             | 25.39            | 14.40            | 17.82          |
| 0:05:00       | 27.83             | 14.41             | 26.86            | 14.57            | 17.66          |
| 0:06:00       | 28.62             | 14.39             | 28.22            | 14.72            | 17.75          |
| 0:07:00       | 29.49             | 14.41             | 29.46            | 14.85            | 17.86          |
| 0:08:00       | 30.23             | 14.42             | 30.61            | 14.97            | 17.86          |
| 0:09:00       | 30.90             | 14.40             | 31.69            | 15.07            | 17.76          |
| 0:10:00       | 31.58             | 14.42             | 32.69            | 15.16            | 17.96          |
| 0:11:00       | 32.25             | 14.44             | 33.61            | 15.24            | 17.88          |
| 0:12:00       | 32.88             | 14.45             | 34.47            | 15.32            | 17.92          |
| 0:13:00       | 33.47             | 14.47             | 35.28            | 15.37            | 17.78          |
| 0:14:00       | 34.02             | 14.45             | 36.05            | 15.43            | 17.87          |
| 0:15:00       | 34.52             | 14.46             | 36.77            | 15.48            | 17.87          |
| 0:16:00       | 35.14             | 14.48             | 37.47            | 15.53            | 17.59          |
| 0:17:00       | 35.67             | 14.49             | 38.15            | 15.55            | 17.69          |
| 0:18:00       | 36.27             | 14.51             | 38.77            | 15.61            | 17.68          |
| 0:19:00       | 36.82             | 14.52             | 39.38            | 15.63            | 17.81          |
| 0:20:00       | 37.23             | 14.49             | 39.96            | 15.66            | 17.85          |
| 0:21:00       | 37.78             | 14.51             | 40.51            | 15.68            | 17.95          |
| 0:22:00       | 38.22             | 14.52             | 41.05            | 15.71            | 17.67          |
| 0:23:00       | 38.76             | 14.54             | 41.55            | 15.74            | 17.81          |
| 0:24:00       | 39.19             | 14.55             | 42.06            | 15.74            | 17.92          |
| 0:25:00       | 39.55             | 14.56             | 42.53            | 15.76            | 17.89          |
| 0:26:00       | 40.08             | 14.57             | 43.02            | 15.78            | 17.67          |
| 0:27:00       | 40.39             | 14.58             | 43.47            | 15.79            | 17.81          |
| 0:28:00       | 40.83             | 14.56             | 43.93            | 15.81            | 17.82          |
| 0:29:00       | 41.26             | 14.57             | 44.37            | 15.81            | 17.76          |
| 0:30:00       | 41.68             | 14.58             | 44.81            | 15.84            | 17.70          |
| 0:31:00       | 42.06             | 14.59             | 45.20            | 15.84            | 17.84          |
| 0:32:00       | 42.40             | 14.60             | 45.59            | 15.84            | 17.99          |
| 0:33:00       | 42.81             | 14.61             | 45.97            | 15.86            | 18.02          |
| 0:34:00       | 43.18             | 14.63             | 46.35            | 15.87            | 17.74          |
| 0:35:00       | 43.45             | 14.63             | 46.72            | 15.87            | 18.20          |
| 0:36:00       | 43.88             | 14.65             | 47.09            | 15.89            | 18.13          |
| 0:37:00       | 44.24             | 14.62             | 47.46            | 15.89            | 18.21          |
| 0:38:00       | 44.53             | 14.63             | 47.82            | 15.89            | 18.20          |



|         |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0:39:00 | 45.01 | 14.64 | 48.19 | 15.90 | 18.32 |
| 0:40:00 | 45.28 | 14.66 | 48.55 | 15.92 | 18.32 |
| 0:41:00 | 45.63 | 14.66 | 48.90 | 15.92 | 18.01 |
| 0:42:00 | 45.91 | 14.67 | 49.24 | 15.92 | 18.20 |
| 0:43:00 | 46.32 | 14.68 | 49.59 | 15.92 | 18.26 |
| 0:44:00 | 46.61 | 14.69 | 49.91 | 15.92 | 18.39 |
| 0:45:00 | 46.97 | 14.70 | 50.22 | 15.94 | 18.33 |
| 0:46:00 | 47.35 | 14.71 | 50.56 | 15.94 | 18.00 |
| 0:47:00 | 47.64 | 14.73 | 50.86 | 15.94 | 18.13 |
| 0:48:00 | 47.94 | 14.69 | 51.18 | 15.94 | 18.11 |
| 0:49:00 | 48.27 | 14.70 | 51.49 | 15.94 | 18.48 |
| 0:50:00 | 48.56 | 14.71 | 51.77 | 15.94 | 18.35 |
| 0:51:00 | 48.83 | 14.72 | 52.06 | 15.95 | 18.52 |
| 0:52:00 | 49.04 | 14.73 | 52.35 | 15.96 | 18.65 |
| 0:53:00 | 49.49 | 14.74 | 52.64 | 15.97 | 18.43 |
| 0:54:00 | 49.72 | 14.75 | 52.93 | 15.97 | 18.47 |
| 0:55:00 | 49.96 | 14.76 | 53.22 | 15.97 | 18.38 |
| 0:56:00 | 50.28 | 14.77 | 53.48 | 15.97 | 18.92 |
| 0:57:00 | 50.50 | 14.78 | 53.75 | 15.97 | 18.45 |
| 0:58:00 | 50.89 | 14.79 | 54.02 | 15.97 | 18.93 |
| 0:59:00 | 51.12 | 14.79 | 54.31 | 15.98 | 18.76 |
| 1:00:00 | 51.30 | 14.80 | 54.58 | 15.99 | 18.41 |

**Fuente:** Fernando Robalino

**ANEXO B3:** Datos obtenidos en el ensayo del bloque de adobe más 10% de PET

| <b>TIEMPO</b> | <b>T. PARED 1</b> | <b>T. PARED 2</b> | <b>T. AMB. 1</b> | <b>T. AMB. 2</b> | <b>T. EXT.</b> |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
| <b>min</b>    | <b>°C</b>         | <b>°C</b>         | <b>°C</b>        | <b>°C</b>        | <b>°C</b>      |
| 0:00:00       | 19.47             | 14.73             | 19.39            | 13.67            | 16.45          |
| 0:01:00       | 21.02             | 14.76             | 21.44            | 13.95            | 16.25          |
| 0:02:00       | 22.14             | 14.78             | 23.23            | 14.16            | 16.43          |
| 0:03:00       | 23.21             | 14.75             | 24.91            | 14.37            | 16.35          |
| 0:04:00       | 24.18             | 14.77             | 26.46            | 14.54            | 16.42          |
| 0:05:00       | 25.16             | 14.75             | 27.87            | 14.69            | 16.22          |
| 0:06:00       | 26.23             | 14.77             | 29.16            | 14.83            | 16.44          |
| 0:07:00       | 27.20             | 14.79             | 30.36            | 14.96            | 16.38          |
| 0:08:00       | 28.00             | 14.78             | 31.46            | 15.06            | 16.29          |
| 0:09:00       | 28.67             | 14.79             | 32.45            | 15.16            | 16.33          |
| 0:10:00       | 29.30             | 14.81             | 33.38            | 15.25            | 16.46          |
| 0:11:00       | 29.94             | 14.83             | 34.25            | 15.32            | 16.38          |
| 0:12:00       | 30.50             | 14.84             | 35.04            | 15.40            | 16.35          |
| 0:13:00       | 31.03             | 14.83             | 35.79            | 15.45            | 16.38          |
| 0:14:00       | 31.54             | 14.83             | 36.48            | 15.51            | 16.20          |
| 0:15:00       | 32.07             | 14.85             | 37.15            | 15.55            | 16.29          |
| 0:16:00       | 32.55             | 14.86             | 37.76            | 15.61            | 16.33          |
| 0:17:00       | 33.08             | 14.88             | 38.36            | 15.65            | 16.30          |
| 0:18:00       | 33.55             | 14.89             | 38.91            | 15.68            | 16.26          |
| 0:19:00       | 34.02             | 14.86             | 39.45            | 15.71            | 16.35          |
| 0:20:00       | 34.49             | 14.88             | 39.99            | 15.75            | 16.57          |
| 0:21:00       | 34.90             | 14.89             | 40.48            | 15.77            | 16.45          |
| 0:22:00       | 35.39             | 14.90             | 40.95            | 15.79            | 16.47          |
| 0:23:00       | 35.85             | 14.92             | 41.40            | 15.81            | 16.55          |
| 0:24:00       | 36.28             | 14.93             | 41.85            | 15.84            | 16.36          |
| 0:25:00       | 36.72             | 14.94             | 42.28            | 15.86            | 16.55          |
| 0:26:00       | 37.15             | 14.92             | 42.71            | 15.87            | 16.45          |
| 0:27:00       | 37.57             | 14.94             | 43.09            | 15.89            | 16.56          |
| 0:28:00       | 37.95             | 14.94             | 43.50            | 15.89            | 16.51          |
| 0:29:00       | 38.37             | 14.96             | 43.88            | 15.92            | 16.45          |
| 0:30:00       | 38.76             | 14.97             | 44.26            | 15.92            | 16.60          |
| 0:31:00       | 39.10             | 14.98             | 44.63            | 15.94            | 16.65          |
| 0:32:00       | 39.45             | 14.99             | 45.02            | 15.94            | 16.61          |
| 0:33:00       | 39.86             | 15.01             | 45.37            | 15.96            | 16.58          |
| 0:34:00       | 40.21             | 15.02             | 45.72            | 15.97            | 16.72          |
| 0:35:00       | 40.52             | 15.00             | 46.06            | 15.97            | 16.65          |
| 0:36:00       | 40.86             | 15.01             | 46.41            | 15.97            | 16.65          |
| 0:37:00       | 41.23             | 15.01             | 46.75            | 15.99            | 16.58          |

|         |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0:38:00 | 41.62 | 15.02 | 47.09 | 15.99 | 16.63 |
| 0:39:00 | 41.90 | 15.03 | 47.44 | 15.99 | 16.76 |
| 0:40:00 | 42.21 | 15.04 | 47.76 | 16.00 | 16.81 |
| 0:41:00 | 42.49 | 15.06 | 48.08 | 16.02 | 16.71 |
| 0:42:00 | 42.87 | 15.06 | 48.41 | 16.02 | 16.67 |
| 0:43:00 | 43.15 | 15.07 | 48.71 | 16.02 | 16.95 |
| 0:44:00 | 43.56 | 15.08 | 49.03 | 16.02 | 16.99 |
| 0:45:00 | 43.81 | 15.09 | 49.34 | 16.02 | 16.72 |
| 0:46:00 | 44.12 | 15.07 | 49.64 | 16.03 | 16.88 |
| 0:47:00 | 44.40 | 15.07 | 49.94 | 16.05 | 16.96 |
| 0:48:00 | 44.69 | 15.08 | 50.22 | 16.04 | 16.98 |
| 0:49:00 | 45.04 | 15.09 | 50.50 | 16.05 | 16.87 |
| 0:50:00 | 45.31 | 15.10 | 50.81 | 16.05 | 17.13 |
| 0:51:00 | 45.52 | 15.11 | 51.09 | 16.05 | 17.17 |
| 0:52:00 | 45.88 | 15.11 | 51.35 | 16.05 | 17.52 |
| 0:53:00 | 46.16 | 15.12 | 51.63 | 16.05 | 17.42 |
| 0:54:00 | 46.41 | 15.13 | 51.92 | 16.06 | 17.43 |
| 0:55:00 | 46.70 | 15.14 | 52.20 | 16.07 | 17.06 |
| 0:56:00 | 47.00 | 15.15 | 52.47 | 16.07 | 16.94 |
| 0:57:00 | 47.28 | 15.16 | 52.75 | 16.07 | 16.87 |
| 0:58:00 | 47.50 | 15.16 | 53.01 | 16.07 | 16.82 |
| 0:59:00 | 47.85 | 15.17 | 53.28 | 16.07 | 16.97 |
| 1:00:00 | 48.08 | 15.14 | 53.55 | 16.07 | 17.13 |

**Fuente:** Fernando Robalino

**ANEXO B4:** Datos obtenidos en el ensayo del bloque de adobe más 15% de PET

| <b>TIEMPO</b> | <b>T. PARED 1</b> | <b>T. PARED 2</b> | <b>T. AMB. 1</b> | <b>T. AMB. 2</b> | <b>T. EXT.</b> |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
| <b>min</b>    | <b>°C</b>         | <b>°C</b>         | <b>°C</b>        | <b>°C</b>        | <b>°C</b>      |
| 0:00:00       | 14.15             | 14.18             | 14.00            | 13.77            | 16.30          |
| 0:01:00       | 16.00             | 14.21             | 16.37            | 13.98            | 16.25          |
| 0:02:00       | 17.17             | 14.19             | 18.31            | 14.16            | 16.10          |
| 0:03:00       | 18.28             | 14.20             | 20.13            | 14.32            | 16.03          |
| 0:04:00       | 19.25             | 14.22             | 21.80            | 14.47            | 16.10          |
| 0:05:00       | 20.01             | 14.20             | 23.30            | 14.60            | 16.01          |
| 0:06:00       | 20.67             | 14.21             | 24.67            | 14.71            | 15.98          |
| 0:07:00       | 21.27             | 14.22             | 25.91            | 14.82            | 16.02          |
| 0:08:00       | 21.84             | 14.22             | 27.05            | 14.90            | 15.99          |
| 0:09:00       | 22.37             | 14.20             | 28.10            | 14.98            | 16.07          |
| 0:10:00       | 22.86             | 14.21             | 29.07            | 15.06            | 16.20          |
| 0:11:00       | 23.34             | 14.21             | 29.98            | 15.12            | 16.03          |
| 0:12:00       | 23.83             | 14.22             | 30.83            | 15.18            | 16.11          |
| 0:13:00       | 24.28             | 14.23             | 31.62            | 15.23            | 16.06          |
| 0:14:00       | 24.73             | 14.23             | 32.36            | 15.27            | 16.07          |
| 0:15:00       | 25.15             | 14.20             | 33.04            | 15.32            | 16.18          |
| 0:16:00       | 25.58             | 14.21             | 33.71            | 15.34            | 16.16          |
| 0:17:00       | 26.00             | 14.22             | 34.33            | 15.39            | 16.14          |
| 0:18:00       | 26.40             | 14.22             | 34.93            | 15.42            | 16.01          |
| 0:19:00       | 26.80             | 14.23             | 35.50            | 15.45            | 16.05          |
| 0:20:00       | 27.20             | 14.23             | 36.05            | 15.47            | 16.11          |
| 0:21:00       | 27.58             | 14.24             | 36.58            | 15.48            | 16.06          |
| 0:22:00       | 27.95             | 14.22             | 37.11            | 15.50            | 16.16          |
| 0:23:00       | 28.32             | 14.22             | 37.61            | 15.53            | 16.12          |
| 0:24:00       | 28.68             | 14.22             | 38.10            | 15.53            | 16.26          |
| 0:25:00       | 29.04             | 14.23             | 38.57            | 15.55            | 16.24          |
| 0:26:00       | 29.41             | 14.24             | 39.03            | 15.55            | 16.37          |
| 0:27:00       | 29.74             | 14.24             | 39.47            | 15.58            | 16.40          |
| 0:28:00       | 30.10             | 14.25             | 39.92            | 15.58            | 16.25          |
| 0:29:00       | 30.43             | 14.26             | 40.36            | 15.60            | 16.40          |
| 0:30:00       | 30.75             | 14.26             | 40.78            | 15.61            | 16.36          |
| 0:31:00       | 31.11             | 14.23             | 41.20            | 15.61            | 16.51          |
| 0:32:00       | 31.44             | 14.24             | 41.60            | 15.62            | 16.31          |
| 0:33:00       | 31.77             | 14.24             | 42.00            | 15.63            | 16.54          |
| 0:34:00       | 32.05             | 14.24             | 42.38            | 15.63            | 16.55          |
| 0:35:00       | 32.37             | 14.25             | 42.75            | 15.63            | 16.54          |
| 0:36:00       | 32.67             | 14.26             | 43.11            | 15.65            | 16.55          |
| 0:37:00       | 32.96             | 14.26             | 43.46            | 15.66            | 16.64          |

|         |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0:38:00 | 33.25 | 14.26 | 43.82 | 15.66 | 16.85 |
| 0:39:00 | 33.53 | 14.27 | 44.19 | 15.66 | 16.81 |
| 0:40:00 | 33.87 | 14.28 | 44.54 | 15.66 | 16.84 |
| 0:41:00 | 34.16 | 14.25 | 44.89 | 15.67 | 16.77 |
| 0:42:00 | 34.46 | 14.25 | 45.25 | 15.68 | 16.79 |
| 0:43:00 | 34.73 | 14.25 | 45.59 | 15.68 | 16.86 |
| 0:44:00 | 35.02 | 14.26 | 45.93 | 15.68 | 16.87 |
| 0:45:00 | 35.31 | 14.26 | 46.27 | 15.68 | 17.05 |
| 0:46:00 | 35.59 | 14.27 | 46.63 | 15.69 | 16.88 |
| 0:47:00 | 35.87 | 14.27 | 46.96 | 15.69 | 16.72 |
| 0:48:00 | 36.15 | 14.28 | 47.31 | 15.69 | 16.94 |
| 0:49:00 | 36.43 | 14.28 | 47.65 | 15.70 | 16.79 |
| 0:50:00 | 36.69 | 14.29 | 47.98 | 15.71 | 17.01 |
| 0:51:00 | 36.95 | 14.29 | 48.30 | 15.71 | 16.95 |
| 0:52:00 | 37.19 | 14.26 | 48.62 | 15.71 | 17.12 |
| 0:53:00 | 37.49 | 14.27 | 48.93 | 15.71 | 16.91 |
| 0:54:00 | 37.74 | 14.27 | 49.26 | 15.71 | 17.13 |
| 0:55:00 | 38.01 | 14.27 | 49.56 | 15.71 | 17.01 |
| 0:56:00 | 38.28 | 14.28 | 49.89 | 15.71 | 16.86 |
| 0:57:00 | 38.53 | 14.28 | 50.17 | 15.71 | 17.02 |
| 0:58:00 | 38.77 | 14.28 | 50.47 | 15.71 | 16.97 |
| 0:59:00 | 39.05 | 14.29 | 50.76 | 15.72 | 17.21 |
| 1:00:00 | 39.32 | 14.29 | 51.06 | 15.73 | 17.50 |

**Fuente:** Fernando Robalino

## ANEXO C: DATOS DE ENSAYO ACÚSTICO

| DATOS DE ENSAYO ACÚSTICO DE LOS MUROS ENSAYADOS |                |              |                |              |                 |              |                 |              |
|-------------------------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| DOSIFICACIÓN                                    | ADOBE + 0% PET |              | ADOBE + 5% PET |              | ADOBE + 10% PET |              | ADOBE + 15% PET |              |
| FUENTE                                          | EMISOR         | RECEPTOR     | EMISOR         | RECEPTOR     | EMISOR          | RECEPTOR     | EMISOR          | RECEPTOR     |
| TIEMPO                                          | 83.40          | 45.60        | 82.40          | 45.30        | 84.50           | 37.90        | 86.10           | 38.60        |
| 0:00:00                                         | 83.00          | 46.20        | 85.10          | 43.90        | 81.40           | 37.90        | 83.70           | 38.90        |
| 0:01:00                                         | 83.70          | 46.40        | 82.40          | 39.40        | 81.30           | 38.10        | 83.60           | 41.20        |
| 0:02:00                                         | 85.00          | 46.90        | 84.00          | 43.70        | 82.20           | 38.50        | 83.90           | 41.00        |
| 0:03:00                                         | 84.90          | 45.90        | 82.40          | 45.10        | 82.00           | 38.70        | 84.00           | 39.20        |
| 0:04:00                                         | 82.30          | 45.20        | 83.90          | 43.50        | 82.60           | 37.90        | 84.10           | 39.00        |
| 0:05:00                                         | 82.00          | 45.70        | 82.40          | 43.10        | 82.00           | 38.10        | 83.20           | 38.00        |
| 0:06:00                                         | 84.90          | 48.00        | 83.10          | 44.50        | 81.00           | 38.50        | 83.00           | 38.90        |
| 0:07:00                                         | 83.50          | 45.10        | 82.40          | 43.40        | 80.70           | 38.80        | 83.10           | 41.70        |
| 0:08:00                                         | 82.70          | 46.90        | 85.10          | 43.40        | 81.20           | 38.50        | 82.80           | 41.20        |
| 0:09:00                                         | 84.70          | 47.60        | 82.40          | 43.10        | 82.10           | 38.80        | 83.00           | 40.00        |
| 0:10:00                                         | 85.00          | 48.00        | 85.50          | 45.30        | 84.50           | 38.80        | 86.10           | 41.70        |
| <b>MÁXIMO</b>                                   | <b>82.00</b>   | <b>45.10</b> | <b>82.40</b>   | <b>39.40</b> | <b>80.70</b>    | <b>37.90</b> | <b>82.80</b>    | <b>38.00</b> |
| <b>MÍNIMO</b>                                   | <b>83.65</b>   | <b>46.32</b> | <b>84.01</b>   | <b>43.49</b> | <b>81.91</b>    | <b>38.34</b> | <b>83.68</b>    | <b>39.79</b> |
| <b>PROMEDIO</b>                                 | <b>37.33</b>   |              | <b>40.52</b>   |              | <b>43.57</b>    |              | <b>43.89</b>    |              |

**Fuente:** Fernando Robalino

## ANEXO D: INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN

| <div>  <div> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br/> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br/> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div> |                 |         |                          |         |             |           |      |                |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|--------------------------|---------|-------------|-----------|------|----------------|--------------------|
| LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA                                                                                                      |                 |         |                          |         |             |           |      |                |                    |
| <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUE DE ADOBE MAS 0% PET</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |         |                          |         |             |           |      |                |                    |
| PROBETA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ÁREA            | ESPEJOR | ESFUERZO                 | CARGA   | FECHA DE    |           | DÍAS | IDENTIFICACIÓN | ESPECIFICACIÓN     |
| Nº                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | cm <sup>2</sup> | cm      | kg/cm <sup>2</sup>       | Kg      | ELABORACIÓN | ENSAYO    |      |                | kg/cm <sup>2</sup> |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 100             | 10      | 10.31                    | 1031.16 | 3/13/2019   | 4/17/2019 | 37   | ADOBE + 0% PET | 10.20              |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 100             | 10      | 10.25                    | 1024.91 | 3/13/2020   | 4/17/2019 | 37   | ADOBE + 0% PET | 10.20              |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 100             | 10      | 12.95                    | 1428.22 | 3/13/2021   | 4/17/2019 | 37   | ADOBE + 0% PET | 10.20              |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 100             | 10      | 11.20                    | 1030.49 | 3/13/2022   | 4/17/2019 | 37   | ADOBE + 0% PET | 10.20              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 100             | 10      | 9.35                     | 1010.09 | 3/13/2023   | 4/17/2019 | 37   | ADOBE + 0% PET | 10.20              |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 100             | 10      | 9.12                     | 1005.66 | 3/13/2024   | 4/17/2019 | 37   | ADOBE + 0% PET | 10.20              |
| <b>ESFUERZO PROMEDIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>11.18</b>    |         | <b>kg/cm<sup>2</sup></b> |         |             |           |      |                |                    |

**Fuente:** Fernando Robalino



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES  
Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA  
DE TUNGURAHUA

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUE DE ADOBE MAS 5% PET**

| PROBETA                      | ÁREA            | ESPESOR | ESFUERZO                 | CARGA   | FECHA DE    |           | DÍAS | IDENTIFICACIÓN | ESPECIFICACIÓN     |
|------------------------------|-----------------|---------|--------------------------|---------|-------------|-----------|------|----------------|--------------------|
| Nº                           | cm <sup>2</sup> | cm      | kg/cm <sup>2</sup>       | Kg      | ELABORACIÓN | ENSAYO    |      |                | kg/cm <sup>2</sup> |
| 1                            | 100             | 10      | 10.05                    | 1004.65 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 5% PET | 10.20              |
| 2                            | 100             | 10      | 10.62                    | 1062.38 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 5% PET | 10.20              |
| 3                            | 100             | 10      | 10.87                    | 1086.56 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 5% PET | 10.20              |
| 4                            | 100             | 10      | 11.93                    | 1192.86 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 5% PET | 10.20              |
| 5                            | 100             | 10      | 9.90                     | 990.39  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 5% PET | 10.20              |
| 6                            | 100             | 10      | 9.89                     | 989.03  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 5% PET | 10.20              |
| <b>ESFUERZO<br/>PROMEDIO</b> | <b>10.87</b>    |         | <b>kg/cm<sup>2</sup></b> |         |             |           |      |                |                    |

**Fuente:** Fernando Robalino





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUE DE ADOBE MAS 10% PET**

| PROBETA           | ÁREA            | ESPEJOR | ESFUERZO           | CARGA  | FECHA DE    |           | DÍAS | IDENTIFICACIÓN  | ESPECIFICACIÓN     |
|-------------------|-----------------|---------|--------------------|--------|-------------|-----------|------|-----------------|--------------------|
| Nº                | cm <sup>2</sup> | cm      | kg/cm <sup>2</sup> | Kg     | ELABORACIÓN | ENSAYO    |      |                 | kg/cm <sup>2</sup> |
| 1                 | 100             | 10      | 9.44               | 94.37  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 10% PET | 10.20              |
| 2                 | 100             | 10      | 8.20               | 81.98  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 10% PET | 10.20              |
| 3                 | 100             | 10      | 8.45               | 84.50  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 10% PET | 10.20              |
| 4                 | 100             | 10      | 9.31               | 93.11  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 10% PET | 10.20              |
| 5                 | 100             | 10      | 8.59               | 85.90  | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 10% PET | 10.20              |
| 6                 | 100             | 10      | 10.60              | 105.97 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 10% PET | 10.20              |
| ESFUERZO PROMEDIO | 9.48            |         | kg/cm <sup>2</sup> |        |             |           |      |                 |                    |

**Fuente:** Fernando Robalino



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



LA ADICIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUE DE ADOBE MAS 15% PET**

| PROBETA                  | ÁREA            | ESPESOR | ESFUERZO                 | CARGA  | FECHA DE    |           | DÍAS | IDENTIFICACIÓN  | ESPECIFICACIÓN     |
|--------------------------|-----------------|---------|--------------------------|--------|-------------|-----------|------|-----------------|--------------------|
| Nº                       | cm <sup>2</sup> | cm      | kg/cm <sup>2</sup>       | Kg     | ELABORACIÓN | ENSAYO    |      |                 | kg/cm <sup>2</sup> |
| 1                        | 100             | 10      | 9.67                     | 966.66 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 15% PET | 10.20              |
| 2                        | 100             | 10      | 3.35                     | 334.59 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 15% PET | 10.20              |
| 3                        | 100             | 10      | 6.71                     | 670.77 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 15% PET | 10.20              |
| 4                        | 100             | 10      | 9.47                     | 947.08 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 15% PET | 10.20              |
| 5                        | 100             | 10      | 9.80                     | 979.63 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 15% PET | 10.20              |
| 6                        | 100             | 10      | 8.22                     | 824.83 | 2/11/2019   | 3/13/2019 | 30   | ADOBE + 15% PET | 10.20              |
| <b>ESFUERZO PROMEDIO</b> | <b>9.29</b>     |         | <b>kg/cm<sup>2</sup></b> |        |             |           |      |                 |                    |

**Fuente:** Fernando Robalino

