



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 BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR:

Carlos Xavier Cando Pichucho

TUTOR:

Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes

Ambato - Ecuador

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes, certifico que el presente Trabajo Experimental bajo el tema: “LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” realizado por el Sr. Carlos Xavier Cando Pichucho, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Ambato, julio del 2019



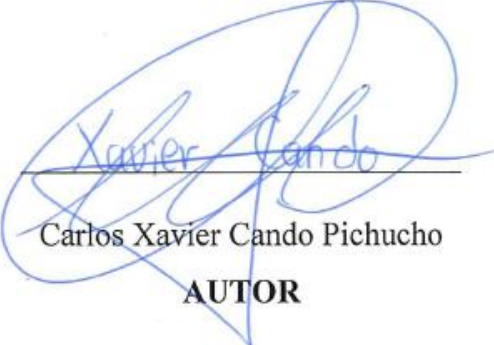
Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Carlos Xavier Cando Pichucho, C.I: 160067623-1, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el Trabajo Experimental con el tema: “LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS 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, a excepción de las citas, cuadros y gráficos de origen bibliográfico.

Ambato, julio del 2019



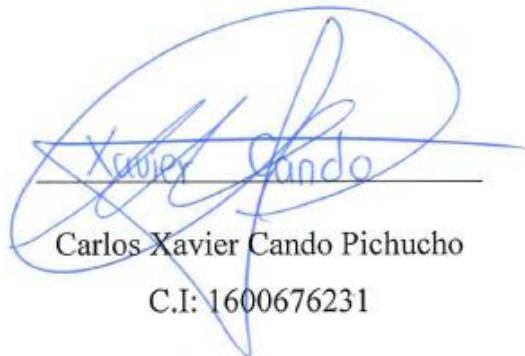
Carlos Xavier Cando Pichucho
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad 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 de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo de Titulación 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



Carlos Xavier Cando Pichucho
C.I: 1600676231

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de calificación de grado aprueban el Trabajo Experimental, sobre el tema: “LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, del egresado Carlos Xavier Cando Pichucho, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio del 2019

Para constancia firman:



Ing. Mg. Galo Núñez



Ing. Mg. Jorge Guevara

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Titulación y mi carrera universitaria se la dedico de manera muy especial a mi padre Segundo Enrique (†) quien con su apoyo y responsabilidad fue capaz de hacer realidad los sueños de nuestra familia, y sé que desde el cielo estará muy orgulloso de mi. Te quiero y te extraño mucho Papi.

A mi madre Mercedes, quien con su amor y cariño me ha ayudado a seguir siempre adelante en mi vida y la cual me ha enseñado a ser una excelente persona para la sociedad.

A mi hermana Magdalena, quien es y será mi ejemplo a seguir porque ella me enseñó que todo es posible cuando uno se dedica y se esfuerza.

A mi hermana Janeth, quien me guio para seguir esta hermosa carrera y con su apoyo me ha ayudado en algunas ocasiones durante toda mi carrera universitaria.

A mi hermana Fanny, por estar siempre pendiente de mi cuidándome y apoyándome.

A mi hermana Marina, quien siempre está a mi lado escuchándome y dándome consejos para tomar las mejores decisiones en mi vida.

A mis sobrinos Luis, Josué y Wilder, quienes han sido mi inspiración para seguir adelante y por ellos quiero ser un ejemplo a seguir en sus vidas.

Y para aquellos guerreros de paz, incansables en la búsqueda de días mejores, mis amigos y compañeros de curso.

XAVIER GANDO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme en la vida, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres Segundo y Mercedes, quienes con su amor, cariño y apoyo me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

A mis hermanas Magdalena, Janeth, Fanny y Marina quienes han estado conmigo en todos los logros de mi vida.

Al gerente de Ecuaplástico Edgar Mora, quien me ayudo a obtener el material de triturado de bolsas plásticas.

A la Universidad Técnica de Ambato, la cual me abrió las puertas para poder estudiar la carrera de mis sueños.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil, quienes aportaron con sus consejos y conocimientos para formarme como profesional.

Al Ing. Mgtr. Diego Chérrez Gavilanes mi tutor de tesis, quien con su apoyo, paciencia y conocimientos me ayudo a culminar con éxitos mi trabajo de titulación.

XAVIER GANDO

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

| | |
|--|-------|
| CERTIFICACIÓN DEL AUTOR..... | 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 | XIV |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XVI |
| RESUMEN EJECUTIVO | XVIII |
| ABSTRACT..... | XIX |

B. CONTENIDO

| | |
|---|---|
| CAPÍTULO I | 1 |
| MARCO TEÓRICO | 1 |
| 1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS..... | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 4 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 4 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| METODOLOGÍA | 5 |
| 2.1 MATERIALES..... | 5 |
| 2.1.1 Bloque alivianado | 5 |
| 2.1.1.1 Chasqui | 6 |
| 2.1.1.2 Polvo | 6 |
| 2.1.1.3 Agua..... | 6 |
| 2.1.1.4 Cemento | 7 |
| 2.1.2 Triturado de bolsas plásticas..... | 7 |
| 2.2 MÉTODOS..... | 7 |
| 2.2.1 Obtención del Triturado de Bolsas Plásticas | 7 |
| 2.2.2 Dosificación para el bloque alivianado..... | 9 |
| 2.2.2.1 Ensayo de los materiales..... | 9 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.2.1.1 Ensayo de Granulometría..... | 9 |
| 2.2.2.1.2 Ensayo de densidad aparente | 11 |
| 2.2.2.1.3 Ensayo de densidad real del cemento hidráulico | 13 |
| 2.2.2.1.4 Ensayo de Densidad Real | 13 |
| 2.2.2.1.5 Ensayo de Absorción | 15 |
| 2.2.2.1.6 Ensayo de Contenido de Humedad | 17 |
| 2.2.2.2 Relación agua/cemento | 18 |
| 2.2.2.4 Porcentaje óptimo de vacíos | 19 |
| 2.2.2.5 Cantidad de pasta de cemento..... | 19 |
| 2.2.2.6 Cantidad de cemento..... | 19 |
| 2.2.2.7 Cantidad de agua..... | 20 |
| 2.2.2.8 Cantidad de agregado fino | 20 |
| 2.2.2.9 Cantidad de agregado grueso..... | 20 |
| 2.2.3 Fabricación de los bloques alivianados | 21 |
| 2.2.3.1 Dimensiones del bloque..... | 21 |
| 2.2.3.2 Peso de los materiales | 22 |
| 2.2.3.3 Mezcla de materiales | 27 |
| 2.2.3.4 Moldeo de los bloques | 27 |
| 2.2.3.5 Fraguado de los bloques | 28 |
| 2.2.3.6 Curado de los bloques..... | 29 |
| 2.2.4 Ensayo de los bloques..... | 29 |
| 2.2.4.1 Resistencia a la compresión | 29 |
| 2.2.4.2 Ensayo Térmico y Acústico | 31 |
| 2.2.4.2.1 Fabricación de la cámara de ensayo | 31 |
| 2.2.4.2.2 Elaboración de moldes..... | 34 |
| 2.2.4.2.3 Elaboración de paredes | 34 |
| 2.2.4.2.3 Equipos para el ensayo térmico y acústico | 35 |
| 2.2.4.2.4 Ensayo Térmico | 36 |
| 2.2.4.2.5 Ensayo Acústico | 38 |
| CAPÍTULO III | 40 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 40 |
| 3.1.1 Resistencia a la compresión..... | 40 |
| 3.1.1.1 Resistencia a la compresión bloques INEN 3066..... | 40 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1.2 Resistencia a la compresión bloques artesanales | 41 |
| 3.1.1.3 Resistencia a la compresión bloques 15 % triturado bolsas plásticas..... | 42 |
| 3.1.1.4 Resistencia a la compresión bloques 25 % triturado bolsas plásticas..... | 43 |
| 3.1.1.5 Resistencia a la compresión bloques 50 % triturado bolsas plásticas..... | 44 |
| 3.1.1.6 Resistencia a la compresión bloques 75 % triturado bolsas plásticas..... | 45 |
| 3.1.1.7 Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión | 46 |
| 3.1.2 Ensayo térmico | 47 |
| 3.1.2.1 Ensayo térmico de pared bloques INEN 3066..... | 47 |
| 3.1.2.1.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques INEN 3066..... | 47 |
| 3.1.2.1.2 Variación de temperatura en las caras de la pared bloques INEN 3066 | 48 |
| 3.1.2.1.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques INEN 3066 | 49 |
| 3.1.2.2 Ensayo térmico de pared bloques artesanales..... | 49 |
| 3.1.2.2.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques artesanales..... | 49 |
| 3.1.2.2.2 Variación de temperatura en las caras de la pared bloques artesanales | 50 |
| 3.1.2.2.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques artesanales | 51 |
| 3.1.2.3 Ensayo térmico de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas..... | 52 |
| 3.1.2.3.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 52 |
| 3.1.2.3.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 53 |
| 3.1.2.3.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas..... | 54 |
| 3.1.2.4 Ensayo térmico de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas..... | 55 |
| 3.1.2.4.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 55 |
| 3.1.2.4.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 56 |
| 3.1.2.4.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas..... | 57 |
| 3.1.2.5 Ensayo térmico de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas..... | 57 |
| 3.1.2.5.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.2.5.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 58 |
| 3.1.2.5.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas..... | 59 |
| 3.1.2.6 Ensayo térmico de pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas..... | 60 |
| 3.1.2.6.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas | 60 |
| 3.1.2.6.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas | 61 |
| 3.1.2.6.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas..... | 62 |
| 3.1.2.7 Análisis de resultados de la variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo | 63 |
| 3.1.2.8 Análisis de resultados del coeficiente de conductividad térmica en las paredes | 64 |
| 3.1.3 Ensayo acústico..... | 65 |
| 3.1.3.1 Ensayo acústico de pared con bloques INEN 3066 | 65 |
| 3.1.3.2 Ensayo acústico de pared con bloques artesanales | 66 |
| 3.1.3.3 Ensayo acústico de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas.... | 67 |
| 3.1.3.4 Ensayo acústico de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas.... | 68 |
| 3.1.3.5 Ensayo acústico de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas.... | 69 |
| 3.1.3.6 Ensayo acústico de pared de bloques 75% triturado bolsas plásticas..... | 70 |
| 3.1.3.7 Análisis de aislación acústica en la cámara de ensayo | 71 |
| 3.1.3.8 Análisis de confort acústico en la cámara de ensayo..... | 72 |
| 3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS | 73 |
| 3.2.1 Hipótesis | 73 |
| 3.2.2 Verificación de Hipótesis..... | 73 |
| CAPÍTULO IV | 74 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 74 |
| 4.1 CONCLUSIONES..... | 74 |
| 4.2 RECOMENDACIONES | 75 |
| C. MATERIALES DE REFERENCIA | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 76 |
| ANEXOS..... | 78 |
| Anexo 1: Ensayo de granulometría del agregado fino (polvo)..... | 78 |

| | |
|--|----|
| Anexo 2: Resultados del ensayo de granulometría del agregado fino (polvo)..... | 79 |
| Anexo 3: Ensayo de granulometría del agregado grueso (chasqui). | 80 |
| Anexo 4: Resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso (chasqui). | 81 |
| Anexo 5: Ensayo de granulometría del triturado de bolsas plásticas. | 82 |
| Anexo 6: Resultados del ensayo de granulometría del triturado de bolsas plásticas. | 83 |
| Anexo 7: Ensayo de la densidad aparente compactada del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui). | 84 |
| Anexo 8: Resultados del ensayo de la densidad aparente compactada del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui)..... | 84 |
| Anexo 9: Ensayo de la densidad aparente suelta del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui). | 85 |
| Anexo 10: Resultados del ensayo de la densidad aparente suelta del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui). | 85 |
| Anexo 11: Ensayo de la densidad aparente compactada del triturado de bolsas plásticas. | 86 |
| Anexo 12: Resultados del ensayo de la densidad aparente compactada del triturado de bolsas plásticas. | 86 |
| Anexo 13: Ensayo de la densidad aparente suelta del triturado de bolsas plásticas. | 87 |
| Anexo 14: Resultados del ensayo de la densidad aparente suelta del triturado de bolsas plásticas. | 87 |
| Anexo 15: Ensayo de la densidad aparente compactada de la mezcla entre el agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui). | 88 |
| Anexo 16: Resultados del ensayo de la densidad aparente compactada de la mezcla entre el agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui). | 89 |
| Anexo 17: Ensayo de la de la densidad real del agregado fino (polvo). | 90 |
| Anexo 18: Resultados del ensayo de la densidad real del agregado fino (polvo).. | 90 |
| Anexo 19: Ensayo de la de la densidad real del agregado grueso (chasqui)..... | 91 |
| Anexo 20: Resultados del ensayo de la densidad real del agregado grueso (chasqui). | 91 |
| Anexo 21: Ensayo de la de la densidad real del cemento..... | 92 |
| Anexo 22: Resultados del ensayo de la densidad real del cemento. | 92 |
| Anexo 23: Resultados del ensayo de la capacidad de absorción del agregado grueso (chasqui). | 93 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 24: Resultados del ensayo de la capacidad de absorción del triturado de bolsas plásticas. | 94 |
| Anexo 25: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino (polvo). | 94 |
| Anexo 26: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (chasqui). | 95 |
| Anexo 27: Resultados del ensayo de contenido de humedad del triturado de bolsas plásticas. | 95 |
| Anexo 28: Fabricación de los bloques..... | 96 |
| Anexo 29: Ensayo de compresión de los bloques. | 97 |
| Anexo 30: Elaboración de la cámara de ensayo. | 98 |
| Anexo 31: Ensayo de variación de temperatura y acondicionamiento acústico. ... | 99 |
| Anexo 32: Resultados del ensayo térmico de pared con bloques INEN 3066..... | 100 |
| Anexo 33: Resultados del ensayo térmico de pared con bloques artesanales..... | 101 |
| Anexo 34: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 15 % de triturado de bolsas plásticas | 102 |
| Anexo 35: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 25 % de triturado de bolsas plásticas | 103 |
| Anexo 36: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas | 104 |
| Anexo 37: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Relación agua/cemento | 18 |
| Tabla 2. Cantidad de pasta de cemento. | 19 |
| Tabla 3. Resultados de la dosificación inicial por el método de la densidad óptima | 21 |
| Tabla 4. Cantidad de material para bloques INEN 3066..... | 22 |
| Tabla 5. Cantidad de material para bloques con 15 % de triturado de bolsas plásticas | 23 |
| Tabla 6. Cantidad de material para bloques con 25 % de triturado de bolsas plásticas | 24 |
| Tabla 7. Cantidad de material para bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas | 25 |
| Tabla 8. Cantidad de material para bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas | 26 |
| Tabla 9. Configuración del equipo Xplorer GLX para Sensor 1 y Sensor 2 | 37 |
| Tabla 10. Configuración del equipo Xplorer GLX para Sensor 3 y Sensor 4 | 37 |
| Tabla 11. Configuración del equipo Xplorer GLX para el Sensor Emisor y Receptor | 39 |
| Tabla 12. Resistencia a la compresión bloques INEN 3066 | 40 |
| Tabla 13. Resistencia a la compresión bloques artesanales | 41 |
| Tabla 14. Resistencia a la compresión bloques 15 % triturado bolsas plásticas..... | 42 |
| Tabla 15. Resistencia a la compresión bloques 25 % triturado bolsas plásticas..... | 43 |
| Tabla 16. Resistencia a la compresión bloques 50% triturado bolsas plásticas..... | 44 |
| Tabla 17. Resistencia a la compresión bloques 75% triturado bolsas plásticas..... | 45 |
| Tabla 18. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques INEN 3066 | 47 |
| Tabla 19. Temperatura en las caras de la pared bloques INEN 3066 | 48 |
| Tabla 20. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared bloques artesanales | 49 |
| Tabla 21. Temperatura en las caras de la pared bloques artesanales | 50 |
| Tabla 22. Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques artesanales . | 51 |
| Tabla 23. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 52 |
| Tabla 24. Temperatura en las caras de la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 53 |
| Tabla 25. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 54 |
| Tabla 26. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 55 |
| Tabla 27. Temperatura en las caras de la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 56 |
| Tabla 28. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 57 |

| | |
|--|----|
| Tabla 29. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 57 |
| Tabla 30. Temperatura en las caras de la pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 58 |
| Tabla 31. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 59 |
| Tabla 32. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas | 60 |
| Tabla 33. Temperatura en las caras de la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas | 61 |
| Tabla 34. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas | 62 |
| Tabla 35. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques INEN 3066 | 65 |
| Tabla 36. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques artesanales | 66 |
| Tabla 37. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 67 |
| Tabla 38. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 68 |
| Tabla 39. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 69 |
| Tabla 40. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas..... | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Bloque Alivianado..... | 5 |
| Figura 2. Mina de Chasqui..... | 6 |
| Figura 3. Mina de Polvo..... | 6 |
| Figura 4. Triturado de bolsas plásticas..... | 7 |
| Figura 5. Bolsas plásticas recicladas..... | 8 |
| Figura 6. Máquina de lavado y secado..... | 8 |
| Figura 7. Aglutinadora..... | 8 |
| Figura 8. Análisis granulométrico del agregado fino..... | 10 |
| Figura 9. Análisis granulométrico del agregado grueso..... | 11 |
| Figura 10. Densidad aparente suelta..... | 12 |
| Figura 11. Densidad aparente compactada..... | 12 |
| Figura 12. Densidad real del cemento hidráulico..... | 13 |
| Figura 13. Densidad real del agregado fino..... | 14 |
| Figura 14. Densidad real del agregado grueso..... | 15 |
| Figura 15. Ensayo de absorción del agregado fino..... | 16 |
| Figura 16. Ensayo de absorción de agregado grueso..... | 17 |
| Figura 17. Contenido de humedad..... | 17 |
| Figura 18. Dimensiones del bloque..... | 21 |
| Figura 19. Mezcla de materiales..... | 27 |
| Figura 20. Moldeo de los bloques..... | 28 |
| Figura 21. Fraguado de bloques..... | 28 |
| Figura 22. Curado de los bloques..... | 29 |
| Figura 23. Configuración del software de la máquina de compresión..... | 30 |
| Figura 24. Ensayo de compresión de los bloques..... | 30 |
| Figura 25. Vista en planta de la cámara de ensayo..... | 31 |
| Figura 26. Vista en elevación de la cámara de ensayo..... | 31 |
| Figura 27. Armazón de estructura metálica de la cámara de ensayo..... | 32 |
| Figura 28. Acabados de la cámara de ensayo..... | 33 |
| Figura 29. Cámara de ensayo..... | 33 |
| Figura 30. Molde para las paredes de ensayo..... | 34 |
| Figura 31. Pared de ensayo..... | 34 |
| Figura 32. Equipo Xplorer GLX..... | 35 |
| Figura 33. Fuente de calor y fuente de sonido..... | 35 |
| Figura 34. Sensor de medición de temperatura y sonido..... | 35 |
| Figura 35. Ubicación de la pared para ensayo térmico..... | 36 |
| Figura 36. Ubicación de los equipos de medición térmico..... | 37 |
| Figura 37. Ubicación de la pared para ensayo acústico..... | 38 |
| Figura 38. Ubicación de los equipos de medición acústico..... | 39 |
| Figura 39. Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión..... | 46 |
| Figura 40. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques INEN 3066..... | 47 |
| Figura 41. Variación de temperatura en las caras de la pared bloques INEN 3066.. | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 42. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques artesanales | 50 |
| Figura 43. Variación de temperatura en las caras de la pared bloques artesanales... | 51 |
| Figura 44. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas..... | 52 |
| Figura 45. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 53 |
| Figura 46. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas..... | 55 |
| Figura 47. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 56 |
| Figura 48. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas..... | 58 |
| Figura 49. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas | 59 |
| Figura 50. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas..... | 60 |
| Figura 51. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas | 61 |
| Figura 52. Análisis de resultados de la variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo | 63 |
| Figura 53. Análisis de resultados del coeficiente de conductividad térmica en las paredes..... | 64 |
| Figura 54. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques INEN 3066..... | 65 |
| Figura 55. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques artesanales | 66 |
| Figura 56. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas | 67 |
| Figura 57. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas | 68 |
| Figura 58. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas | 69 |
| Figura 59. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas | 70 |
| Figura 60. Análisis de aislación acústica en la cámara de ensayo | 71 |
| Figura 61. Análisis de confort acústico en la cámara de ensayo..... | 72 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TEMA: LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Carlos Xavier Cando Pichucho.

TUTOR: Ing. Mg. Diego Chérrez.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental evaluó el uso del triturado de bolsas plásticas en la fabricación de bloques alivianados, con el objetivo de determinar la variación de temperatura y acondicionamiento acústico.

En primer lugar, se elaboró una dosificación de materiales en donde el agregado grueso se reemplazó por el 15 %, 25 %, 50 % y 75 % de triturado de bolsas plásticas, la cual se usó para fabricar los bloques.

Los bloques fueron ensayados a compresión, en el cual se constató que el bloque con 15 % de triturado de bolsas plásticas obtuvo un valor de resistencia a compresión de 3,78 Mpa lo cual da conocer que cumple con el valor mínimo de 3,5 Mpa de resistencia a compresión propuesto por la Norma NTE INEN 3066.

Luego se elaboraron paredes con los bloques, las cuales fueron puestas dentro de una cámara para evaluar la variación de temperatura y acondicionamiento acústico mediante sensores de temperatura y sonido, y el equipo Xplorer GLX, en donde se comprobó que la pared con 50 % de triturado de bolsas plásticas presenta la mejor variación de temperatura con una aislación de 34,91 °C y la pared con 15 % presenta el mejor acondicionamiento acústico con 47,35 dBA.

Finalmente se concluyó que el bloque con 15 % de triturado de bolsas plásticas presenta el mejor comportamiento en cuanto a resistencia a compresión, variación de temperatura, y acondicionamiento acústico para ser usado en viviendas unifamiliares en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TEMA: LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Carlos Xavier Cando Pichucho.

TUTOR: Ing. Mg. Diego Chérrez.

ABSTRACT

The present experimental work evaluated the use of the crushed plastic bags in the manufacture of relieved blocks, to determine the variation of temperature and acoustic conditioning.

In the first place, a material dosage was elaborated in which the coarse aggregate was replaced by 15%, 25%, 50% and 75% of plastic bags crushed, which was used to make the blocks.

The blocks were tested under compression, in which it was found that the block with 15% of crushed plastic bags obtained a compression resistance value of 3.78 Mpa which reveals that meets the minimum value of 3.5 Mpa of compressive strength proposed by Standard NTE INEN 3066.

Then, walls were made with the blocks, which were placed inside a chamber to evaluate the temperature variation and acoustic conditioning by temperature and sound sensors, and the Xplorer GLX equipment, where it was proved that the wall with 50% of crushed of plastic bags presents the best temperature variation with an insulation of 34.91 °C and the wall with 15% presents the best acoustic conditioning with 47.35 dBA.

Finally, it was concluded that the block with 15% of crushed plastic bags presents the best performance in terms of compression resistance, temperature variation, and acoustic conditioning to be used in single-family homes in Ambato canton, Tungurahua province.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La población de África actualmente prefiere comprar agua que vienen en bolsas plásticas porque el agua que proporciona el estado es de pésima calidad, estas bolsas de agua pertenecen al grupo de plásticos que se denominan Polietileno de baja densidad (PEBD). Al pasar el tiempo la compra de bolsas de agua por parte de la población africana ha ido aumentando y como son escasos los recicladores locales se ha producido contaminación en el medio ambiente. Para disminuir la contaminación ambiental en África se ha creado un nuevo material de la combinación de bolsas de plástico y arena. Las bolsas de plástico de PEBD fueron derretidas en una placa calefactora, la arena y el plástico derretido se colocaron en moldes de aceros cúbicos de 50x50x50 mm dando como resultado bloques. Estos bloques se caracterizan por su resistencia a la flexión, conductividad térmica, tener una resistencia a la compresión de hasta 27 MPa y ser utilizados como bloques de carretera y pavimento. [1]

En Indonesia con el fin de mitigar el impacto ambiental producido por el plástico se optó por utilizar bolitas de plástico de polietileno de baja densidad (LDPE) para la elaboración de un ladrillo. Elaboraron un ladrillo con la mezcla tradicional (cemento, arena y agua) y un ladrillo que reemplaza la arena con porcentajes de 20%, 25%, 30%, 40% y 50% de plástico. Establecieron que el ladrillo elaborado con 20 % de plástico da mejores resultados en comparación con los otros porcentajes. Al finalizar el estudio se estableció una comparación de peso, absorción, y resistencia a la compresión entre el ladrillo tradicional y el ladrillo elaborado con 20 % de bolitas de plástico. El ladrillo tradicional tuvo un peso de 1,789 g/cm³, porcentaje de absorción de 9,246 %, y resistencia a la compresión de 100,15 Kg/cm², y el ladrillo con LDPE tuvo un peso de 1,606 g/cm³, porcentaje de absorción de 7,111 %, y resistencia a la compresión de 43,05 Kg/cm². Concluyeron que al reemplazar el plástico por la arena se tiene la misma composición, pero también se disminuye el peso, porcentaje de absorción y resistencia a la compresión en comparación con el ladrillo tradicional. [2]

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) en Argentina fabrica elementos de la construcción utilizando diferentes tipos de plástico reciclables como el polietileno de tereftalato (PET) procedente de botellas plásticas, polietileno de baja densidad (LDPE) procedente de bolsas plásticas, poliestireno expandido (PS), cloruro de polivinilo (PVC), y polipropileno biorientado (BOPP). Los plásticos son triturados en un molino los cuales reemplazan áridos al ser incorporados en la mezcla de concreto tradicional, la nueva mezcla de hormigón es utilizada para crear placas y ladrillos. Los ladrillos son elaborados ya sea en una máquina para comprimir ladrillos o de manera manual utilizando moldes. Estos elementos de construcción son livianos, son muy fáciles de perforar y cortar, presentan una adecuada aislación térmica, excelente resistencia al fuego, y pueden ser utilizados en cerramientos de casas. [3]

Al noreste de Perú se encuentra la ciudad de Trujillo, en donde se emplearon polímeros para ser añadidos en la mezcla tradicional de hormigón que se utiliza para elaborar ladrillos de concreto. Para la elaboración del ladrillo se basaron en la Norma Técnica E.070 Albañilería y los materiales al ser empleados como el cemento, agregados, y agua fueron escogidos según el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y Normas Técnicas (ITINTEC). Los polímeros fueron añadidos a la mezcla tradicional de concreto reemplazando el agregado grueso y el agregado fino en porcentajes 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% del peso total del ladrillo. Al agregar polímeros reciclados a los ladrillos obtuvieron como resultado porcentajes de absorción muy bajos en comparación a lo propuesto por la Norma Técnica E.070 Albañilería, y así mismo concluyeron que son aptos para evitar daños estéticos y estructurales en edificaciones. [4]

Estudiantes de la Facultad de Tecnología de la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia han diseñado y construido una vivienda ecosostenible cuyos ladrillos, techos y columnas fueron elaboradas con plásticos como polietileno de baja densidad (bolsas plásticas), polietileno de alta densidad y polietileno de tereftalato (PET). La ventaja de este nuevo sistema de construcción es la presencia del plástico que mejora las características termodinámicas de la vivienda. La investigación propone soluciones de bajo costo a la generación energética utilizando fuentes renovables como es el plástico en general, y de esta manera también reduciendo la contaminación en el medio ambiente.[5]

En Ecuador en la ciudad de Quito por parte de los estudiantes Miguel Mauricio Bernal Paredes y Nelson Efraín Palacio Jiménez de la Universidad Central del Ecuador en su tesis de grado realizaron estudios sobre la incorporación de Polialuminio (PEAL) y el Polietileno de baja densidad (PEBD) en la mezcla de concreto para elaborar bloques huecos. Partieron de una mezcla tradicional que consiste en el uso de chasqui como agregado grueso, polvo azul como agregado fino, cemento como material ligante y agua, establecidos estos materiales realizaron reemplazos del agregado grueso por 27%, 34%, y 41% de PEAL y PEBD respectivamente en la dosificación. A los bloques realizaron ensayos a los 28 días de resistencia a compresión, absorción, y densidad según como esta descrito en la Norma NTE INEN 3066. Al finalizar la investigación dedujeron que el bloque con un reemplazo del 34 % de PEBD cumple con todos los parámetros de la norma NTE INEN 3066, dando como resultado una resistencia a la compresión de 4,84 MPa, absorción de agua de 248 Kg/cm³, y una densidad 1232 Kg/cm³. [6]

Nataly Jacqueline Orellana Ríos y María Ángela Serrano López estudiantes de la Universidad de Cuenca en su tesis de grado ejecutaron una investigación sobre el uso de Polietileno de alta densidad (PEAD) y Polietileno de baja densidad (PEBD) en la mezcla de concreto para elaborar bloques. Partieron de una mezcla que consiste en el uso de polvo de piedra como agregado grueso, polvo blanco como agregado fino, cemento como material ligante y agua, establecidos esos materiales realizaron reemplazos del agregado grueso y fino en la mezcla por el 10%,20%,30%, y 40 % de PEAD y PEBD respectivamente en la dosificación. A los bloques realizaron ensayos a los 28 días de resistencia a compresión según la norma NTE INEN 640, y absorción según la norma NTE INEN 642. Al concluir la investigación dedujeron que el reemplazo del 10 % de PEAD en la dosificación da como resultado una resistencia a la compresión promedio de 2,78 MPa quedando como un bloque de tipo D que se utilizan para paredes divisorias exteriores y paredes divisorias interiores, y una absorción promedio de 10.84 %, valor que no supera al 15 % de absorción establecido por la norma NTE 642. [7]

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el uso de bolsas plásticas en la elaboración de bloques alivianados para viviendas unifamiliares y su variación de temperatura y acondicionamiento acústico.

1.2.2 Objetivos Específicos

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

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

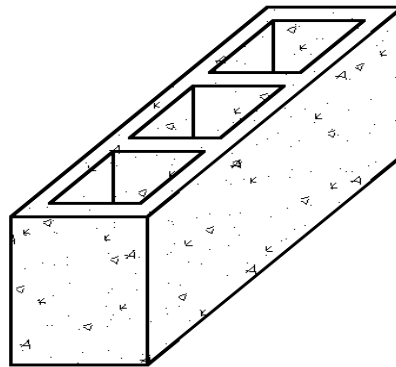
2.1 MATERIALES

Los materiales que se emplearon en la presente investigación fueron el bloque alivianado y el triturado de bolsas plásticas. El triturado de bolsas plásticas fue un material que se empleó como reemplazo del agregado grueso en porcentajes de 15%, 25%, 50% y 75 % con el propósito de evaluar la variación de temperatura y acondicionamiento acústico del bloque alivianado en el interior de una cámara de ensayo.

2.1.1 Bloque alivianado

El bloque alivianado es una pieza que tiene la forma de un paralelepípedo rectangular elaborado con agregados gruesos, agregados finos, cemento hidráulico y agua. [8]

Figura 1. Bloque Alivianado



Fuente: Xavier Cando

Los materiales más comunes utilizados para la fabricación de bloques son los siguientes:

- Chasqui
- Polvo
- Agua
- Cemento

2.1.1.1 Chasqui

El chasqui es un agregado grueso de origen natural conocido como piedra pómez que en la mayoría de su superficie exterior presenta poros y cavidades visibles, y es de un color blanco amarillento. Este material se forma de la lava seca de los volcanes, y se lo encuentra en las minas de un sitio llamado cerro Chasqui ubicado en las faldas del volcán Cotopaxi en nuestro país Ecuador. [9]

Figura 2. Mina de Chasqui



Fuente: Xavier Cando

2.1.1.2 Polvo

El polvo es un agregado fino de origen natural que se presenta de un color blanco que nace de las rocas volcánicas trituradas y comúnmente se extrae de minas ubicadas en las faldas del volcán Cotopaxi en nuestro país Ecuador. [9]

Figura 3. Mina de Polvo



Fuente: Xavier Cando

2.1.1.3 Agua

El agua es un líquido que se usa en el concreto como agua de amasado y agua de curado, el cual debe ser potable (apta para el consumo humano) y libre de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materiales inorgánicos. El agua de amasado se encarga de conferir trabajabilidad al hormigón y el agua de curado se encarga de dar hidratación al cemento, y evitar la retracción prematura del concreto. [10][11]

2.1.1.4 Cemento

El cemento es un ligante hidráulico que, al ser mezclados con agregado finos, gruesos y agua, este se fragua y endurece por reacción química entre estos materiales tanto en el aire como dentro del agua, creando de esta manera una masa pétreo resistente y duradera. [12]

2.1.2 Triturado de bolsas plásticas

El triturado de bolsas plásticas son partículas en forma de granos obtenidas de bolsas plásticas de polietileno y polipropileno. Este material fue empleado como reemplazo del agregado grueso para la fabricación de bloques alivianados, buscando de esta manera aportar a la reducción del impacto ambiental en el planeta.

Figura 4. Triturado de bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Obtención del Triturado de Bolsas Plásticas

El triturado de bolsas plásticas se obtuvo de manera gratuita a través de la empresa Ecuaplastic, la cual cuenta con una máquina de lavado y secado, y una máquina llamada aglutinadora.

Esta empresa presta los servicios de maquinaria y mano de obra, pero las bolsas plásticas se tuvieron que recolectar a través de empresas recicladoras y recicladores ambulantes para triturarlas.

Figura 5. Bolsas plásticas recicladas



Fuente: Xavier Cando

Las bolsas plásticas recolectadas que presentaron contaminación se colocaron dentro de una máquina para lavarlas y secarlas, esto se hace con el fin de dejarlas libres de residuos de comida e impurezas como las grasas.

Figura 6. Máquina de lavado y secado



Fuente: Xavier Cando

Al final, se colocaron las bolsas plásticas dentro de una maquina denominada como aglutinadora que está formada por un tanque vertical con agitadores, estos agitadores generan calor y funden a las bolsas plásticas creando de esta manera pequeñas partículas de plástico en forma de granos.

Figura 7. Aglutinadora



Fuente: Xavier Cando

2.2.2 Dosificación para el bloque alivianado

Para establecer la dosificación para el bloque alivianado se utilizó el método de la densidad óptima, método que consiste en obtener con precisión la cantidad de material ya sea al peso o en volumen.

Para cumplir con los parámetros del método de la densidad óptima se optó por seguir el procedimiento descrito en [11] que es el siguiente:

2.2.2.1 Ensayo de los materiales

Los ensayos de materiales que se realizaron fueron los siguientes:

- Granulometría del agregado fino y agregado grueso.
- Densidad aparente suelta y compactada del agregado fino y agregado grueso.
- Densidad real del cemento.
- Densidad real del agregado fino y agregado grueso.
- Capacidad de absorción del agregado fino y agregado grueso.
- Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso.

2.2.2.1.1 Ensayo de Granulometría

El análisis granulométrico consiste en determinar los tamaños de las partículas que tiene una muestra de material de agregado fino o agregado grueso utilizando tamices o también por medio de rejillas o cribas. [13]

a. Ensayo de Granulometría del agregado fino.

El ensayo de granulometría del agregado fino se realizó basándose en el procedimiento descrito en [14].

Para este ensayo se tomó en un recipiente una muestra representativa de material, la cual fue puesta al aire libre con el fin de dejar la muestra sin humedad.

Al establecer la muestra de material se escogió los tamices #4, #8, #16, #30, #50, #100, y #200 que son de la serie de tyler, los cuales fueron colocados de forma vertical y ordenados de manera decreciente.

La muestra de material se colocó en la parte superior de los tamices ordenados, luego los tamices junto con el material se colocaron en un agitador de tamices mecánico por un periodo de tiempo de 10 minutos.

Al pasar los 10 minutos se apagó el agitador de tamices y cada muestra de material retenida en los tamices se colocó en un recipiente y se tomó el peso en una balanza.

Figura 8. Análisis granulométrico del agregado fino



Fuente: Xavier Cando

b. Ensayo de Granulometría del agregado grueso

El ensayo de granulometría del agregado grueso se realizó basándose en el procedimiento descrito en [14].

Para este ensayo se tomó en un recipiente una muestra representativa de material, la cual fue puesta al aire libre con el fin de dejar la muestra sin humedad.

Al establecer la muestra de material se escogió los tamices 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", y #4 que son de la serie de tyler, los cuales fueron colocados de forma vertical y ordenados de manera decreciente.

La muestra de material se colocó en la parte superior de los tamices ordenados, luego de manera manual se movió los tamices de un lado al otro hasta que las partículas de la muestra se dispersen y vayan quedando en cada tamiz.

Al terminar esta acción, cada muestra de material retenida en los tamices se colocó en un recipiente y se tomó el peso en una balanza.

Figura 9. Análisis granulométrico del agregado grueso



Fuente: Xavier Cando

2.2.2.1.2 Ensayo de densidad aparente

La densidad aparente se define como el volumen total de un agregado, incluido el volumen individual de cada partícula y el volumen de vacíos que existe entre partículas. Este ensayo se puede realizar para el agregado grueso o agregado fino en condición suelta o compactada [15]

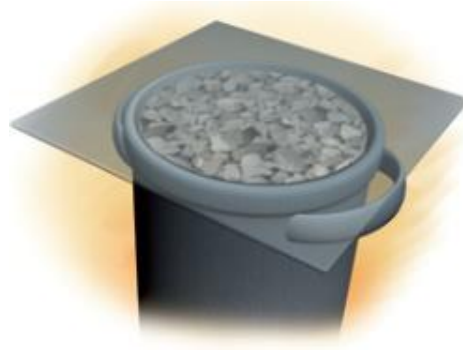
a. Ensayo de densidad aparente suelta

La densidad aparente suelta de un agregado se determinó mediante el método por paladas, método que se encuentra descrito en [15].

Para este ensayo se escogió un molde cilíndrico de acero con asas en los extremos, impermeable y con capacidad adecuada. Del molde se obtuvo la medida del diámetro con la ayuda de un escalímetro y la medida de la altura con la ayuda de un flexómetro, con estos valores se calculó el volumen total del molde. Además, otro dato importante que se tomó fue el peso del molde vacío en una balanza.

Al tener establecido el molde se tomó en una bandeja una muestra representativa de material, la cual fue puesta al aire libre con el fin de dejar la muestra sin humedad. Esta muestra se colocó dentro de un molde hasta llenarlo por completo por medio de una pala, tomando en cuenta que el material se debe descargar desde una altura no mayor a 50 mm, altura que se consideró desde la parte superior del molde. Para finalizar el ensayo se niveló la parte superior del molde con una regleta recta y se pesó en una balanza el molde lleno con la muestra de material.

Figura 10. Densidad aparente suelta



Fuente: El concreto en la obra [16]

b. Ensayo de densidad aparente compactada

La densidad aparente compactada de un agregado se determinó mediante el método por varillado, método que se encuentra descrito en [15].

Para este ensayo se escogió un molde y una varilla de compactación. Del molde se obtuvo la medida del diámetro con la ayuda de un escalímetro y la medida de la altura con la ayuda de un flexómetro, con estos valores se calculó el volumen total del molde. Además, otro dato importante que se tomó fue el peso del molde vacío en una balanza.

Al tener establecido el molde se tomó en una bandeja una muestra representativa de material, la cual fue puesta al aire libre con el fin de dejar la muestra sin humedad. Esta muestra se colocó hasta la tercera parte del molde, luego se niveló la superficie y se compactó esa capa uniformemente 25 veces con la varilla. Después se llenó los dos tercios del molde con el material, se niveló la capa y se compactó uniformemente 25 veces con la varilla. Luego se llenó el molde con material hasta rebosar, se niveló la capa y se compactó uniformemente 25 veces con la varilla. Al finalizar se pesó el molde lleno en una balanza.

Figura 11. Densidad aparente compactada



Fuente: El concreto en la obra [16]

2.2.2.1.3 Ensayo de densidad real del cemento hidráulico

La densidad real del cemento hidráulico se define como relación que existe entre la masa del cemento y el volumen de un líquido no reactivo. Este ensayo se encuentra descrito en [17].

Para este ensayo se usó una muestra representativa de cemento, un líquido no reactivo como la gasolina y un frasco denominado como picnómetro.

La muestra de cemento se introdujo dentro del picnómetro y se tomó el peso en una balanza. Esta muestra se desalojó del frasco, al estar vacío el picnómetro se llenó con gasolina hasta la línea de aforo y se tomó el peso en una balanza.

Al estar la gasolina dentro del picnómetro se introdujo nuevamente la muestra de cemento, luego se agito el frasco hasta que las burbujas de aire desaparezcan de su interior. Al finalizar el ensayo se pesó el picnómetro junto con la gasolina y la muestra de material en una balanza.

Figura 12. Densidad real del cemento hidráulico.



Fuente: Xavier Cando

2.2.2.1.4 Ensayo de Densidad Real

La densidad real se define como la relación entre la densidad de los materiales y la densidad del agua desalojada. Este ensayo se puede realizar para el agregado fino y el agregado grueso [18].

a. Ensayo de densidad real del agregado fino

La densidad real del agregado fino se determinó mediante el método gravimétrico, método que se encuentra descrito en [18].

Para este ensayo se escogió una representativa muestra de material y se colocó dentro de un balde con agua por un periodo de tiempo de 24 ± 4 horas, transcurrido el tiempo se extrajo la muestra del balde y se colocó en una bandeja metálica al aire libre para secarla y alcanzar la condición saturada superficialmente seca.

La muestra en condición saturada superficialmente seca se introdujo dentro del picnómetro y se tomó el peso en una balanza. Esta muestra se desalojó del frasco, y al estar vacío el picnómetro se llenó con agua hasta la línea de aforo y se tomó el peso en una balanza.

Al estar el agua dentro del picnómetro se introdujo nuevamente la muestra de material, luego se agito el frasco hasta que las burbujas de aire desaparezcan de su interior. Al finalizar el ensayo se pesó el picnómetro junto con la gasolina y la muestra de material en una balanza.

Figura 13. Densidad real del agregado fino.



Fuente: Xavier Cando

b. Ensayo de densidad real del agregado grueso

La densidad real del agregado grueso se determinó mediante el procedimiento descrito en [19].

Para este ensayo se escogió una representativa muestra de material y se colocó dentro de un balde con agua por un periodo de tiempo de 24 ± 4 horas, transcurrido el tiempo se extrajo la muestra del balde y se colocó en una bandeja metálica, se tomó cada partícula y se froto con una franela hasta alcanzar la condición saturada superficialmente seca.

Luego se escogió una canasta de alambre de malla fina, se tendió con una piola en una balanza y se obtuvo el peso al aire de la canasta.

La muestra de material en condición saturada superficialmente seca se colocó dentro de la canasta, se tendió con una piola en una balanza y se obtuvo el peso al aire. Para finalizar el ensayo se tomó la misma canasta con la muestra de material, se colocó dentro de un tanque con agua suspendida con una piola y se tomó el peso.

Figura 14. Densidad real del agregado grueso



Fuente: Xavier Cando

2.2.2.1.5 Ensayo de Absorción

La absorción se define como el aumento de masa del agregado a causa de la inclusión de agua dentro de los poros de las partículas. [20]

a. Ensayo de absorción de agregado fino

La absorción del agregado fino se determinó mediante el procedimiento descrito en [18].

Para este ensayo se escogió una representativa muestra de material y se colocó dentro de un balde con agua por un periodo de tiempo de 24 ± 4 horas, transcurrido el tiempo se extrajo la muestra del balde y se colocó en una bandeja metálica al aire libre para secarla y alcanzar la condición saturada superficialmente seca.

Una pequeña parte de la muestra de material saturada superficialmente seca se colocó en un recipiente y se tomó el peso en una balanza, luego se introdujo esta muestra dentro de un horno a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante un periodo de tiempo de 24 horas. Transcurridas las 24 horas se extrajo la muestra de material del horno y

se dejó enfriar al ambiente 1 hora o hasta 3 horas. Para finalizar el ensayo se tomó el peso de la muestra seca en una balanza.

Figura 15. Ensayo de absorción del agregado fino.



Fuente: Xavier Cando

b. Ensayo de absorción del agregado grueso

La absorción del agregado grueso se determinó mediante el procedimiento descrito en [19].

Para este ensayo se escogió una representativa muestra de material y se colocó dentro de un balde con agua por un periodo de tiempo de 24 ± 4 horas, transcurrido el tiempo se extrajo la muestra del balde y se colocó en una bandeja metálica, se tomó cada partícula y se froto con una franela hasta alcanzar la condición saturada superficialmente seca.

Una pequeña parte de la muestra de material saturada superficialmente seca se colocó en un recipiente y se tomó el peso en una balanza, luego se introdujo esta muestra dentro de un horno a una temperatura de $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ durante un periodo de tiempo de 24 horas. Transcurridas las 24 horas se extrajo la muestra de material del horno y se dejó enfriar al ambiente 1 hora o hasta 3 horas. Para finalizar el ensayo se tomó el peso de la muestra seca en una balanza.

Figura 16. Ensayo de absorción de agregado grueso



Fuente: Xavier Cando

2.2.2.1.6 Ensayo de Contenido de Humedad

El contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso se realizó mediante el procedimiento descrito en [21].

Para este ensayo se escogió una representativa muestra de material en estado natural, es decir se escogió el material tal y como viene de las minas. Esta muestra se colocó en un recipiente y se tomó el peso en una balanza.

El recipiente junto con la muestra se introdujo dentro de un horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de tiempo de 24 horas. Al pasar las 24 horas se extrajo la muestra del horno y se dejó enfriar al ambiente 1 hora o hasta 3 horas. Para finalizar este ensayo se pesó la muestra seca en una balanza.

Figura 17. Contenido de humedad.



Fuente: Xavier Cando

2.2.2.2 Relación agua/cemento

La relación agua/cemento se obtuvo tomando en cuenta la resistencia a la compresión a los 28 días y con el uso de la tabla 1.

Tabla 1. Relación agua/cemento

| Resistencia a la compresión a los 28 días en Mpa (f'c) | Relación agua/cemento (W/C) |
|---|------------------------------------|
| 45 | 0.37 |
| 42 | 0.40 |
| 40 | 0.42 |
| 35 | 0.46 |
| 32 | 0.50 |
| 30 | 0.51 |
| 28 | 0.52 |
| 25 | 0.55 |
| 24 | 0.56 |
| 21 | 0.58 |
| 18 | 0.60 |
| 15 | 0.62 |
| 12 | 0.64 |
| 9 | 0.66 |
| 6 | 0.67 |
| 4 | 0.69 |
| 3 | 0.69 |
| 2 | 0.70 |
| 1 | 0.70 |

Fuente: Hormigón [11]

2.2.2.3 Densidad real de la mezcla de los agregados

La densidad real de la mezcla de los agregados finos y gruesos se obtuvo mediante la densidad real de agregado fino y grueso, y el porcentaje óptimo de agregado fino y agregado grueso.

$$DRM = \frac{DRF \times POF + DRG \times POG}{100}$$

Donde:

DRA = Densidad real de la mezcla de los agregados finos y agregados gruesos.

DRF = Densidad real del agregado fino.

POF = Porcentaje óptimo del agregado fino.

DRG = Densidad real del agregado grueso.

POG = Porcentaje óptimo del agregado grueso.

2.2.2.4 Porcentaje óptimo de vacíos

El porcentaje óptimo de vacíos se obtuvo mediante la densidad real de la mezcla de agregados finos y gruesos, y la densidad óptima de la mezcla de agregados finos y gruesos.

$$POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$$

Donde:

POV = Porcentaje óptimo de vacíos.

DRM = Densidad real de la mezcla de los agregados finos y gruesos.

DOM = Densidad óptima de la mezcla de los agregados finos y gruesos.

2.2.2.5 Cantidad de pasta de cemento

La cantidad de pasta de cemento se obtuvo tomando en cuenta el asentamiento y con el uso de la tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de pasta de cemento.

| Asentamiento en cm | Cantidad de Pasta en % |
|--------------------|------------------------|
| 0 - 3 | POV + 2% + 3% (POV) |
| 3 - 6 | POV + 2% + 6% (POV) |
| 6 - 9 | POV + 2% + 8% (POV) |
| 9 - 12 | POV + 2% + 11% (POV) |
| 12 - 15 | POV + 2% + 13% (POV) |

Fuente: Hormigón [11]

2.2.2.6 Cantidad de cemento

La cantidad de cemento se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

Donde:

C = Cantidad de cemento.

CP = Cantidad de pasta de cemento.

$\frac{W}{C}$ = Relación de agua/cemento.

DRC = Densidad real del cemento.

2.2.2.7 Cantidad de agua

La cantidad de agua se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W}{C} \times C$$

Donde:

W = Cantidad de agua.

$\frac{W}{C}$ = Relación de agua/cemento.

C = Cantidad de cemento.

2.2.2.8 Cantidad de agregado fino

La cantidad de agregado fino se obtuvo mediante la densidad real del agregado fino, el porcentaje óptimo de agregado fino, y la cantidad de pasta de cemento.

$$A = (1000 - CP) \times DRF \times \frac{POF}{100}$$

Donde:

A = Cantidad de agregado fino.

CP = Cantidad de pasta.

DRF = Densidad real de agregado fino.

POF = Porcentaje óptimo de agregado fino.

2.2.2.9 Cantidad de agregado grueso

La cantidad de agregado grueso se obtuvo mediante la densidad real del agregado grueso, el porcentaje óptimo de agregado grueso, y la cantidad de pasta de cemento.

$$R = (1000 - CP) \times DRG \times \frac{POF}{100}$$

Donde:

R = Cantidad de agregado grueso.

CP = Cantidad de pasta.

DRG = Densidad real de agregado grueso.

POG = Porcentaje óptimo de agregado grueso.

Al haber completado todo el procedimiento del método de la densidad óptima se obtuvo la siguiente dosificación:

Tabla 3. Resultados de la dosificación inicial por el método de la densidad óptima

| MATERIAL | CANTIDAD EN Kg POR CADA m ³ DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO |
|----------|--|----------------------|
| W | 150,62 | 0,69 |
| C | 218,29 | 1,00 |
| A | 742,07 | 3,40 |
| R | 396,18 | 1,81 |

Fuente: Xavier Cando

La dosificación establecida en la Tabla 3 es para una resistencia a la compresión de 4 MPa a los 28 días de edad.

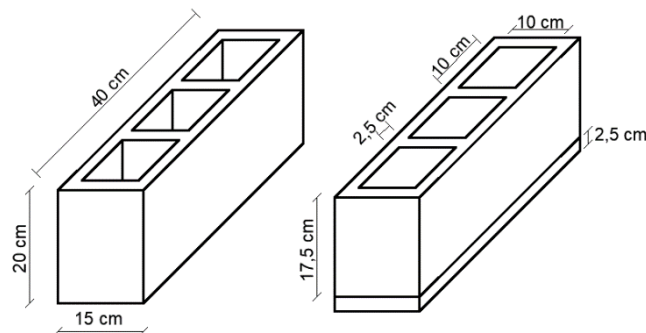
2.2.3 Fabricación de los bloques alivianados

La fabricación de los bloques se realizó mediante el siguiente procedimiento:

2.2.3.1 Dimensiones del bloque

Las dimensiones del bloque fueron establecidas como primer paso para la fabricación de los bloques, debido a que se utilizaron dichas medidas para la obtención del volumen total del bloque sin incluir el volumen de los huecos el cual es de 0,00675 m³. Valor que se utilizó para establecer la cantidad de material a pesar.

Figura 18. Dimensiones del bloque



Fuente: Xavier Cando

2.2.3.2 Peso de los materiales

Para el peso de los materiales se tomó en cuenta el volumen del bloque y la cantidad de bloques a fabricar los cuales fueron en total 12, tomando en cuenta 3 bloques de desperdicio.

Luego al tomar en cuenta que la dosificación expuesta en la Tabla 3 son cantidades de material que se obtuvieron considerando que los agregados estaban en condición saturada superficialmente seca, se realizó una corrección por humedad con los valores de la capacidad de absorción y el contenido de humedad de los agregados.

a. Cantidad de material para bloques INEN 3066.

Las cantidades de material expuesta en la Tabla 4 corresponden a la dosificación inicial, la cual debe cumplir una resistencia a la compresión de 4 MPa a los 28 días de edad expresada en la Norma INEN 3066.

Tabla 4. Cantidad de material para bloques INEN 3066

| Volumen Bloque: | 0,00675 | | m3 | Volumen total: | 0,10125 | | m3 | |
|--------------------------|---|-----------------------------|---|-------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| Cantidad Bloques: | 12 | | u | Desperdicio: | 3 | | u | |
| Material | Cantidad en Kg para 1 m3 de hormigón | Dosificación al peso | Cantidad para Volumen de bloques | Corrección por Humedad | | | | Cantidad para mezclar |
| | | | | C.A% | C.H% | CA% - C.H% | Peso en kg | |
| W | 150,62 | 0,69 | 15,25 | | | | 20,96 | 36,21 |
| C | 218,29 | 1,00 | 22,10 | | | | | 22,10 |
| A | 742,07 | 3,40 | 75,13 | 26,65 | 14,74 | 11,90 | 8,94 | 66,19 |
| R | 396,18 | 1,81 | 40,11 | 58,21 | 28,25 | 29,96 | 12,02 | 28,09 |

Fuente: Xavier Cando

b. Cantidad de material para bloques con 15 % de triturado de bolsas plásticas

Las cantidades de material expuesta en la Tabla 5 se realizó reemplazando el agregado grueso con un 15 % del triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial.

Tabla 5. Cantidad de material para bloques con 15 % de triturado de bolsas plásticas

| Volumen Bloque: | | 0,00675 | m3 | Volumen total: | | | 0,10125 | m3 | Sustitución: | 15% | T.B.P. | |
|--------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| Cantidad Bloques: | | 12 | u | Desperdicio: | | | 3 | u | | | | |
| Material | Cantidad en Kg para 1 m3 de hormigón | Dosificación al peso | Cantidad a mezclar Kg | Densidad aparente suelta Kg/dm3 | Volumen en dm3 | Volumen con 15 % T.B.P. dm3 | Cantidad con 15 % T.B.P. Kg | Corrección por humedad | | | | Cantidad a mezclar Kg |
| | | | | | | | | C.A % | C.H % | C.A % - C.H % | Peso en Kg | |
| W | 150,62 | 0,69 | 36,21 | | | | 36,21 | | | | 0,03 | 36,25 |
| C | 218,29 | 1,00 | 22,10 | | | | 22,10 | | | | | 22,10 |
| A | 742,07 | 3,40 | 66,19 | 0,81 | 81,49 | 81,49 | 66,19 | | | | | 66,19 |
| R | 396,18 | 1,81 | 28,09 | 0,60 | 47,15 | 40,08 | 23,88 | | | | | 23,88 |
| T.B.P. | - | - | - | 0,38 | | 7,07 | 2,69 | 2,08 | 0,83 | 1,25 | 0,03 | 2,65 |

Fuente: Xavier Cando

c. Cantidad de material para bloques con 25 % de triturado de bolsas plásticas

Las cantidades de material expuesta en la Tabla 6 se realizó reemplazando el agregado grueso con un 25 % del triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial.

Tabla 6. Cantidad de material para bloques con 25 % de triturado de bolsas plásticas

| Volumen Bloque: | | 0,00675 | m3 | Volumen total: | | | 0,10125 | m3 | Sustitución: | 25% | T.B.P. | |
|--------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| Cantidad Bloques: | | 12 | u | Desperdicio: | | | 3 | u | | | | |
| Material | Cantidad en Kg para 1 m3 de hormigón | Dosificación al peso | Cantidad a mezclar Kg | Densidad aparente suelta Kg/dm3 | Volumen en dm3 | Volumen con 25 % T.B.P. dm3 | Cantidad con 25 % T.B.P. Kg | Corrección por humedad | | | | Cantidad a mezclar Kg |
| | | | | | | | | C.A % | C.H % | C.A % - C.H % | Peso en Kg | |
| W | 150,62 | 0,69 | 36,21 | | | | 36,21 | | | | 0,06 | 36,27 |
| C | 218,29 | 1,00 | 22,10 | | | | 22,10 | | | | | 22,10 |
| A | 742,07 | 3,40 | 66,19 | 0,81 | 81,49 | 81,49 | 66,19 | | | | | 66,19 |
| R | 396,18 | 1,81 | 28,09 | 0,60 | 47,15 | 35,37 | 21,07 | | | | | 21,07 |
| T.B.P. | - | - | - | 0,38 | | 11,79 | 4,46 | 2,08 | 0,83 | 1,25 | 0,06 | 4,40 |

Fuente: Xavier Cando

d. Cantidad de material para bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas

Las cantidades de material expuesta en la Tabla 7 se realizó reemplazando el agregado grueso con un 50 % del triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial.

Tabla 7. Cantidad de material para bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas

| Volumen Bloque: | | 0,00675 | m3 | Volumen total: | | | 0,10125 | m3 | Sustitución: | 50% | T.B.P. | |
|--------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| Cantidad Bloques: | | 12 | u | Desperdicio: | | | 3 | u | | | | |
| Material | Cantidad en Kg para 1 m3 de hormigón | Dosificación al peso | Cantidad a mezclar Kg | Densidad aparente suelta Kg/dm3 | Volumen en dm3 | Volumen con 50 % T.B.P. dm3 | Cantidad con 50 % T.B.P. Kg | Corrección por humedad | | | | Cantidad a mezclar Kg |
| | | | | | | | | C.A % | C.H % | C.A % - C.H % | Peso en Kg | |
| W | 150,62 | 0,69 | 36,21 | | | | 36,21 | | | | 0,11 | 36,32 |
| C | 218,29 | 1,00 | 22,10 | | | | 22,10 | | | | | 22,10 |
| A | 742,07 | 3,40 | 66,19 | 0,81 | 81,49 | 81,49 | 66,19 | | | | | 66,19 |
| R | 396,18 | 1,81 | 28,09 | 0,60 | 47,15 | 23,58 | 14,05 | | | | | 14,05 |
| T.B.P. | - | - | - | 0,38 | | 23,58 | 8,92 | 2,08 | 0,83 | 1,25 | 0,11 | 8,80 |

Fuente: Xavier Cando

d. Cantidad de material para bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas

Las cantidades de material expuesta en la Tabla 8 se realizó reemplazando el agregado grueso con un 75 % del triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial.

Tabla 8. Cantidad de material para bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas

| Volumen Bloque: | | 0,00675 | | m3 | Volumen total: | | 0,10125 | | m3 | Sustitución: | 75% | T.B.P. |
|--------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| Cantidad Bloques: | | 12 | | u | Desperdicio: | | 3 | | u | | | |
| Material | Cantidad en Kg para 1 m3 de hormigón | Dosificación al peso | Cantidad a mezclar Kg | Densidad aparente suelta Kg/dm3 | Volumen en dm3 | Volumen con 75 % T.B.P. dm3 | Cantidad con 75 % T.B.P. Kg | Corrección por humedad | | | | Cantidad a mezclar Kg |
| | | | | | | | | C.A % | C.H % | C.A % - C.H % | Peso en Kg | |
| W | 150,62 | 0,69 | 36,21 | | | | 36,21 | | | | 0,17 | 36,38 |
| C | 218,29 | 1,00 | 22,10 | | | | 22,10 | | | | | 22,10 |
| A | 742,07 | 3,40 | 66,19 | 0,81 | 81,49 | 81,49 | 66,19 | | | | | 66,19 |
| R | 396,18 | 1,81 | 28,09 | 0,60 | 47,15 | 11,79 | 7,02 | | | | | 7,02 |
| T.B.P. | - | - | - | 0,38 | | 35,37 | 13,37 | 2,08 | 0,83 | 1,25 | 0,17 | 13,21 |

Fuente: Xavier Cando

2.2.3.3 Mezcla de materiales

Los materiales pesados se colocaron en una superficie plana y limpia, en donde primero se colocó el polvo y el cemento, los cuales se mezclaron de un extremo a otro con una pala hasta tener uniformidad entre ellos, seguido de esto se colocó el chasqui y así mismo se mezcló con la pala de un extremo a otro hasta tener uniformidad entre ellos, luego se colocó el triturado de bolsas plásticas y se mezcló hasta que aparezca una masa de material uniforme en color y consistencia. Para finalizar se colocó en la mezcla de materiales la cantidad de agua establecida en la dosificación y se mezcló hasta obtener una masa de concreto homogénea.

Figura 19. Mezcla de materiales



Fuente: Xavier Cando

2.2.3.4 Moldeo de los bloques

El moldeo de bloques se realizó en una fábrica de bloques con la ayuda de una máquina denominada bloquera

Para comenzar con la elaboración de los bloques se colocó aceite de motor quemado en las paredes interiores de los moldes, además estos moldes se colocaron sobre una bandeja de madera la cual también se froto aceite en su superficie.

La mezcla de materiales se colocó en los moldes de tal manera que estén completamente llenos. Luego se aplicó una pre-compactación para verificar si los moldes están llenos, si no lo estaban se procedía nuevamente a colocar más mezcla de material en los moldes hasta rebosar.

Al estar llenos los moldes, se procedió a compactar con los apisonadores el material durante un periodo de tiempo de 30 segundos, en donde se tomó en cuenta que no se escurra el material por las paredes del molde.

Luego de compactar el material dentro de los moldes se retiró los apisonadores de manera rápida, dejando los bloques fabricados sobre las bandejas.

Figura 20. Moldeo de los bloques



Fuente: Xavier Cando

2.2.3.5 Fraguado de los bloques

Los bloques fabricados junto con las bandejas de madera se colocaron en el patio de la fábrica, en el cual reposaron por un periodo de 24 horas para que adquieran dureza y poder ser transportados a una cámara de curado.

Figura 21. Fraguado de bloques



Fuente: Xavier Cando

2.2.3.6 Curado de los bloques

Los bloques fueron curados dentro de una cámara con agua en donde permanecieron por un periodo de tiempo de 7 días.

Figura 22. Curado de los bloques



Fuente: Xavier Cando

Al pasar los 7 días, los bloques fueron extraídos de la cámara y puestos en un lugar cerrado libre del sol y la lluvia por un periodo de tiempo de 21 días. Al cumplirse los 28 días los bloques estaban en condiciones para ser ensayados.

2.2.4 Ensayo de los bloques

Los ensayos que se realizaron a los bloques fueron los siguientes:

- Resistencia a la compresión.
- Térmico y Acústico.

2.2.4.1 Resistencia a la compresión

La Resistencia a la compresión es obtenida de la división entre la carga máxima de rotura y el área bruta o neta del bloque, y se realizó mediante el procedimiento descrito en [8].

Para comenzar con este ensayo se escogió 3 especímenes de bloques, para lo cual se tomó en cuenta que estén libres de fisuras y cortes.

Las superficies superior e inferior de cada bloque se limpiaron con una lija hasta dejarlas libres de material adherido, y se tomaron las dimensiones para calcular el área neta.

La máquina de compresión SHIMADZU funciona juntamente con el software TRAPEZIUM X, para lo cual en este software se registró el número de especímenes, el área neta y la altura de cada bloque.

Figura 23. Configuración del software de la máquina de compresión



Fuente: Xavier Cando

Luego en la máquina de compresión se colocó una placa metálica en la parte inferior, seguido se colocó el bloque y por último se puso otra placa metálica en la parte superior del bloque, y se dio inicio al ensayo de compresión.

Figura 24. Ensayo de compresión de los bloques



Fuente: Xavier Cando

2.2.4.2 Ensayo Térmico y Acústico

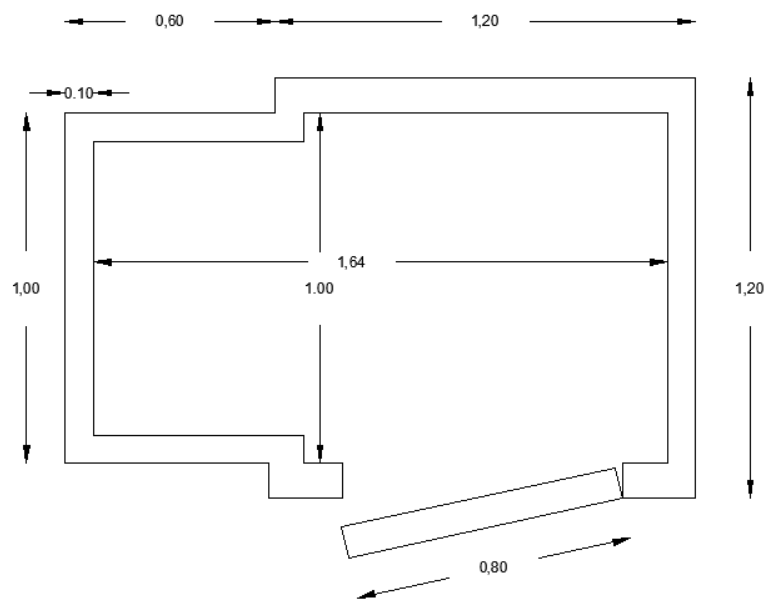
2.2.4.2.1 Fabricación de la cámara de ensayo

La cámara de ensayo se fabricó tomando en cuenta algunas consideraciones descritas en [22].

a. Dimensiones de la cámara de ensayo

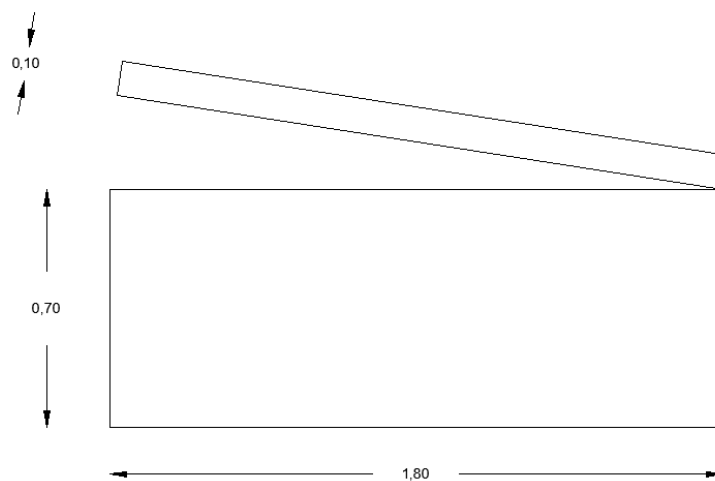
Las dimensiones de la cámara de ensayo fueron tomadas en cuenta en función a las medidas de los bloques alivianados y los parámetros descritos en [23], las cuales se muestran en planta en la Figura 25 y en elevación en la Figura 26.

Figura 25. Vista en planta de la cámara de ensayo



Fuente: Xavier Cando

Figura 26. Vista en elevación de la cámara de ensayo



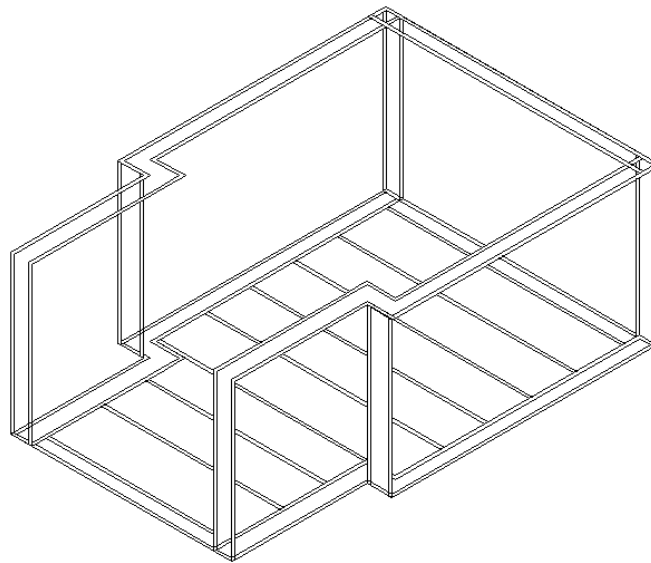
Fuente: Xavier Cando

b. Armazón de la cámara de ensayo

El armazón de la cámara de ensayo se realizó de estructura metálica con perfiles tubulares cuadrados. Estos perfiles tienen como dimensiones de 15 mm por lado y 1.5 mm de espesor.

Los perfiles fueron cortados según las medidas que se muestran en las Figuras 25 y 26 y se soldaron.

Figura 27. Armazón de estructura metálica de la cámara de ensayo

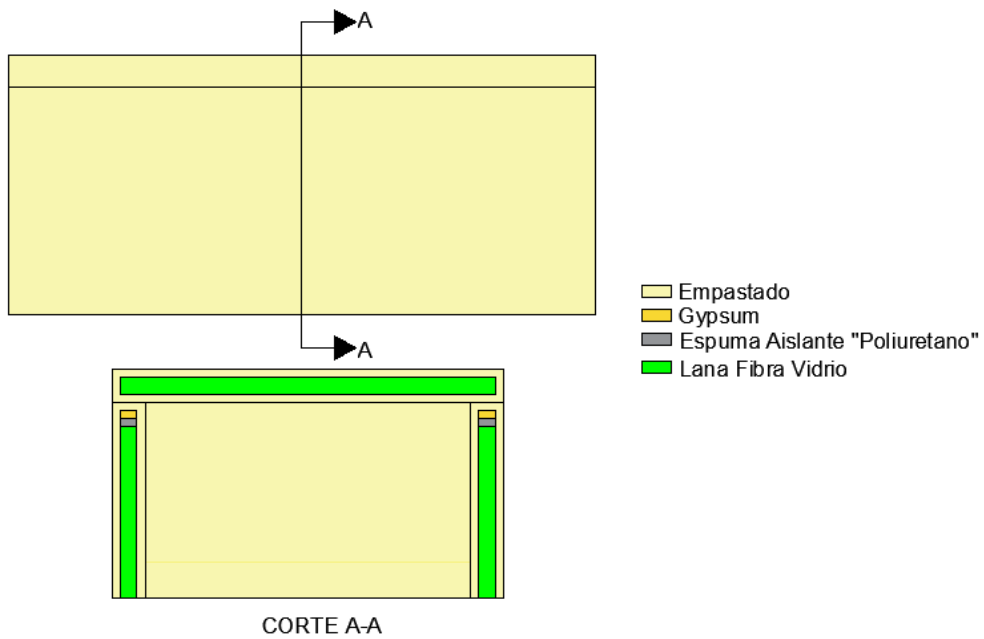


Fuente: Xavier Cando

c. Acabados de la cámara de ensayo

La cámara de ensayo en la parte interior fue cubierta con lana de fibra de vidrio de 5 cm, luego se cubrió el exterior de las paredes con gypsum de 10 mm, y por último se colocó una capa de espuma aislante, y como acabado final una capa de empastado.

Figura 28. Acabados de la cámara de ensayo



Fuente: Xavier Cando

Al terminar de colocar los acabos se deja secar la cámara por un periodo de 15 días.

Figura 29. Cámara de ensayo

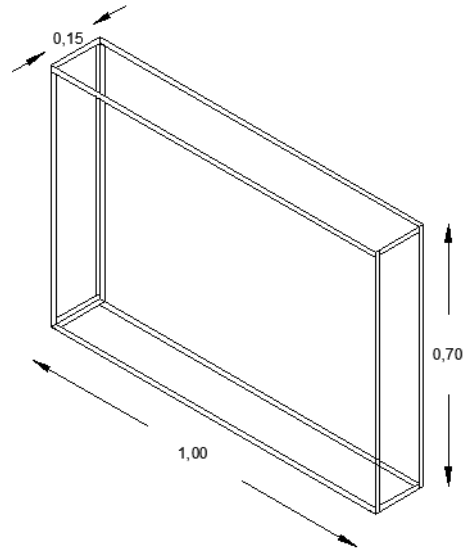


Fuente: Xavier Cando

2.2.4.2.2 Elaboración de moldes

Para el ensayo térmico y acústico se elaboró 6 moldes de estructura metálica con perfiles tubulares cuadrados, estos perfiles fueron los mismos que se usaron en la elaboración del armazón de la cámara de ensayo.

Figura 30. Molde para las paredes de ensayo

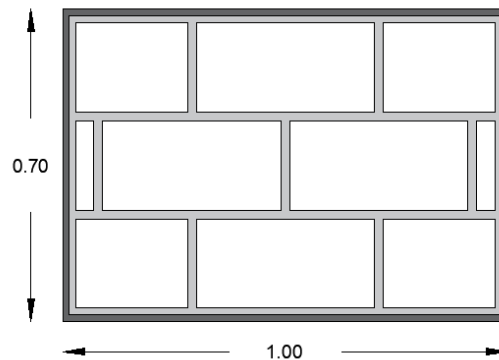


Fuente: Xavier Cando

2.2.4.2.3 Elaboración de paredes

Las paredes que se elaboraron fueron 6, las cuales se formaron con los bloques INEN 3066, bloques con 15 %, 25%, 50 % y 75 % de triturado de bolsas plásticas y también con bloques artesanales que se ofertan en el mercado sin control de normativa. Para cada pared se utilizó 9 bloques, en donde se ocupó 2 cm de mortero para pegar cada bloque.

Figura 31. Pared de ensayo



Fuente: Xavier Cando

2.2.4.2.3 Equipos para el ensayo térmico y acústico

Los equipos que se usaron para el ensayo térmico y acústico fueron los siguientes:

Para la medición de temperatura y sonido se usó dos equipos denominados como Xplorer GLX marca Pasco.

Figura 32. Equipo Xplorer GLX



Fuente: Xavier Cando

Para generar una fuente de calor se usó 6 fotos de 100 W conectados en un solo circuito y para la fuente de sonido se usó un parlante.

Figura 33. Fuente de calor y fuente de sonido



Fuente: Xavier Cando

Además, se usó 4 sensores para medir la variación de temperatura y 2 sensores para la medición del sonido.

Figura 34. Sensor de medición de temperatura y sonido



Fuente: Xavier Cando

2.2.4.2.4 Ensayo Térmico

Para el ensayo térmico se tomó en cuenta las consideraciones descritas en [22] y [24], el cual se desarrolló mediante el siguiente procedimiento:

a. Ubicación de la pared de ensayo

La pared fue ubicada de forma vertical en el interior de la cámara de ensayo como se muestra a continuación:

Figura 35. Ubicación de la pared para ensayo térmico

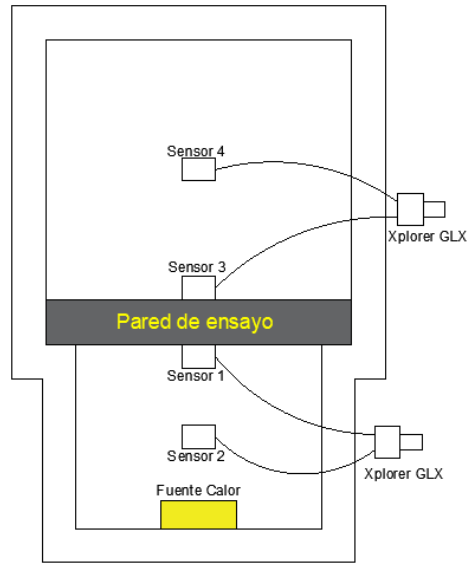


Fuente: Xavier Cando

b. Ubicación de los equipos de medición térmico

Para el ensayo se usó una fuente de calor y dos equipos Xplorer GLX es necesario indicar que cada equipo contiene dos sensores. Con uno de estos equipos se midió la temperatura en la cara 1 de la pared de ensayo con el sensor 1 y la temperatura del ambiente 2 con el sensor 2. Mientras que con el otro equipo se registró la temperatura en la cara 3 de la pared de ensayo con el sensor 3 y la temperatura del ambiente 4 con el sensor 4.

Figura 36. Ubicación de los equipos de medición térmico



Fuente: Xavier Cando

c. Configuración de los equipos de medición térmico

El Xplorer GLX que se designó para el control del Sensor 1 y Sensor 2 se configuro de la siguiente manera:

Tabla 9. Configuración del equipo Xplorer GLX para Sensor 1 y Sensor 2

| Sensor 1 - Sensor 2 | |
|---------------------------------|-----------|
| Unidad de frecuencia de muestra | minutos |
| Frecuencia de muestreo | 1 |
| Reducir/Suavizar promediar | apagar |
| Nivel de sonido | invisible |
| Temperatura ambiente | visible |
| Nivel luminosidad | invisible |

Fuente: Xavier Cando

El Xplorer GLX que se designó para el control del Sensor 3 y Sensor 4 se configuró de la siguiente manera:

Tabla 10. Configuración del equipo Xplorer GLX para Sensor 3 y Sensor 4

| Sensor 3 - Sensor 4 | |
|---------------------------------|---------|
| Unidad de frecuencia de muestra | minutos |
| Frecuencia de muestreo | 1 |
| Reducir/Suavizar promediar | apagar |
| Temperatura ambiente | visible |

Fuente: Xavier Cando

Al establecer la ubicación de la pared en el interior de la cámara de ensayo y la configuración de los equipos Xplorer GLX se dio inicio al ensayo térmico por un periodo de tiempo de 60 minutos.

Este procedimiento se realizó para la pared elaborada con bloques INEN 3066, bloques artesanales, bloques con 15 %, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas.

2.2.4.2.5 Ensayo Acústico

Para el ensayo acústico se tomó en cuenta las consideraciones descritas en [25] y [26], el cual se desarrolló mediante el siguiente procedimiento:

a. Ubicación de la pared de ensayo

La pared fue ubicada de forma vertical en el interior de la cámara de ensayo como se muestra a continuación:

Figura 37. Ubicación de la pared para ensayo acústico

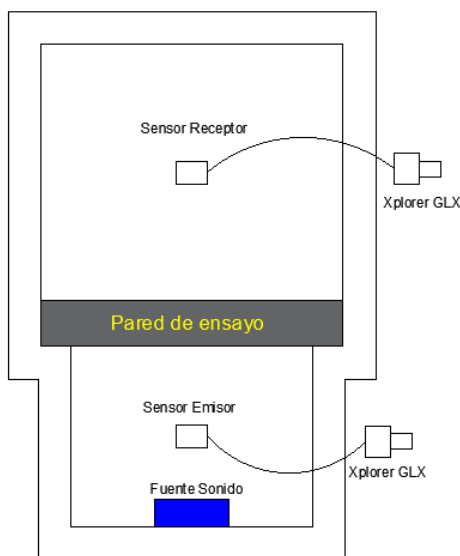


Fuente: Xavier Cando

b. Ubicación de los equipos de medición acústico

Para el ensayo se usó una fuente de sonido y dos equipos Xplorer GLX. Con un equipo Xplorer GLX se midió el sonido que generaba la fuente mediante un sensor denominado emisor. Y con el otro equipo Xplorer GLX se midió el sonido que lograba pasar hacia el otro lado de la pared con un sensor denominado receptor.

Figura 38. Ubicación de los equipos de medición acústico



Fuente: Xavier Cando

c. Configuración de los equipos de medición térmico

El Xplorer GLX que se designó para el control del Sensor Emisor y Xplorer GLX que se designó para el control Sensor Receptor se configuro de la siguiente manera:

Tabla 11. Configuración del equipo Xplorer GLX para el Sensor Emisor y Receptor

| Sensor Emisor - Sensor Receptor | |
|--|-----------|
| Unidad de frecuencia de muestra | minutos |
| Frecuencia de muestreo | 1 |
| Reducir/Suavizar promediar | apagar |
| Nivel de sonido | visible |
| Temperatura ambiente | invisible |
| Nivel luminosidad | invisible |

Fuente: Xavier Cando

Al establecer la ubicación de la pared en el interior de la cámara de ensayo y la configuración de los equipos Xplorer GLX se dio inicio al ensayo acústico por un periodo de tiempo de 10 minutos.

Este procedimiento se realizó para la pared elaborada con bloques INEN 3066, bloques artesanales, bloques con 15 %, 25 %, 50 %, y 75 % de triturado de bolsas plásticas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.1 Resistencia a la compresión

Los resultados de los bloques ensayados a compresión a los 28 días de edad fueron los siguientes:

3.1.1.1 Resistencia a la compresión bloques INEN 3066



Tabla 12. Resistencia a la compresión bloques INEN 3066

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
|---|-------|---|--------|--|-------------|------------|------------|------|
|  | |  | | LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. | | | | |
| ESPÉCIMEN | PESO | ÁREA | ALTURA | CARGA | ESFUERZO | FECHA | | EDAD |
| Nº | kg | cm ² | cm | KN | Mpa | ELABORADO | ENSAYO | DÍAS |
| 1 | 10,54 | 300 | 20 | 129,09 | 4,30 | 08/03/2019 | 05/04/2019 | 28 |
| 2 | 10,78 | 300 | 20 | 128,54 | 4,28 | 08/03/2019 | 05/04/2019 | 28 |
| 3 | 10,81 | 300 | 20 | 129,49 | 4,32 | 08/03/2019 | 05/04/2019 | 28 |
| Esfuerzo promedio | | | | | 4,30 | | | |

Fuente: Xavier Cando

3.1.1.2 Resistencia a la compresión bloques artesanales



Tabla 13. Resistencia a la compresión bloques artesanales

|  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|--------|-------|-------------|-----------|------------|------|
| LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. | | | | | | | | |
| ESPÉCIMEN | PESO | ÁREA | ALTURA | CARGA | ESFUERZO | FECHA | | EDAD |
| Nº | kg | cm ² | cm | KN | Mpa | ELABORADO | ENSAYO | DÍAS |
| 1 | 7,98 | 300 | 20 | 47,13 | 1,57 | S/E | 05/04/2019 | S/E |
| 2 | 7,96 | 300 | 20 | 45,62 | 1,52 | S/E | 05/04/2019 | S/E |
| 3 | 8,05 | 300 | 20 | 45,97 | 1,53 | S/E | 05/04/2019 | S/E |
| Esfuerzo promedio | | | | | 1,54 | | | |

Fuente: Xavier Cando

3.1.1.3 Resistencia a la compresión bloques 15 % triturado bolsas plásticas



Tabla 14. Resistencia a la compresión bloques 15 % triturado bolsas plásticas

|  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|--------|--------|-------------|------------|------------|------|
| LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. | | | | | | | | |
| ESPÉCIMEN | PESO | ÁREA | ALTURA | CARGA | ESFUERZO | FECHA | | EDAD |
| Nº | kg | cm ² | cm | KN | Mpa | ELABORADO | ENSAYO | DÍAS |
| 1 | 8,85 | 300 | 20 | 112,27 | 3,74 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 2 | 8,76 | 300 | 20 | 114,39 | 3,81 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 3 | 8,62 | 300 | 20 | 113,74 | 3,79 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| Esfuerzo promedio | | | | | 3,78 | | | |

Fuente: Xavier Cando

3.1.1.4 Resistencia a la compresión bloques 25 % triturado bolsas plásticas



Tabla 15. Resistencia a la compresión bloques 25 % triturado bolsas plásticas

|  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|--------|--------|-------------|------------|------------|------|
| LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. | | | | | | | | |
| ESPÉCIMEN | PESO | ÁREA | ALTURA | CARGA | ESFUERZO | FECHA | | EDAD |
| N° | kg | cm ² | cm | KN | Mpa | ELABORADO | ENSAYO | DÍAS |
| 1 | 8,45 | 300 | 20 | 104,47 | 3,48 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 2 | 8,43 | 300 | 20 | 99,31 | 3,31 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 3 | 8,45 | 300 | 20 | 102,93 | 3,43 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| Esfuerzo promedio | | | | | 3,41 | | | |

Fuente: Xavier Cando

3.1.1.5 Resistencia a la compresión bloques 50 % triturado bolsas plásticas



Tabla 16. Resistencia a la compresión bloques 50% triturado bolsas plásticas

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>  </div> | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|--------|-------|-------------|------------|------------|------|
| LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. | | | | | | | | |
| ESPÉCIMEN | PESO | ÁREA | ALTURA | CARGA | ESFUERZO | FECHA | | EDAD |
| Nº | kg | cm ² | cm | KN | Mpa | ELABORADO | ENSAYO | DÍAS |
| 1 | 8,26 | 300 | 20 | 81,65 | 2,72 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 2 | 8,31 | 300 | 20 | 82,86 | 2,76 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 3 | 8,43 | 300 | 20 | 80,42 | 2,68 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| Esfuerzo promedio | | | | | 2,72 | | | |

Fuente: Xavier Cando

3.1.1.6 Resistencia a la compresión bloques 75 % triturado bolsas plásticas

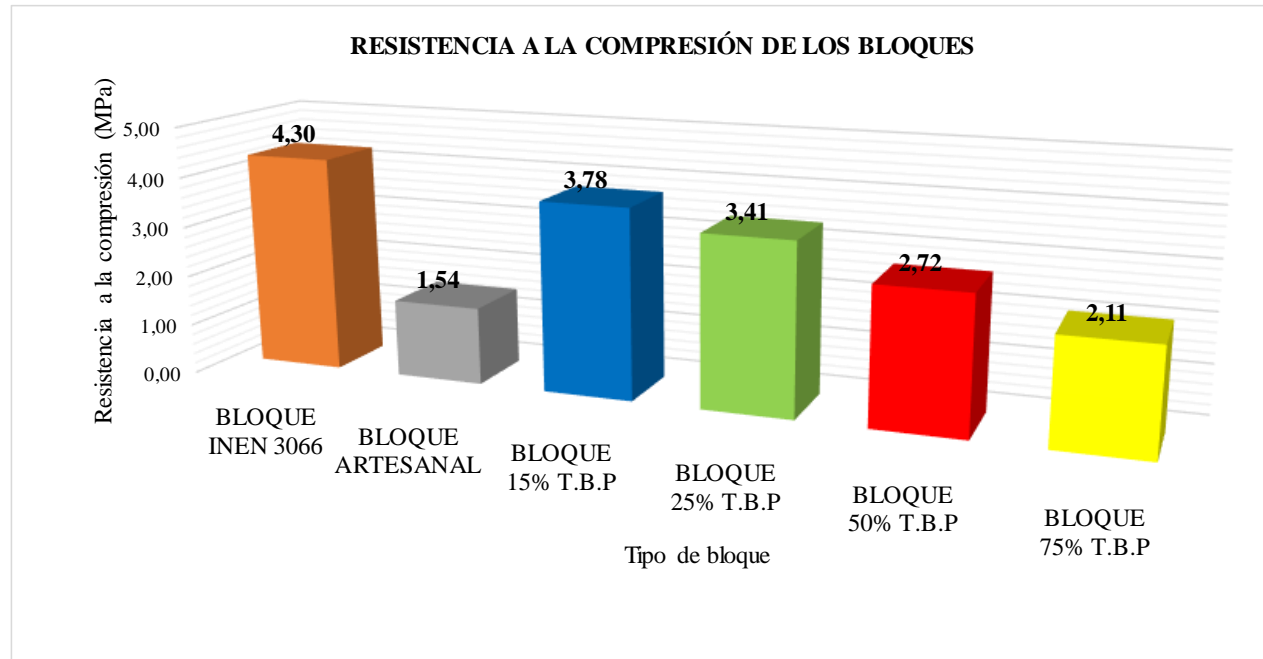
Tabla 17. Resistencia a la compresión bloques 75% triturado bolsas plásticas

|  <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>  | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|--------|-------|-------------|------------|------------|------|
| LA ADICIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES ALIVIANADOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. | | | | | | | | |
| ESPÉCIMEN | PESO | ÁREA | ALTURA | CARGA | ESFUERZO | FECHA | | EDAD |
| Nº | kg | cm ² | cm | KN | Mpa | ELABORADO | ENSAYO | DÍAS |
| 1 | 7,79 | 300 | 20 | 63,39 | 2,11 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 2 | 7,63 | 300 | 20 | 62,43 | 2,08 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| 3 | 7,62 | 300 | 20 | 63,97 | 2,13 | 08/04/2019 | 06/05/2019 | 28 |
| Esfuerzo promedio | | | | | 2,11 | | | |

Fuente: Xavier Cando

3.1.1.7 Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión

Figura 39. Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión



Fuente: Xavier Cando

El Gráfico 1 muestra que al sustituir el agregado grueso por 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial reduce la resistencia a la compresión a 3,78 MPa, 3,41 MPa, 2,72 MPa, y 2,11 MPa respectivamente en comparación con el bloque INEN 3066 que tiene 4,30 MPa e incluso da a conocer que el bloque INEN 3066 y el bloque con 15% de triturado de bolsas plásticas cumple con la resistencia mínima que es de 3,5 MPa [8] propuesta por la Norma NTE INEN 3066, y que el bloque artesanal da un valor de 1,54 MPa que es inferior a las demás resistencias.

3.1.2 Ensayo térmico

El ensayo térmico se realizó para establecer la variación de temperatura entre ambientes que se encuentran divididos por una pared de ensayo dentro de una cámara. Además, se obtuvo la variación de temperatura de las caras de la pared y el coeficiente de conductividad térmica.

3.1.2.1 Ensayo térmico de pared bloques INEN 3066

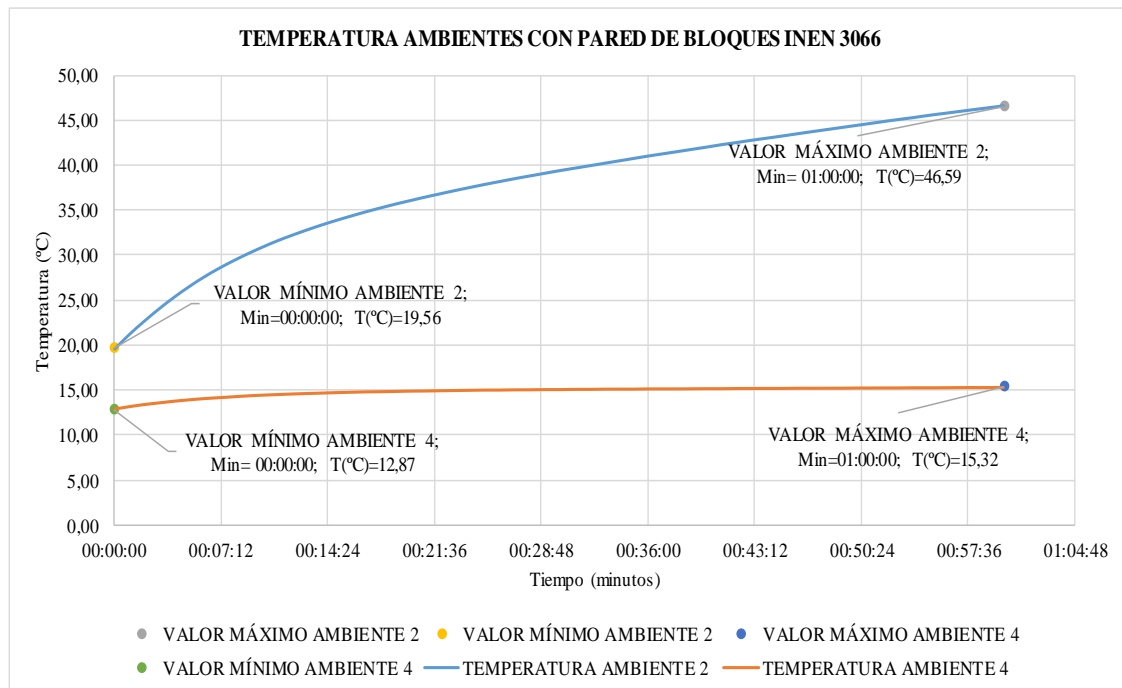
3.1.2.1.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques INEN 3066

Tabla 18. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques INEN 3066

| TEMPERATURA EN LOS AMBIENTES | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA AMBIENTE 2 (°C) | TEMPERATURA AMBIENTE 4 (°C) |
| MÁXIMO | 46,59 | 15,32 |
| MÍNIMO | 19,56 | 12,87 |
| PROMEDIO | 37,76 | 14,86 |
| ΔT (max) | 31,26 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 40. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques INEN 3066



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo del ambiente 2 y 4 fue de 46,59 °C y 15,32 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre ambientes de 31,26 °C.

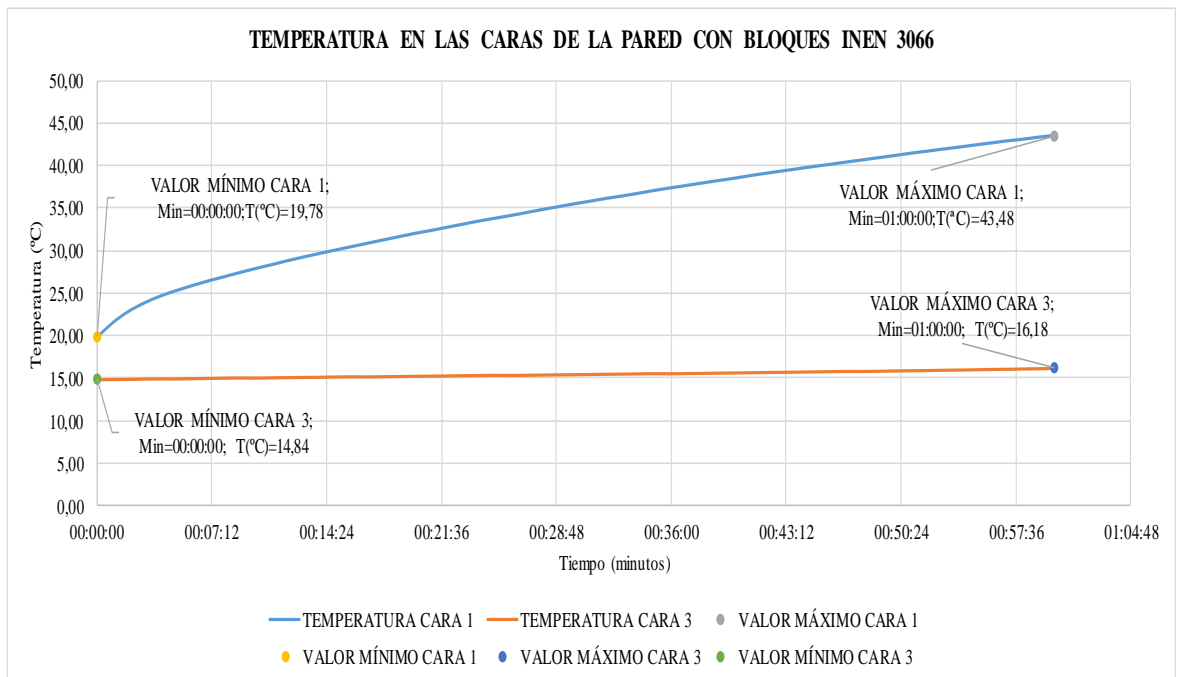
3.1.2.1.2 Variación de temperatura en las caras de la pared bloques INEN 3066

Tabla 19. Temperatura en las caras de la pared bloques INEN 3066

| TEMPERATURA EN LAS CARAS DE LA PARED | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA PARED CARA 1 (°C) | TEMPERATURA PARED CARA 3 (°C) |
| MÁXIMO | 43,48 | 16,18 |
| MÍNIMO | 19,78 | 14,84 |
| PROMEDIO | 34,59 | 15,47 |
| ΔT (max) | 27,31 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 41. Variación de temperatura en las caras de la pared bloques INEN 3066



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo de la cara 1 y 3 fue de 43,48 °C y 16,18 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre caras de la pared de 27,31 °C.

3.1.2.1.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques INEN 3066

Tabla 17. Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques INEN 3066

| COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE PARED CON BLOQUES INEN 3066 | | | |
|--|--------------------------------------|-------------|------------------|
| SÍMBOLO | DATOS | | UNIDAD |
| ϕ | Flujo térmico | 600 | W |
| A | Área de la muestra | 0,56 | m ² |
| $q = \phi/A$ | Densidad de flujo térmico | 1071,4 3 | W/m ² |
| T | temperatura | 273 | °K |
| $\Delta T = t_f - t_i$ | ΔT (max) + °k | 300,31 | °k |
| e | Espesor muestra | 0,15 | m ² |
| $\lambda = q/(\Delta T/e)$ | Coeficiente de conductividad térmica | 0,535 | W/m K |

Fuente: Xavier Cando

El coeficiente de conductividad térmica se obtuvo mediante esta expresión $\lambda = q/(\Delta T/e)$, en donde q es la rapidez del flujo de calor que pasa a través de la pared, ΔT es la variación de temperatura entre las caras de la pared, y e es el valor del espesor de la pared. Con estos parámetros se obtuvo un valor de 0,535 W/mK.

3.1.2.2 Ensayo térmico de pared bloques artesanales

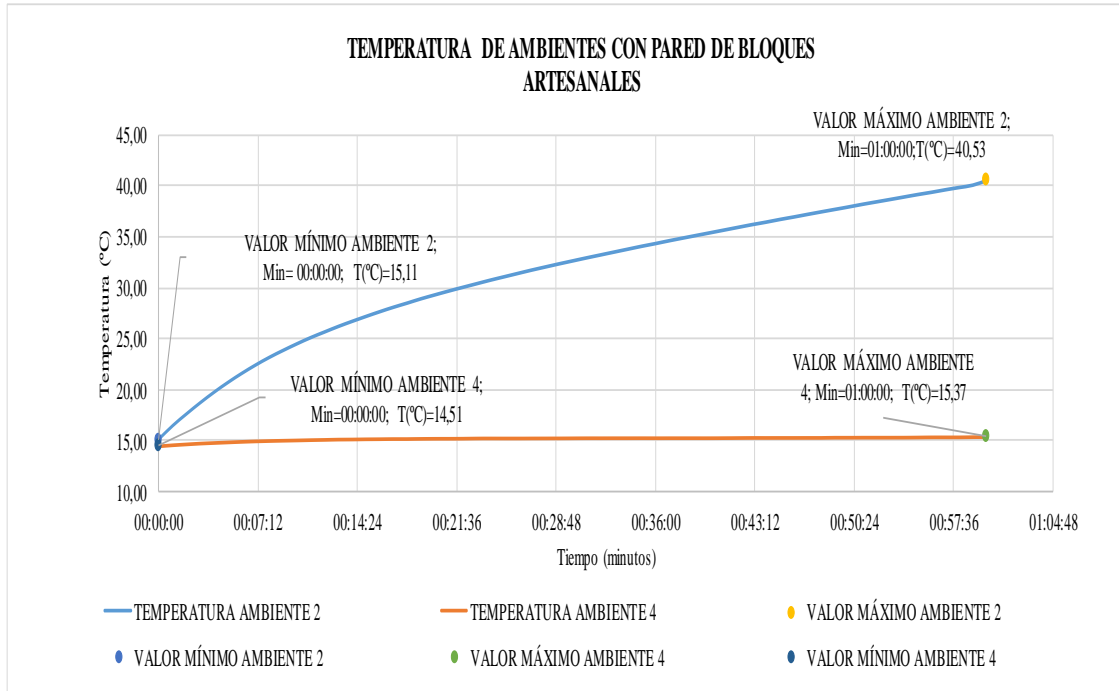
3.1.2.2.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques artesanales

Tabla 20. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared bloques artesanales

| TEMPERATURA EN LOS AMBIENTES | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA AMBIENTE 2 (°C) | TEMPERATURA AMBIENTE 4 (°C) |
| MÁXIMO | 40,53 | 15,37 |
| MÍNIMO | 15,11 | 14,51 |
| PROMEDIO | 31,33 | 15,18 |
| ΔT (max) | 25,16 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 42. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared bloques artesanales



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo del ambiente 2 y 4 fue de 40,53 °C y 15,37 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre ambientes de 25,16 °C.

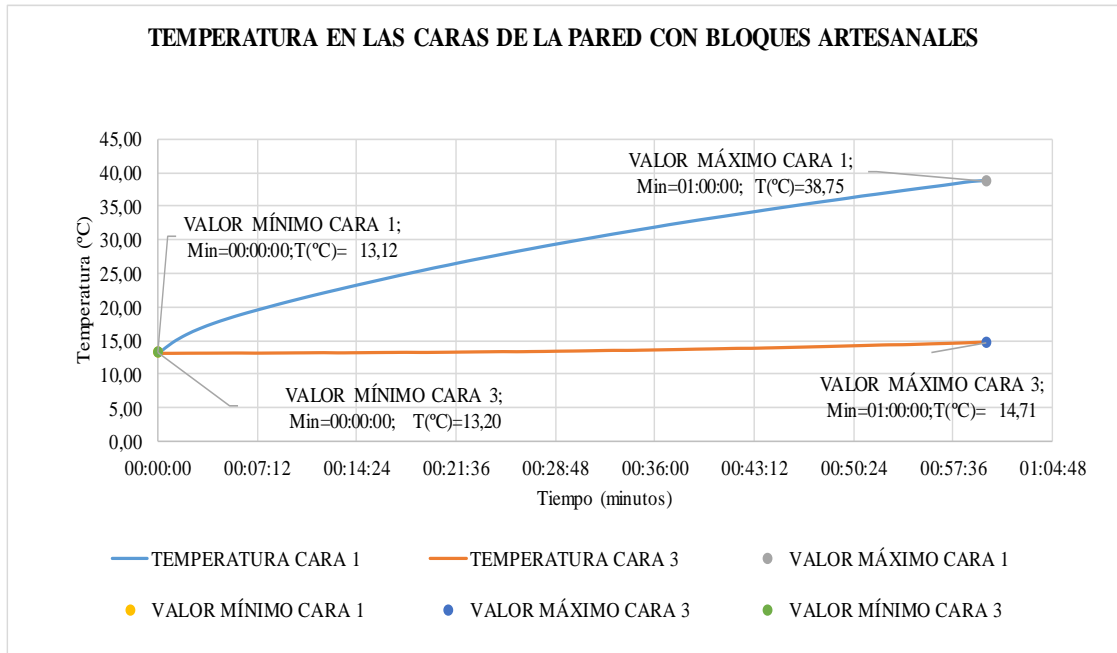
3.1.2.2.2 Variación de temperatura en las caras de la pared bloques artesanales

Tabla 21. Temperatura en las caras de la pared bloques artesanales

| TEMPERATURA EN LAS CARAS DE LA PARED | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA PARED CARA 1 (°C) | TEMPERATURA PARED CARA 3 (°C) |
| MÁXIMO | 38,75 | 14,71 |
| MÍNIMO | 13,12 | 13,20 |
| PROMEDIO | 28,77 | 13,67 |
| ΔT (max) | 24,04 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 43. Variación de temperatura en las caras de la pared bloques artesanales



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo de la cara 1 y 3 fue de 38,75 °C y 14,71 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre caras de la pared de 24,04 °C.

3.1.2.2.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques artesanales

Tabla 22. Coeficiente de conductividad térmica de pared con bloques artesanales

| COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE PARED CON BLOQUES ARTESANALES | | | |
|--|-----------------------------------|---------|------------------|
| SÍMBOLO | DATOS | | UNIDAD |
| ϕ | Flujo térmico | 600 | W |
| A | Área de la muestra | 0,56 | m ² |
| $q = \phi/A$ | Densidad de flujo térmico | 1071,43 | W/m ² |
| T | Temperatura | 273 | °K |
| $\Delta T = t_f - t_i$ | ΔT (max) | 297,04 | °k |
| e | Espesor muestra | 0,15 | m ² |
| $\lambda = q/(\Delta T/e)$ | Coeficiente conductividad térmica | 0,541 | W/m K |

Fuente: Xavier Cando

El coeficiente de conductividad térmica se obtuvo mediante esta expresión $\lambda = q/(\Delta T/e)$, en donde q es la rapidez del flujo de calor que pasa a través de la pared, ΔT

es la variación de temperatura entre las caras de la pared, y e es el valor del espesor de la pared. Con estos parámetros se obtuvo un valor de 0,541 W/mK.

3.1.2.3 Ensayo térmico de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

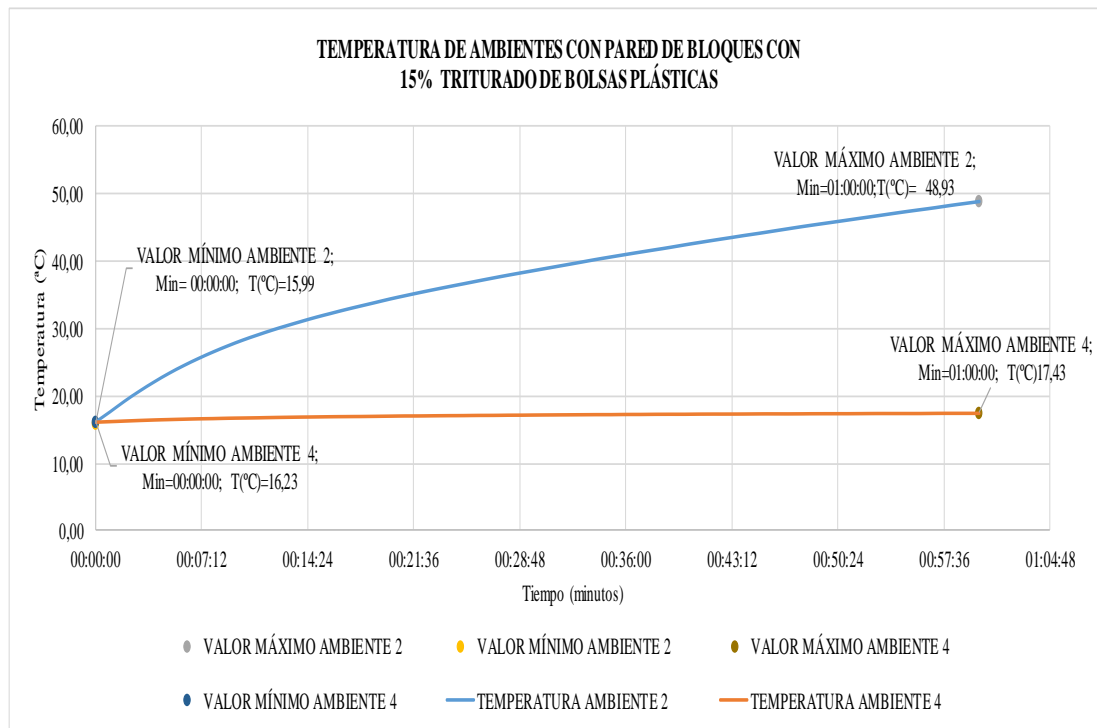
3.1.2.3.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

Tabla 23. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LOS AMBIENTES | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA AMBIENTE 2 (°C) | TEMPERATURA AMBIENTE 4 (°C) |
| MÁXIMO | 48,93 | 17,43 |
| MÍNIMO | 15,99 | 16,23 |
| PROMEDIO | 37,12 | 17,10 |
| ΔT (max) | 31,50 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 44. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo del ambiente 2 y 4 fue de 48,93 °C y 17,43 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre ambientes de 31,50 °C.

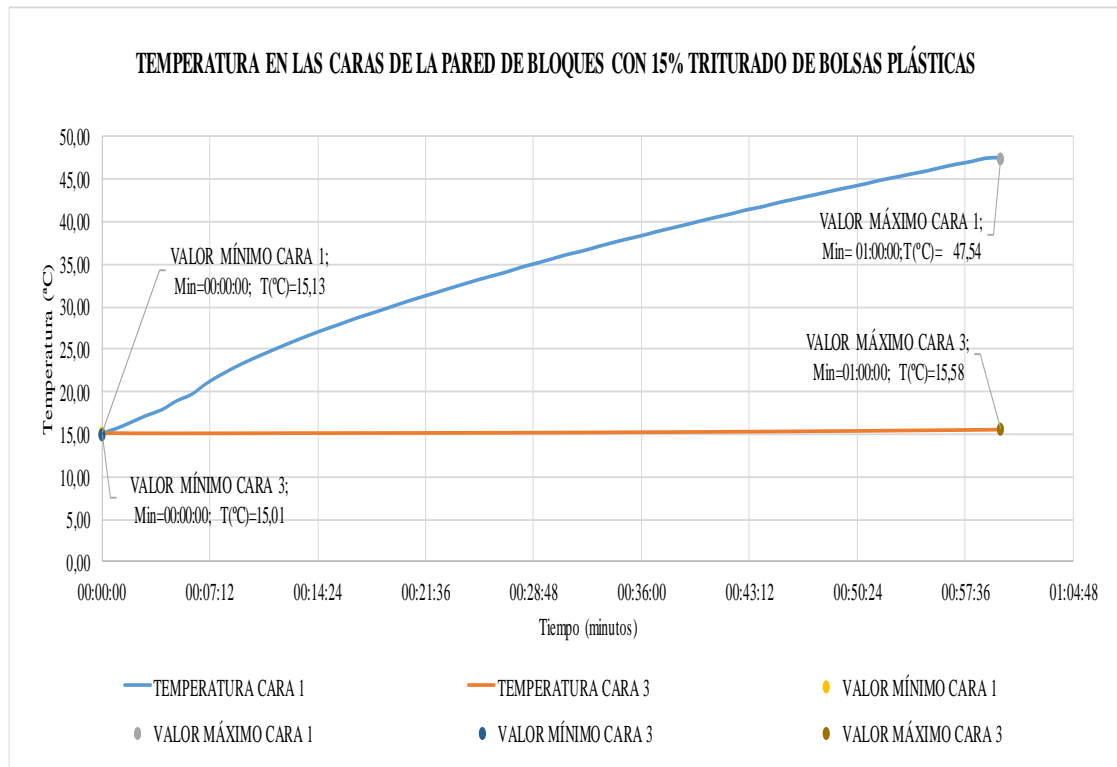
3.1.2.3.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

Tabla 24. Temperatura en las caras de la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LAS CARAS DE LA PARED | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA PARED CARA 1 (°C) | TEMPERATURA PARED CARA 3 (°C) |
| MÁXIMO | 47,54 | 15,58 |
| MÍNIMO | 15,13 | 15,01 |
| PROMEDIO | 34,23 | 15,19 |
| ΔT (max) | 31,96 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 45. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo de la cara 1 y 3 fue de 47,54 °C y 15,58 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre caras de la pared de 31,96 °C.

3.1.2.3.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

Tabla 25. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

| COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE PARED DE BLOQUES CON 15% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------------|
| SÍMBOLO | DATOS | | UNIDAD |
| ϕ | Flujo térmico | 600 | W |
| A | Área de la muestra | 0,56 | m ² |
| $q = \phi/A$ | Densidad de flujo térmico | 1071,43 | W/m ² |
| $^{\circ}k$ | Temperatura | 273 | $^{\circ}K$ |
| $\Delta T = t_f - t_i$ | ΔT (max) | 304,96 | $^{\circ}k$ |
| e | Espesor muestra | 0,15 | m ² |
| $\lambda = q/(\Delta T/e)$ | Coeficiente de conductividad térmica | 0,527 | W/m K |

Fuente: Xavier Cando

El coeficiente de conductividad térmica se obtuvo mediante esta expresión $\lambda = q/(\Delta T/e)$, en donde q es la rapidez del flujo de calor que pasa a través de la pared, ΔT es la variación de temperatura entre las caras de la pared, y e es el valor del espesor de la pared. Con estos parámetros se obtuvo un valor de 0,527 W/mK.

3.1.2.4 Ensayo térmico de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

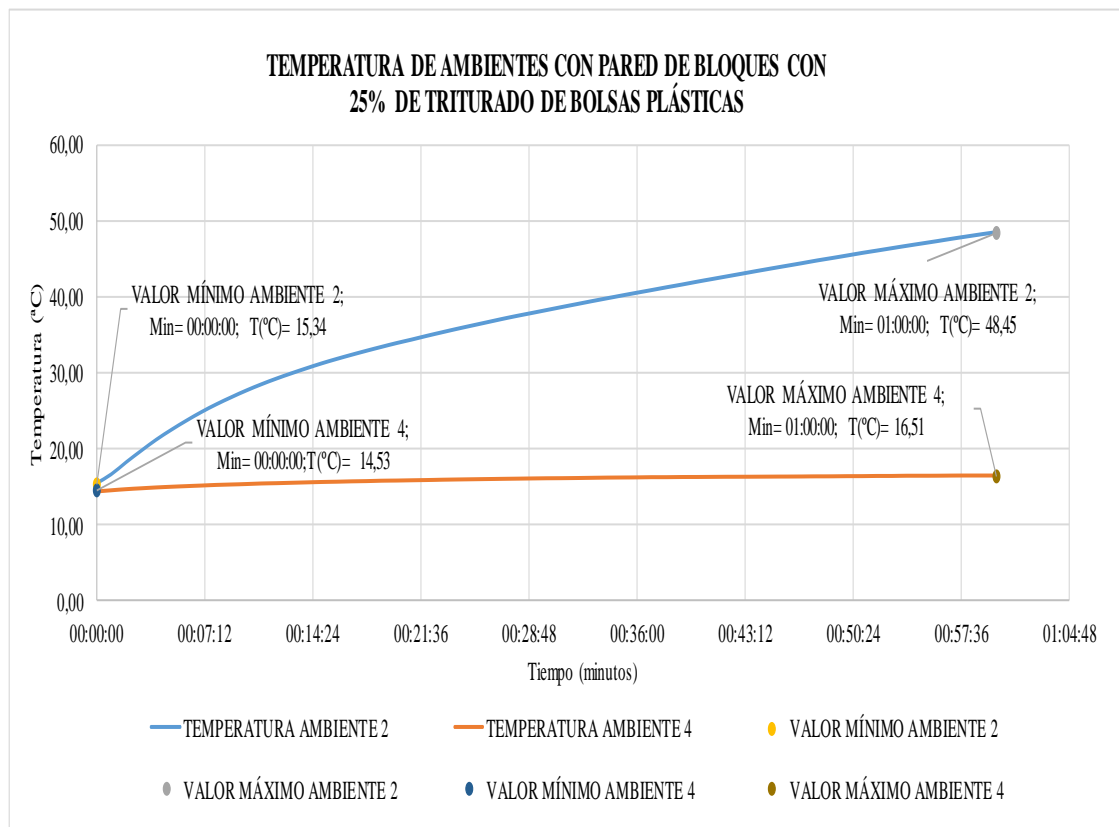
3.1.2.4.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

Tabla 26. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LOS AMBIENTES | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA AMBIENTE 2 (°C) | TEMPERATURA AMBIENTE 4 (°C) |
| MÁXIMO | 48,45 | 16,51 |
| MÍNIMO | 15,34 | 14,53 |
| PROMEDIO | 36,55 | 15,98 |
| ΔT (max) | 31,93 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 46. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo del ambiente 2 y 4 fue de 48,45 °C y 16,51 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre ambientes de 31,93 °C.

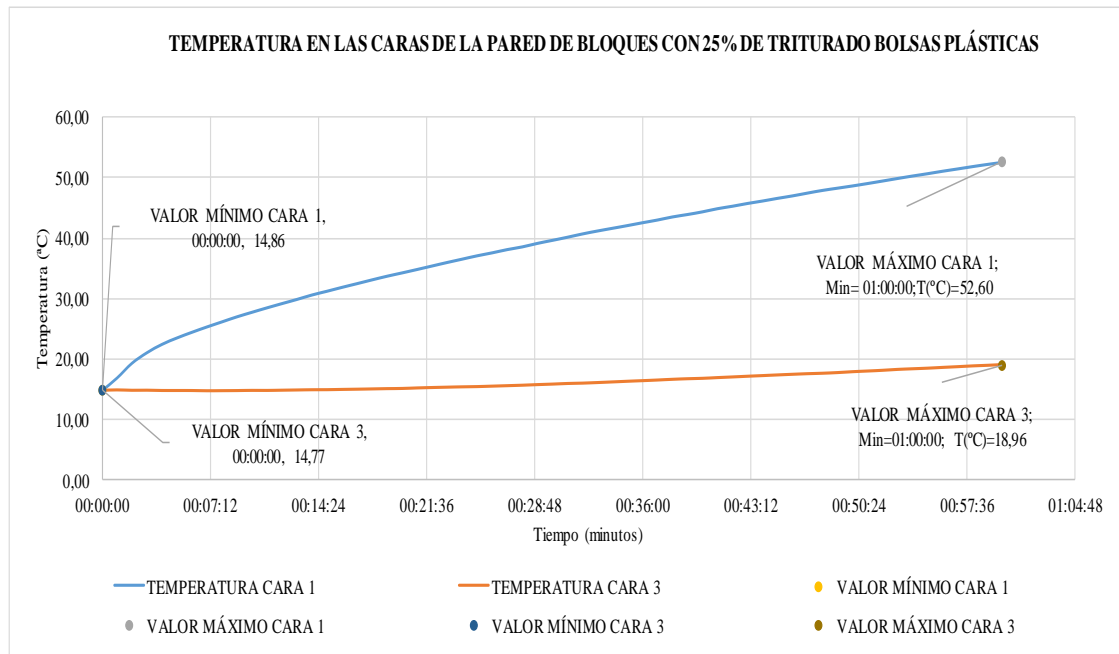
3.1.2.4.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

Tabla 27. Temperatura en las caras de la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LAS CARAS DE LA PARED | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA PARED CARA 1 (°C) | TEMPERATURA PARED CARA 3 (°C) |
| MÁXIMO | 52,60 | 18,96 |
| MÍNIMO | 14,86 | 14,77 |
| PROMEDIO | 38,36 | 16,21 |
| ΔT (max) | 33,65 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 47. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo de la cara 1 y 3 fue de 52,60 °C y 18,96 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre caras de la pared de 33,65 °C.

3.1.2.4.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

Tabla 28. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

| COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA CON PARED DE BLOQUES CON 25% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------------|
| SÍMBOLO | DATOS | | UNIDAD |
| ϕ | Flujo térmico | 600 | W |
| A | Área de la muestra | 0,56 | m ² |
| $q = \phi/A$ | Densidad de flujo térmico | 1071,43 | W/m ² |
| $^{\circ}k$ | Temperatura | 273 | $^{\circ}K$ |
| $\Delta T = t_f - t_i$ | ΔT (max) | 306,65 | $^{\circ}k$ |
| e | Espesor muestra | 0,15 | m |
| $\lambda = q/(\Delta T/e)$ | Coeficiente de conductividad térmica | 0,524 | W/m K |

Fuente: Xavier Cando

El coeficiente de conductividad térmica se obtuvo mediante esta expresión $\lambda = q/(\Delta T/e)$, en donde q es la rapidez del flujo de calor que pasa a través de la pared, ΔT es la variación de temperatura entre las caras de la pared, y e es el valor del espesor de la pared. Con estos parámetros se obtuvo un valor de 0,524 W/mK.

3.1.2.5 Ensayo térmico de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

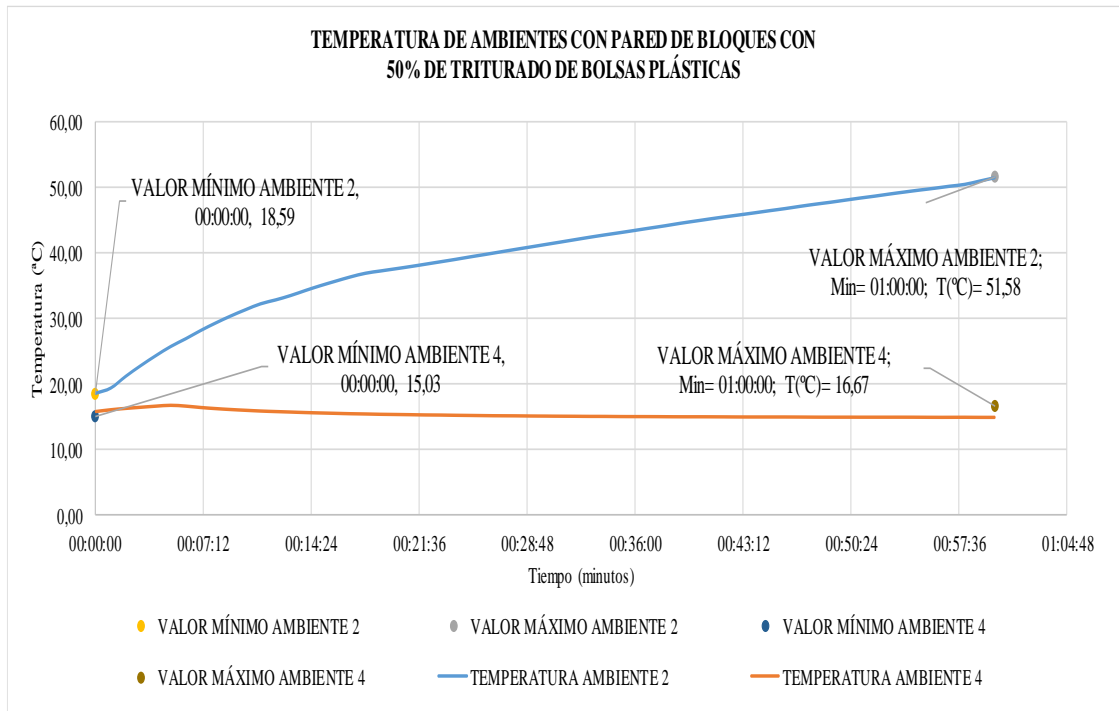
3.1.2.5.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

Tabla 29. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LOS AMBIENTES | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA AMBIENTE 2 (°C) | TEMPERATURA AMBIENTE 4 (°C) |
| MÁXIMO | 51,58 | 16,67 |
| MÍNIMO | 18,59 | 15,03 |
| PROMEDIO | 39,78 | 15,42 |
| ΔT (max) | 34,91 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 48. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo del ambiente 2 y 4 fue de 51,58 °C y 16,67 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre ambientes de 34,91 °C.

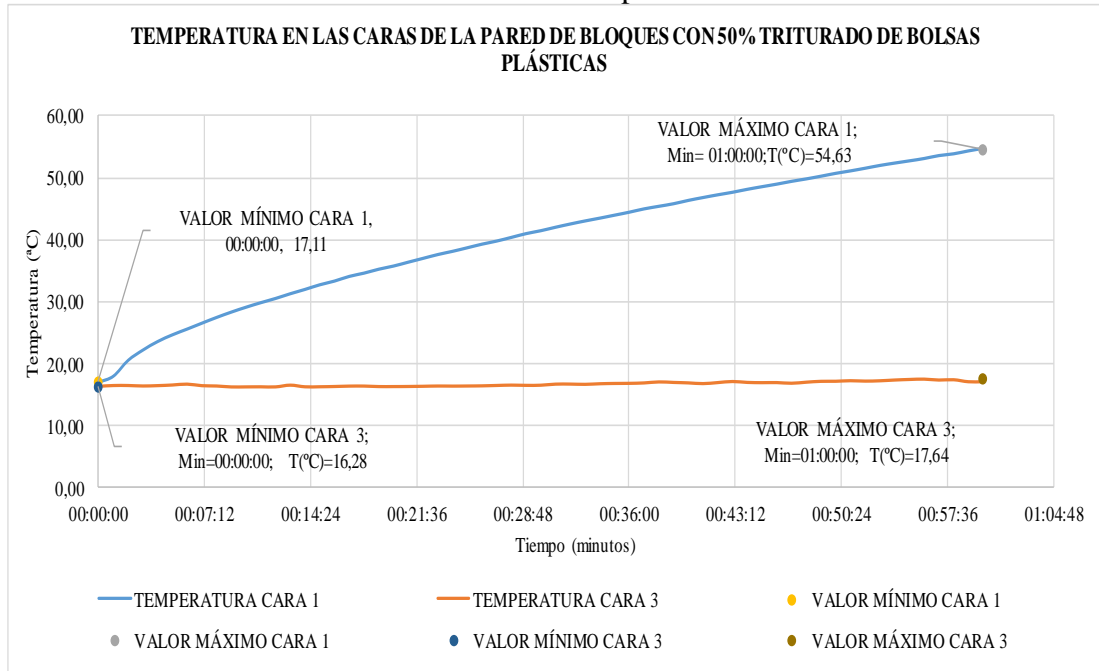
3.1.2.5.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

Tabla 30. Temperatura en las caras de la pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LAS CARAS DE LA PARED | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA PARED CARA 1 (°C) | TEMPERATURA PARED CARA 3 (°C) |
| MÁXIMO | 54,63 | 17,64 |
| MÍNIMO | 17,11 | 16,28 |
| PROMEDIO | 39,99 | 16,78 |
| Δ T (max) | 36,99 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 49. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo de la cara 1 y 3 fue de 54,63 °C y 17,64 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre caras de la pared de 36,99 °C.

3.1.2.5.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

Tabla 31. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

| COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA CON PARED DE BLOQUES CON 50% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------------|
| SÍMBOLO | DATOS | | UNIDAD |
| ϕ | Flujo térmico | 600 | W |
| A | Área de la muestra | 0,56 | m ² |
| $q = \phi/A$ | Densidad de flujo térmico | 1071,43 | W/m ² |
| $^{\circ}k$ | Temperatura | 273 | $^{\circ}K$ |
| $\Delta T = t_f - t_i$ | ΔT (max) | 309,99 | $^{\circ}k$ |
| e | Espesor muestra | 0,15 | m ² |
| $\lambda = q/(\Delta T/e)$ | Coeficiente de conductividad térmica | 0,518 | W/m K |

Fuente: Xavier Cando

El coeficiente de conductividad térmica se obtuvo mediante esta expresión $\lambda = q / (\Delta T / e)$, en donde q es la rapidez del flujo de calor que pasa a través de la pared, ΔT es la variación de temperatura entre las caras de la pared, y e es el valor del espesor de la pared. Con estos parámetros se obtuvo un valor de 0,518 W/mK.

3.1.2.6 Ensayo térmico de pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

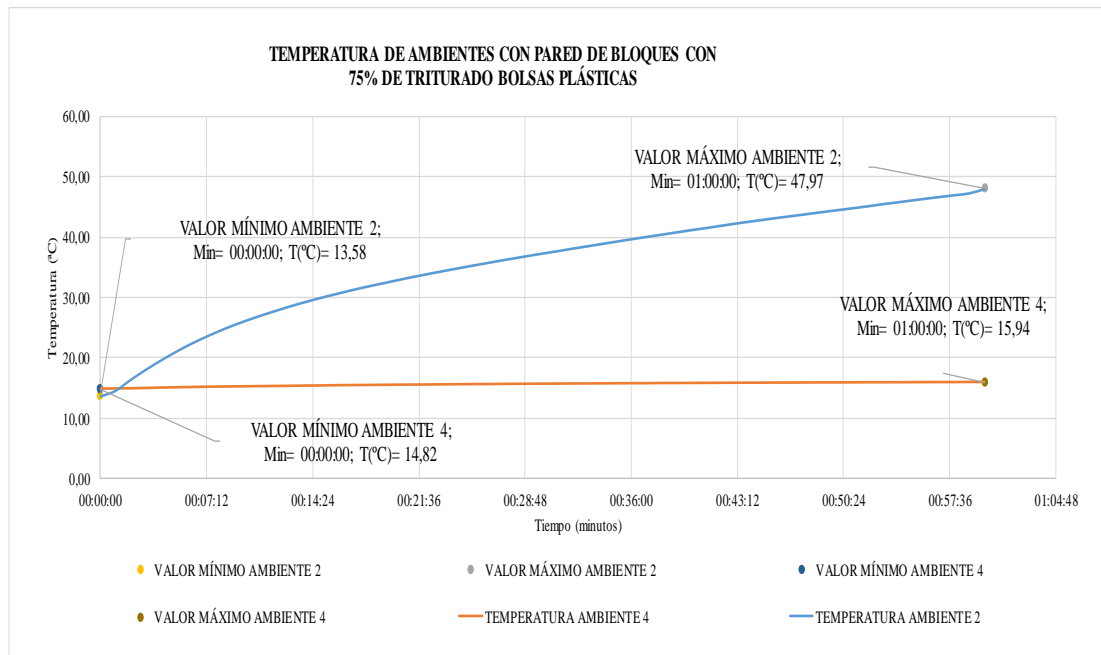
3.1.2.6.1 Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

Tabla 32. Temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LOS AMBIENTES | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA AMBIENTE 2 (°C) | TEMPERATURA AMBIENTE 4 (°C) |
| MÁXIMO | 47,97 | 15,94 |
| MÍNIMO | 13,58 | 14,82 |
| PROMEDIO | 35,50 | 15,56 |
| ΔT (max) | 32,03 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 50. Variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo con pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo del ambiente 2 y 4 fue de 47,97 °C y 15,94 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre ambientes de 32,03 °C.

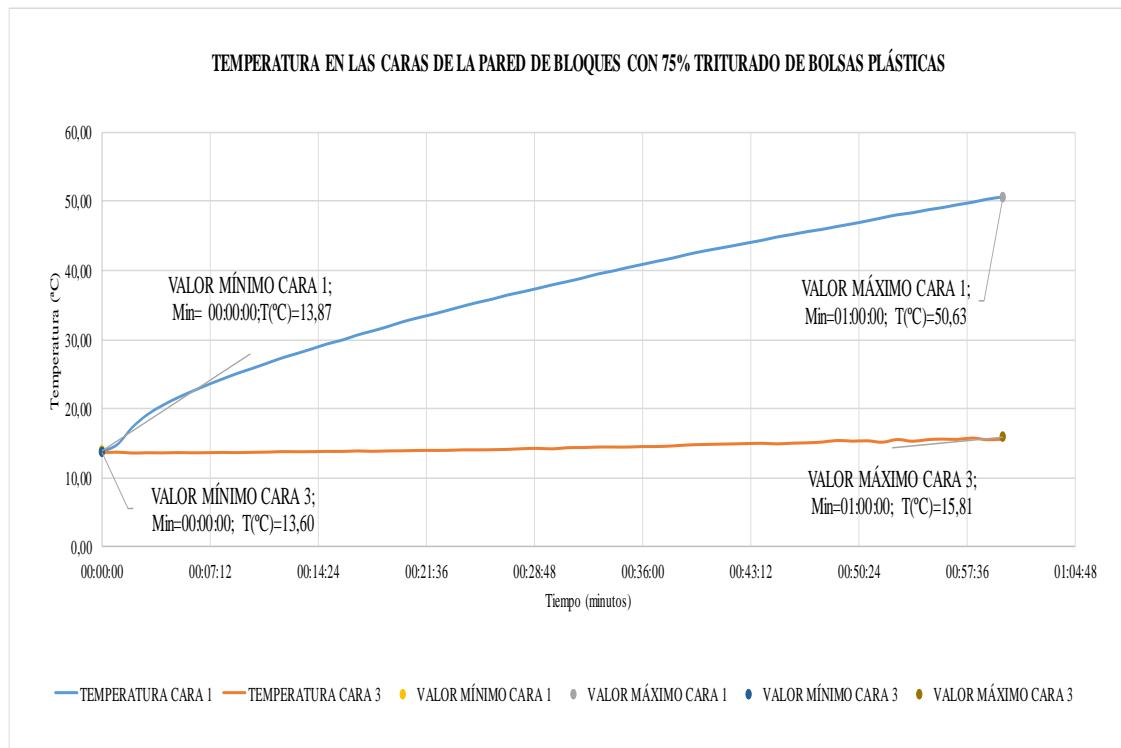
3.1.2.6.2 Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

Tabla 33. Temperatura en las caras de la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

| TEMPERATURA EN LAS CARAS DE LA PARED | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| VALOR | TEMPERATURA PARED CARA 1 (°C) | TEMPERATURA PARED CARA 3 (°C) |
| MÁXIMO | 50,63 | 15,81 |
| MÍNIMO | 13,87 | 13,60 |
| PROMEDIO | 36,52 | 14,46 |
| ΔT (max) | 34,82 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 51. Variación de temperatura en las caras de la pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La temperatura obtenida en el tiempo máximo de la cara 1 y 3 fue de 50,63 °C y 15,81 °C respectivamente, con las cuales se estableció una variación de temperatura entre caras de la pared de 34,82 °C.

3.1.2.6.3 Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

Tabla 34. Coeficiente de conductividad térmica de pared de bloques 75 % triturado bolsas plásticas

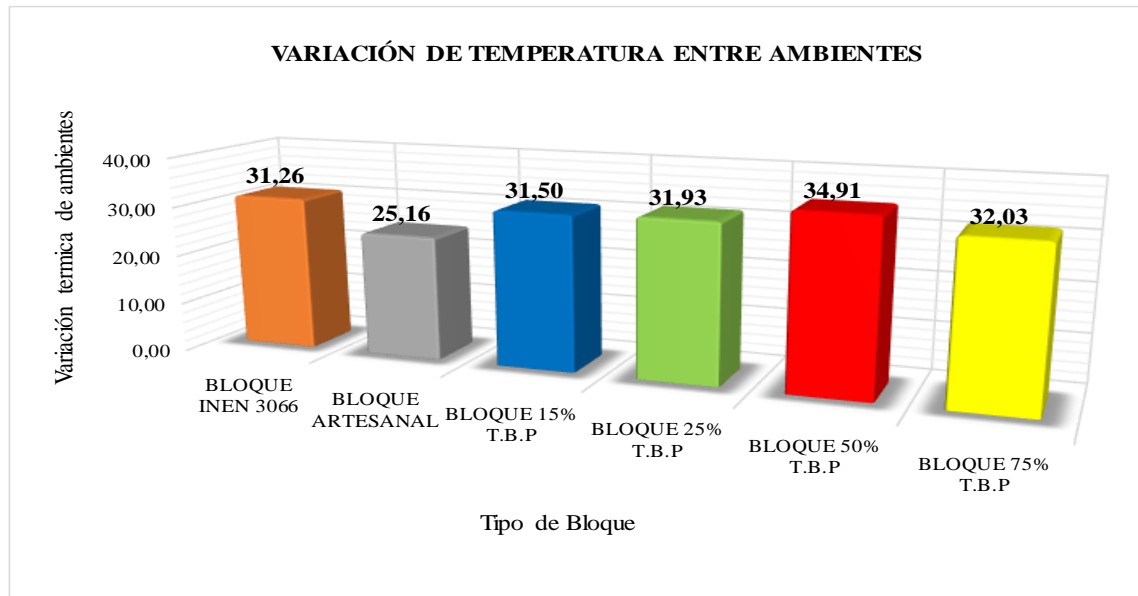
| COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA CON PARED DE BLOQUES 75% TRITURADO BOLSAS PLÁSTICAS | | | |
|---|--|---------|------------------|
| SÍMBOLO | DATOS | | UNIDAD |
| ϕ | Flujo térmico | 600 | W |
| A | Área de la muestra | 0,56 | m ² |
| $q = \phi/A$ | Densidad de flujo térmico | 1071,43 | W/m ² |
| | °k | 273 | °K |
| $\Delta T = t_f - t_i$ | ΔT (max) | 307,82 | °k |
| e | Espesor muestra | 0,15 | m ² |
| $\lambda = q/(\Delta T/e)$ | Coeficiente conductividad térmica | 0,522 | W/m K |

Fuente: Xavier Cando

El coeficiente de conductividad térmica se obtuvo mediante esta expresión $\lambda = q/(\Delta T/e)$, en donde q es la rapidez del flujo de calor que pasa a través de la pared, ΔT es la variación de temperatura entre las caras de la pared, y e es el valor del espesor de la pared. Con estos parámetros se obtuvo un valor de 0,522 W/mK.

3.1.2.7 Análisis de resultados de la variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo

Figura 52. Análisis de resultados de la variación de temperatura en los ambientes de la cámara de ensayo

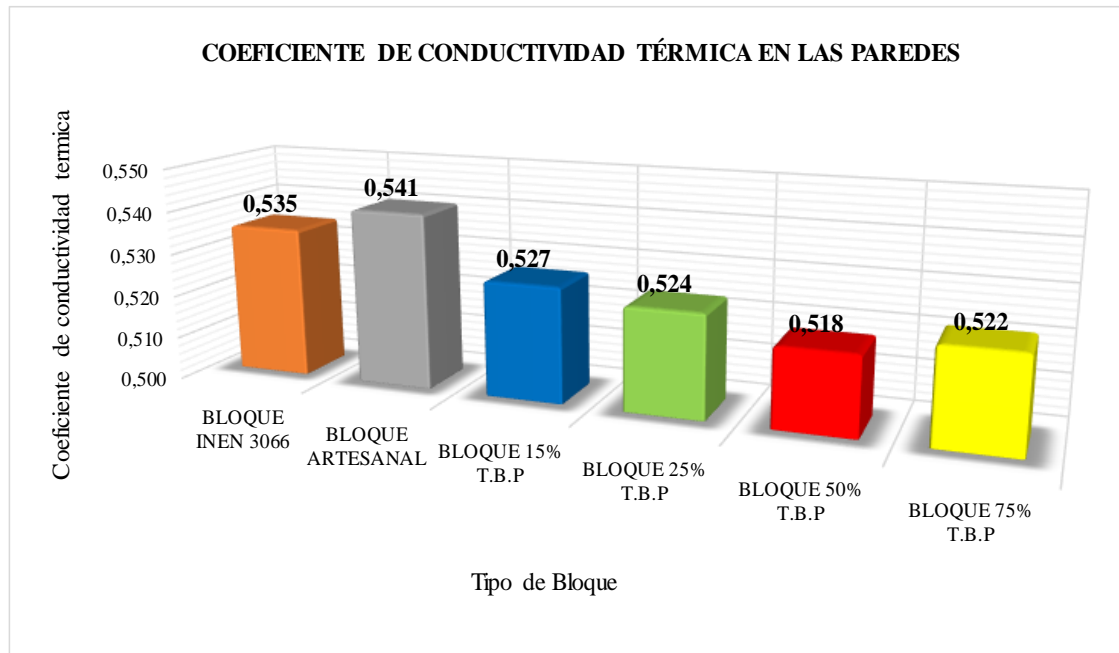


Fuente: Xavier Cando

El Gráfico 14 muestra que una pared elaborada con bloques INEN 3066 presenta una mayor variación de temperatura con 31,26 °C que una pared elaborada con bloques artesanales la cual tiene una variación de temperatura de 25,16 °C. Y sustituyendo el agregado grueso por 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial se obtuvo una variación de temperatura de 31,50 °C, 31,93 °C, 34,91 °C, y 32,03 °C respectivamente. Cabe recalcar, que mientras mayor variación de temperatura se presente, mayor será la retención de calor de la pared de ensayo y evitará el paso de calor de un ambiente a otro, con esto se deduce que la pared elaborada con 50% de triturado de bolsas plásticas dará mayor frescura en el interior de la cámara con 34,91 °C.

3.1.2.8 Análisis de resultados del coeficiente de conductividad térmica en las paredes

Figura 53. Análisis de resultados del coeficiente de conductividad térmica en las paredes



Fuente: Xavier Cando

El Gráfico 15 muestra que el bloque artesanal presenta el mayor de los coeficientes de conductividad térmica con un valor de 0,541 W/mK y el bloque INEN 3066 presenta un coeficiente menor de 0,535 W/mK. Y sustituyendo el agregado grueso por 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial se obtuvo un coeficiente de conductividad térmica de 0,527 W/mK, 0,524 W/mK, 0,518 W/mK, y 0,522 W/mK respectivamente, con lo cual se establece que están dentro de los rangos de coeficientes de conductividad térmica establecidos por la norma NCH 853 que son de 0,33 W/mK – 0,55 W/mK [27]. Cabe recalcar, que mientras menor sea este coeficiente mayor aislamiento térmico presenta, es decir, el elemento posee una menor capacidad de conducir el calor, con esto se deduce que la pared elaborada con 50% de triturado de bolsas plásticas tiene mayor aislamiento térmico con un valor de 0,518 W/mK.

3.1.3 Ensayo acústico

El ensayo acústico se realizó para determinar el aislamiento acústico y el confort acústico dentro de la cámara de ensayo, los cuales ayudaron a definir el acondicionamiento acústico.

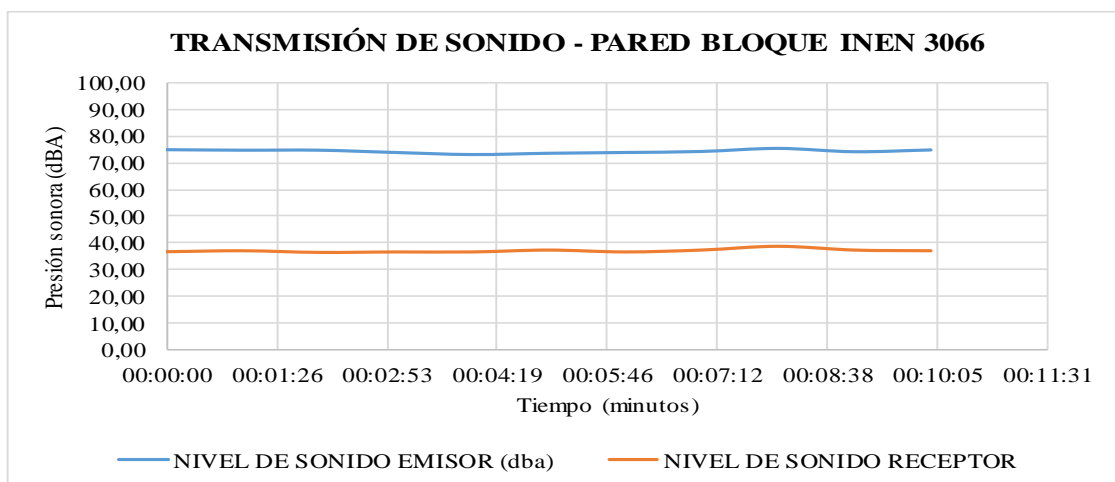
3.1.3.1 Ensayo acústico de pared con bloques INEN 3066

Tabla 35. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques INEN 3066

| NIVELES DE SONIDO - PARED BLOQUES INEN 3066 | | |
|--|---------------------|-----------------------|
| TIEMPO (min) | EMISOR (dBA) | RECEPTOR (dBA) |
| 00:00:00 | 85,07 | 47,13 |
| 00:01:00 | 85,61 | 47,11 |
| 00:02:00 | 85,70 | 47,53 |
| 00:03:00 | 85,63 | 47,23 |
| 00:04:00 | 85,85 | 47,14 |
| 00:05:00 | 85,49 | 47,15 |
| 00:06:00 | 85,91 | 47,14 |
| 00:07:00 | 85,78 | 47,18 |
| 00:08:00 | 85,19 | 47,53 |
| 00:09:00 | 85,34 | 47,83 |
| 00:10:00 | 85,21 | 47,22 |
| MÁXIMO | 85,91 | 47,83 |
| MÍNIMO | 85,07 | 47,11 |
| PROMEDIO | 85,52 | 47,29 |
| DIFERENCIA | 38,23 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 54. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques INEN 3066.



Fuente: Xavier Cando

La transmisión de sonido que se obtuvo en el emisor y el receptor fue de 85,52 dBA y 47,29 dBA respectivamente. Además, se obtuvo una variación de sonido de 38,23 dBA que es lo que retiene la pared de ensayo.

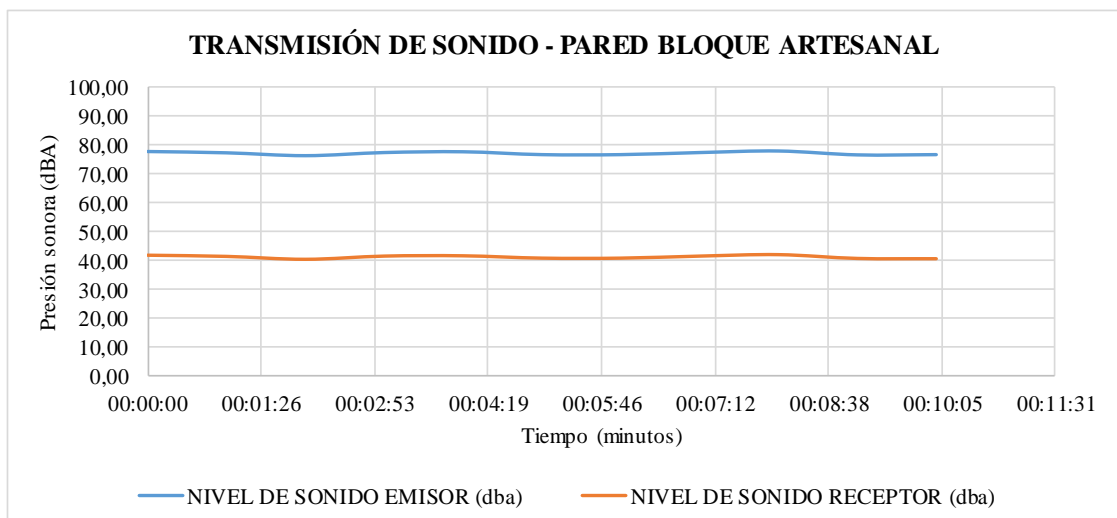
3.1.3.2 Ensayo acústico de pared con bloques artesanales

Tabla 36. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques artesanales

| NIVELES DE SONIDO - PARED BLOQUES ARTESANALES | | |
|--|---------------------|-----------------------|
| TIEMPO (min) | EMISOR (dBA) | RECEPTOR (dBA) |
| 00:00:00 | 85,23 | 47,16 |
| 00:01:00 | 85,28 | 47,25 |
| 00:02:00 | 85,92 | 47,98 |
| 00:03:00 | 85,55 | 47,35 |
| 00:04:00 | 85,60 | 47,87 |
| 00:05:00 | 85,55 | 46,25 |
| 00:06:00 | 85,96 | 47,19 |
| 00:07:00 | 85,85 | 47,47 |
| 00:08:00 | 85,40 | 47,53 |
| 00:09:00 | 85,91 | 47,82 |
| 00:10:00 | 85,67 | 47,91 |
| MÁXIMO | 85,96 | 47,98 |
| MÍNIMO | 85,23 | 46,25 |
| PROMEDIO | 85,63 | 47,43 |
| DIFERENCIA | 38,19 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 55. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques artesanales



Fuente: Xavier Cando

La transmisión de sonido que se obtuvo en el emisor y el receptor fue de 85,63 dBA y 47,43 dBA respectivamente. Además, se obtuvo una variación de sonido de 38,19 dBA que es lo que retiene la pared de ensayo.

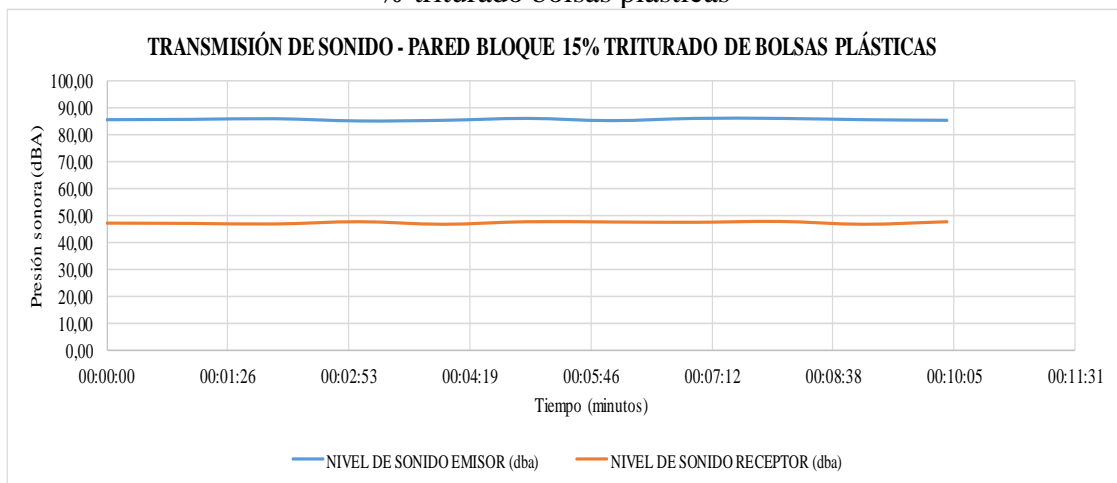
3.1.3.3 Ensayo acústico de pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

Tabla 37. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas

| NIVELES DE SONIDO - PARED BLOQUE 15% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | |
|---|---------------------|-----------------------|
| TIEMPO (min) | EMISOR (dBA) | RECEPTOR (dBA) |
| 00:00:00 | 85,50 | 47,20 |
| 00:01:00 | 85,60 | 47,10 |
| 00:02:00 | 85,80 | 46,90 |
| 00:03:00 | 85,10 | 47,70 |
| 00:04:00 | 85,30 | 46,80 |
| 00:05:00 | 85,90 | 47,70 |
| 00:06:00 | 85,20 | 47,60 |
| 00:07:00 | 85,90 | 47,50 |
| 00:08:00 | 85,90 | 47,80 |
| 00:09:00 | 85,50 | 46,80 |
| 00:10:00 | 85,30 | 47,70 |
| MÁXIMO | 85,90 | 47,80 |
| MÍNIMO | 85,10 | 46,80 |
| PROMEDIO | 85,55 | 47,35 |
| DIFERENCIA | 38,20 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 56. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 15 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La transmisión de sonido que se obtuvo en el emisor y el receptor fue de 85,55 dBA y 47,35 dBA respectivamente. Además, se obtuvo una variación de sonido de 38,20 dBA que es lo que retiene la pared de ensayo.

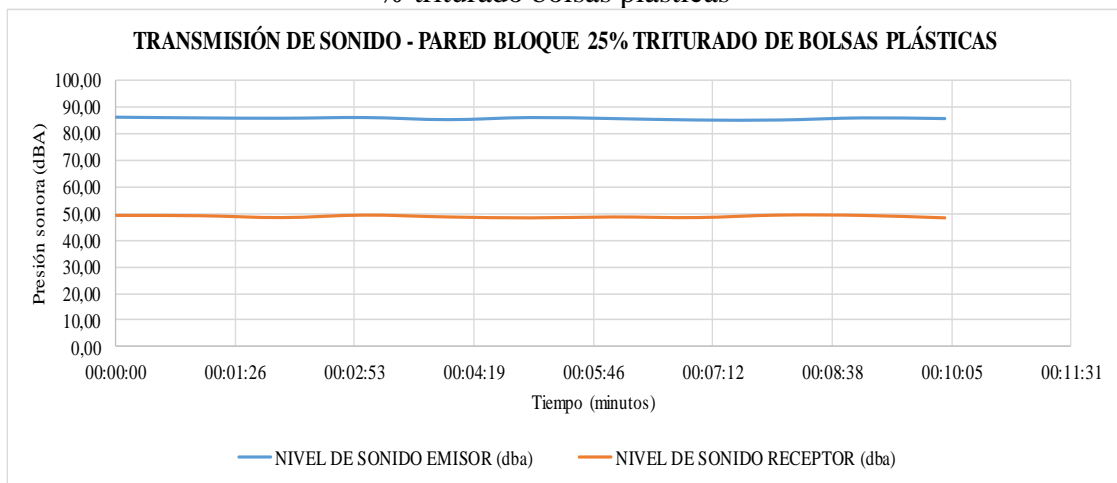
3.1.3.4 Ensayo acústico de pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas

Tabla 38. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared bloques 25 % triturado bolsas plásticas

| NIVELES DE SONIDO - PARED BLOQUE 25% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | |
|---|---------------------|-----------------------|
| TIEMPO (min) | EMISOR (dBA) | RECEPTOR (dBA) |
| 00:00:00 | 85,80 | 49,30 |
| 00:01:00 | 85,60 | 49,20 |
| 00:02:00 | 85,50 | 48,60 |
| 00:03:00 | 85,70 | 49,40 |
| 00:04:00 | 85,10 | 48,80 |
| 00:05:00 | 85,70 | 48,50 |
| 00:06:00 | 85,40 | 48,80 |
| 00:07:00 | 85,00 | 48,60 |
| 00:08:00 | 85,00 | 49,40 |
| 00:09:00 | 85,60 | 49,30 |
| 00:10:00 | 85,40 | 48,50 |
| MÁXIMO | 85,80 | 49,40 |
| MÍNIMO | 85,00 | 48,50 |
| PROMEDIO | 85,44 | 48,95 |
| DIFERENCIA | 36,49 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 57. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 25 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La transmisión de sonido que se obtuvo en el emisor y el receptor fue de 85,44 dBA y 48,95 dBA respectivamente. Además, se obtuvo una variación de sonido de 36,49 dBA que es lo que retiene la pared de ensayo.

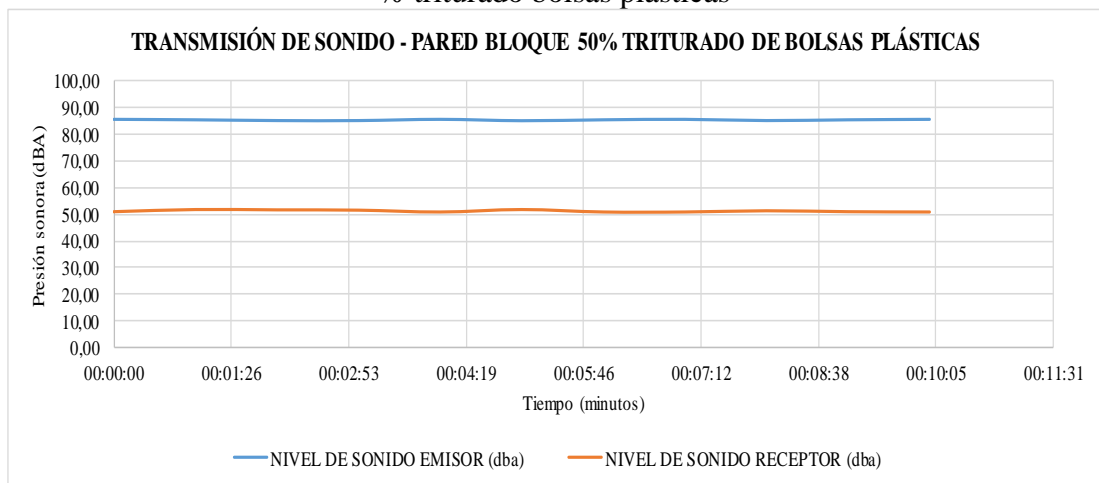
3.1.3.5 Ensayo acústico de pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas

Tabla 39. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared bloques 50 % triturado bolsas plásticas

| NIVELES DE SONIDO - PARED BLOQUE 50% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | |
|---|---------------------|-----------------------|
| TIEMPO (min) | EMISOR (dBA) | RECEPTOR (dBA) |
| 00:00:00 | 85,90 | 50,80 |
| 00:01:00 | 85,60 | 51,50 |
| 00:02:00 | 85,10 | 51,40 |
| 00:03:00 | 85,10 | 51,30 |
| 00:04:00 | 85,90 | 50,70 |
| 00:05:00 | 85,00 | 51,50 |
| 00:06:00 | 85,60 | 50,70 |
| 00:07:00 | 85,90 | 50,70 |
| 00:08:00 | 85,10 | 51,10 |
| 00:09:00 | 85,60 | 50,80 |
| 00:10:00 | 85,90 | 50,70 |
| MÁXIMO | 85,90 | 51,50 |
| MÍNIMO | 85,00 | 50,70 |
| PROMEDIO | 85,52 | 51,02 |
| DIFERENCIA | 34,50 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 58. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques 50 % triturado bolsas plásticas



Fuente: Xavier Cando

La transmisión de sonido que se obtuvo en el emisor y el receptor fue de 85,52 dBA y 51,02 dBA respectivamente. Además, se obtuvo una variación de sonido de 34,50 dBA que es lo que retiene la pared.

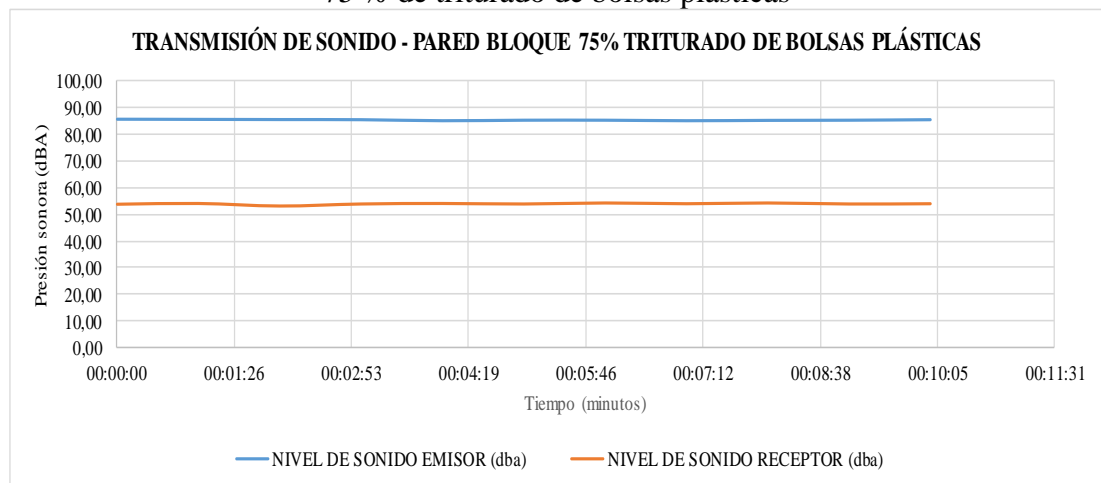
3.1.3.6 Ensayo acústico de pared de bloques 75% triturado bolsas plásticas

Tabla 40. Niveles de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas

| NIVELES DE SONIDO - PARED BLOQUE 75% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | |
|---|---------------------|-----------------------|
| TIEMPO (min) | EMISOR (dBA) | RECEPTOR (dBA) |
| 00:00:00 | 85,90 | 53,70 |
| 00:01:00 | 85,80 | 54,00 |
| 00:02:00 | 85,70 | 53,00 |
| 00:03:00 | 85,60 | 53,80 |
| 00:04:00 | 85,00 | 54,00 |
| 00:05:00 | 85,30 | 53,80 |
| 00:06:00 | 85,30 | 54,20 |
| 00:07:00 | 85,00 | 53,90 |
| 00:08:00 | 85,20 | 54,20 |
| 00:09:00 | 85,30 | 53,80 |
| 00:10:00 | 85,60 | 53,90 |
| MÁXIMO | 85,90 | 54,20 |
| MÍNIMO | 85,00 | 53,00 |
| PROMEDIO | 85,43 | 53,85 |
| DIFERENCIA | 31,58 | |

Fuente: Xavier Cando

Figura 59. Transmisión de sonido en la cámara de ensayo con pared de bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas

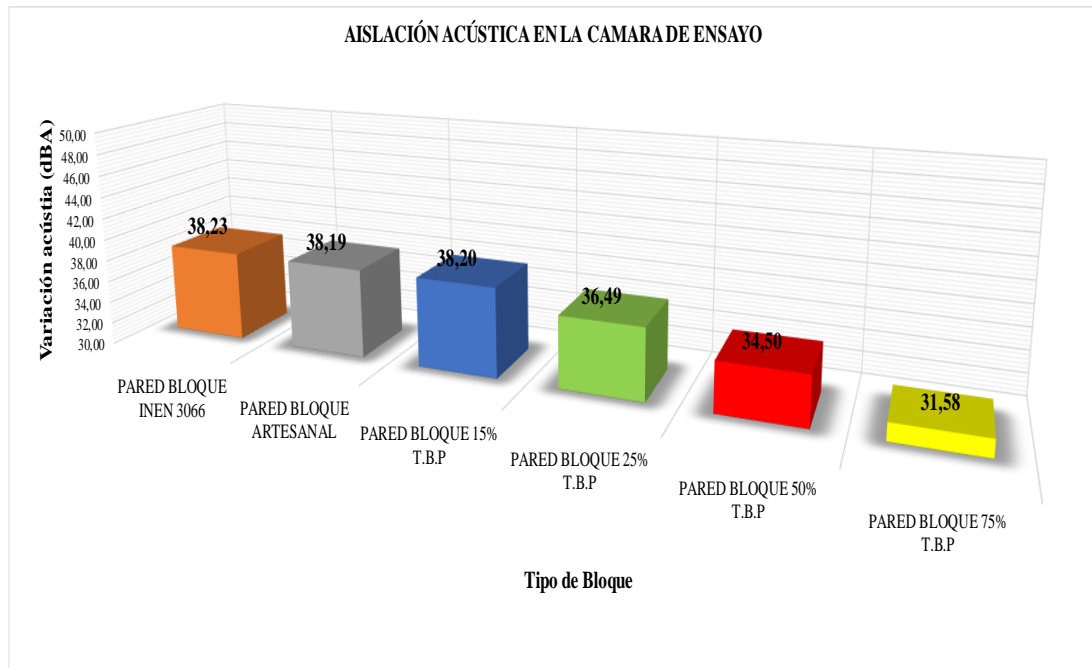


Fuente: Xavier Cando

La transmisión de sonido que se obtuvo en el emisor y el receptor fue de 85,43 dBA y 53,85 dBA respectivamente. Además, se obtuvo una variación de sonido de 31,58 dBA que es lo que retiene la pared.

3.1.3.7 Análisis de aislación acústica en la cámara de ensayo

Figura 60. Análisis de aislación acústica en la cámara de ensayo

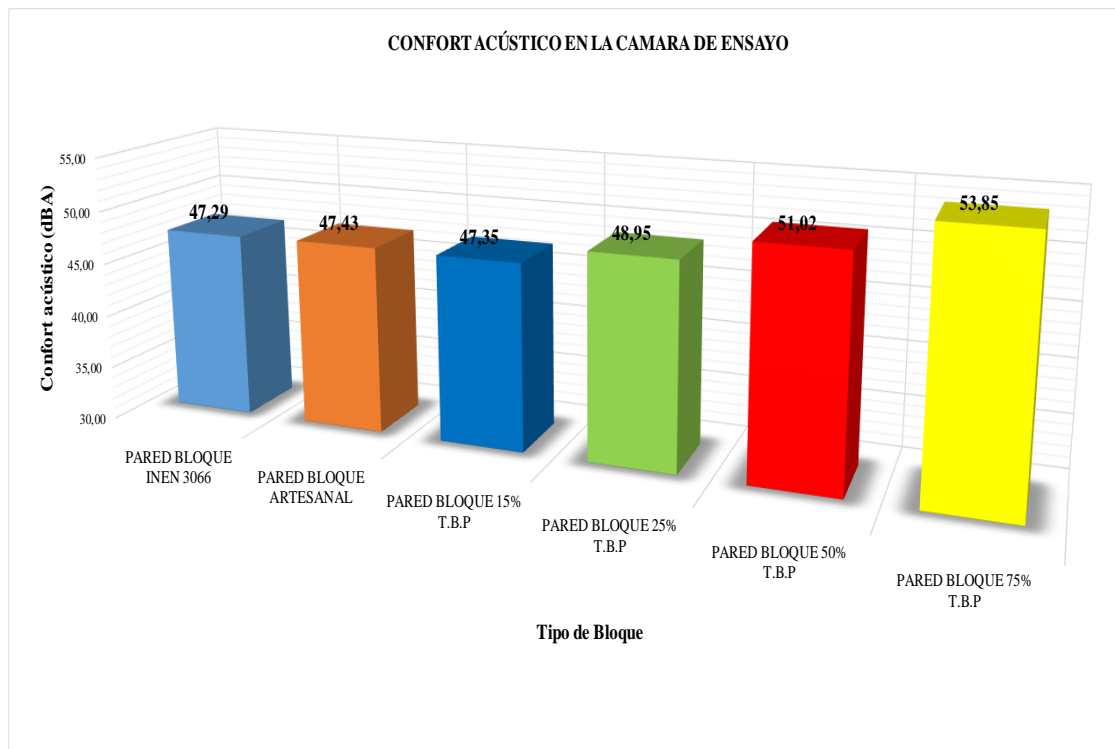


Fuente: Xavier Cando

El Gráfico 22 muestra que una pared elaborada con bloques INEN 3066 presenta mayor aislación acústica con 38,23 dBA que una pared con bloques artesanales el cual tiene un valor de 38,19 dBA. Y sustituyendo el agregado grueso por 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial se obtuvo una aislación acústica de 38,20 dBA, 36,49 dBA, 34,50 dBA, y 31,58 dBA respectivamente, con lo cual se establece que cumplen con el valor mínimo de aislación acústica de 40 dBA establecido por la norma NCH 852/1 [28].

3.1.3.8 Análisis de confort acústico en la cámara de ensayo

Figura 61. Análisis de confort acústico en la cámara de ensayo



Fuente: Xavier Cando

El Gráfico 23 muestra que una pared elaborada con bloques INEN 3066 presenta un valor menor en confort acústico de 47,29 dBA que una pared con bloques artesanales el cual tiene un valor de 47,43 dBA. Y sustituyendo el agregado grueso por 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas en la dosificación inicial se obtuvo un valor de confort acústico de 47,35 dBA, 48,95 dBA, 51,02 dBA, y 53,85 dBA respectivamente, con lo cual se establece que cumplen con el valor mínimo de confort acústico que es de 50 dBA establecido por la norma NEC-11 [29] los bloques INEN 3066, los bloques artesanales, y los bloques con 15% y 25% de triturado de bolsas plásticas.

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

3.2.1 Hipótesis

La adición del triturado de bolsas plásticas en la elaboración de bloques alivianados para viviendas unifamiliares influye en la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

3.2.2 Verificación de Hipótesis

En base a los resultados de los ensayos realizados se pudo confirmar la hipótesis anteriormente planteada, verificando que la adición de triturado de bolsas plásticas en la elaboración de bloques alivianados influye en la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

En las paredes con bloques de 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas se consiguió una disminución de temperatura de 31,50 °C, 31,93 °C, 34,91 °C, y 32,03 °C respectivamente, con lo cual se constató que la pared con 50% de triturado de bolsas plásticas brinda mayor confort.

En las paredes con bloques de 15%, 25%, 50% y 75% de triturado de bolsas plásticas se obtuvo una aislación acústica de 38,20 dBA, 36,49 dBA, 34,50 dBA, y 31,58 dBA respectivamente, con lo cual se establece que cumplen con el valor mínimo de aislación acústica de 40 dBA y se probó que la pared con 15% de triturado de bolsas plásticas ofrece mayor aislación acústica.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Para la elaboración de los bloques alivianados para viviendas unifamiliares se utilizó el 15 %, 25 %, 50 %, y 75 % de bolsas plásticas trituradas como reemplazo del agregado grueso en la dosificación, buscando aportar a la reducción de la contaminación en el medio ambiente.
- Las paredes de ensayo elaboradas con bloques de 15 %, 25 %, 50 % y 75 % de triturado de bolsas plásticas presentaron una reducción de temperatura de 31,50 °C, 31,93 °C, 34,91 °C, y 32,03 °C respectivamente.
- La pared de ensayo con 50 % de triturado de bolsas plásticas presenta una mejor retención de temperatura con 34,91 °C, y en el caso de ser utilizada en viviendas se lograría fresca en el ambiente.
- Las paredes de ensayo elaboradas con bloques de 15 %, 25 %, 50 % y 75 % de triturado de bolsas plásticas presentaron un coeficiente de conductividad térmica de 0,527 W/mK, 0,524 W/mK, 0,518 W/mK y 0,522 W/mK respectivamente, lo cuales se encuentra dentro de los valores mínimos permitidos de conductividad térmica que son de 0,33 W/mK – 0,55 W/mK que establece el Instituto Nacional de Normalización (INN).
- Las paredes de ensayo elaboradas con bloques de 15 %, 25 %, 50 % y 75 % de triturado de bolsas plásticas presentaron una reducción de sonido de 38,20 dBA, 36,49 dBA, 34,50 dBA, y 31,58 dBA respectivamente, los cuales no sobrepasan con el valor de aislación acústica de 40 dBA que establece el Instituto Nacional de Normalización (INN).
- La pared de ensayo con 15 % de triturado de bolsas plásticas es la mejor en reducir el sonido con 38,20 dBA.
- Las paredes de ensayo elaboradas con bloques de 15 %, 25 %, 50 % y 75 % de triturado de bolsas plásticas presentan un nivel sonoro de 47,35 dBA, 48,95 dBA, 51,02 dBA, y 53,85 dBA respectivamente.

- Las paredes de ensayo con 15 % y 25 % de triturado de bolsas plásticas tienen un valor de confort acústico de 47,35 dBA, 48,95 dBA, los cuales no sobrepasan el valor de 50 dBA de confort acústico que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).
- Al sustituir el agregado grueso por 15 %, 25 %, 50 %, y 75 % por el triturado de bolsas plásticas en la dosificación para la fabricación de los bloques se obtuvo una resistencia a la compresión de 3,78 MPa, 3,41 MPa, 2,72 Mpa, y 2,11 Mpa, con lo cual se evidencia que al reemplazar el triturado de bolsas plásticas por el agregado grueso la resistencia a la compresión disminuye.
- La pared de ensayo con bloques de 15 % de triturado de bolsas plásticas fue la que tuvo un mejor comportamiento en el aislamiento de temperatura y sonido, y además brinda una excelente resistencia a la compresión de 3,78 Mpa.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para la trituración de las bolsas plásticas se recomienda trabajar con empresas que brinden este servicio de manera gratuita a estudiantes.
- La fuente de origen de los materiales que van a ser empleados en la fabricación de los bloques alivianados no debe variar porque esto influye directamente en sus propiedades mecánicas.
- Cubrir con lana de fibra de vidrio el contorno de la tapa y puerta de la cámara de ensayo para evitar la salida del calor y el sonido, con esto se precautelaré la calidad de los resultados al momento de los ensayos térmico y acústico.
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar el reemplazo del agregado grueso con valores entre el 5% y 15% en función de que con el reemplazo del 15% se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a disminución de temperatura y acondicionamiento acústico.
- En futuros trabajos de titulación sería interesante realizar el ensayo térmico con una fuente fría para conocer el comportamiento de la pared de ensayo con esta variación.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Yunana, D. Wison, A. Kumi, P. Kamsouloum, M. Webster, and C. Cheeseman, "Recycling waste plastics in developing countries: Use of low-density polyethylene water sachets to form plastic bonded sand blocks," *Waste Manag.*, vol. 80, pp. 112–118, 2018.
- [2] N. Nursyamsi, I. Indrawam, and P. Ramadhan, "The influence of the usage of LDPE plastic waste as fine aggregate in light concrete bricks," *Matec Web Conf.*, vol. 258, no. 1006, pp. 1–7, 2019.
- [3] R. Gaggino, "Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción," *INVI*, vol. 23, no. 63, pp. 137–163, 2008.
- [4] L. Cerna, "Influencia de la adición de polímeros reciclados en la absorción de agua en los ladrillos de concreto para construcción," *Tecnol. y Desarro.*, vol. 13, no. 1, pp. 47–53, 2014.
- [5] E. Salazar, J. Arroyave, and W. Pérez, "Energías alternativas, experiencias desde el semillero de investigación en tecnología mecánica," *Sci. Tech.*, vol. 3, no. 49, pp. 260–265, 2011.
- [6] M. Bernal and N. Palacio, "Correlación entre las propiedades mecánicas de los bloques ecológicos fabricados con los componentes de Tetra Pak reciclado y bloques convencionales," Universidad Central del Ecuador, 2018.
- [7] N. Orellana and M. Serrano, "Reutilización de polímeros como alternativa socio ambiental y económica en la elaboración de eco bloques," Universidad de Cuenca, 2015.
- [8] "Bloques de hormigón: Requisitos y métodos de ensayo," in *NTE INEN 3066*, 2016.
- [9] S. Crespo, "Construcción de mampostería de bloque de pómez, mediante la prefabricación de macro elementos modulares," Universidad de Cuenca, 2015.
- [10] "Bloques huecos de hormigón: Definiciones, clasificación y condiciones generales," in *NTE INEN 638*, 1993.
- [11] S. Medina, *Hormigón*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2012.
- [12] "Cemento Hidráulico: Definición de términos," in *NTE INEN 151*, 2010.
- [13] S. Crespo, *Materiales de construcción para edificación y obra civil*. San Vicente del Raspeig: Club Universitario, 2010.
- [14] "Áridos: Análisis granulométrico en los aridos, finos y gruesos," in *NTE INEN 696*, 2011.
- [15] "Áridos: Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos," in *NTE INEN 858*, 2010.
- [16] "Masa volumétrica: Método de prueba," in *El concreto en la obra*, 2010.

- [17] “Cemento hidráulico: Determinación de la densidad,” in *NTE INEN 156*, 2009.
- [18] “Áridos: Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino,” in *NTE INEN 856*, 2010.
- [19] “Áridos: Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso,” in *NTE INEN 857*, 2010.
- [20] “Hormigones y áridos para elaborar hormigón: Terminología,” in *NTE INEN 694*, 2010.
- [21] “Áridos para hormigón: Determinación del contenido total de humedad,” in *NTE INEN 862*, 2011.
- [22] “Aislación térmica - Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Cámara térmica calibrada y de guarda,” in *NCh 851*, 2008.
- [23] J. Gavilán, “Evaluación térmica y acústica de paneles fabricados con ladrillos ecológicos,” Universidad de Valparaíso Chile, 2014.
- [24] “Aislación térmica - Transmisión térmica - Terminología, magnitudes, unidades y símbolos,” in *NCh 849*, 1987.
- [25] “Acústica - Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción,” in *NCh 2786*, 2003.
- [26] “Acústica - Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción pequeños,” in *NCh 2865*, 2004.
- [27] “Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas,” in *NCh 853*, 2007.
- [28] “Aislación acústica parte 1: Construcciones de uso habitacional - Requisitos mínimos y ensayos,” in *NCh 352/I*, 2000.
- [29] “Eficiencia energética en la construcción en el Ecuador,” in *NEC -II*, 2011.

ANEXOS.

Anexo 1: Ensayo de granulometría del agregado fino (polvo).



Peso de la muestra de material de agregado fino.



Colocación de la muestra de material en los tamices

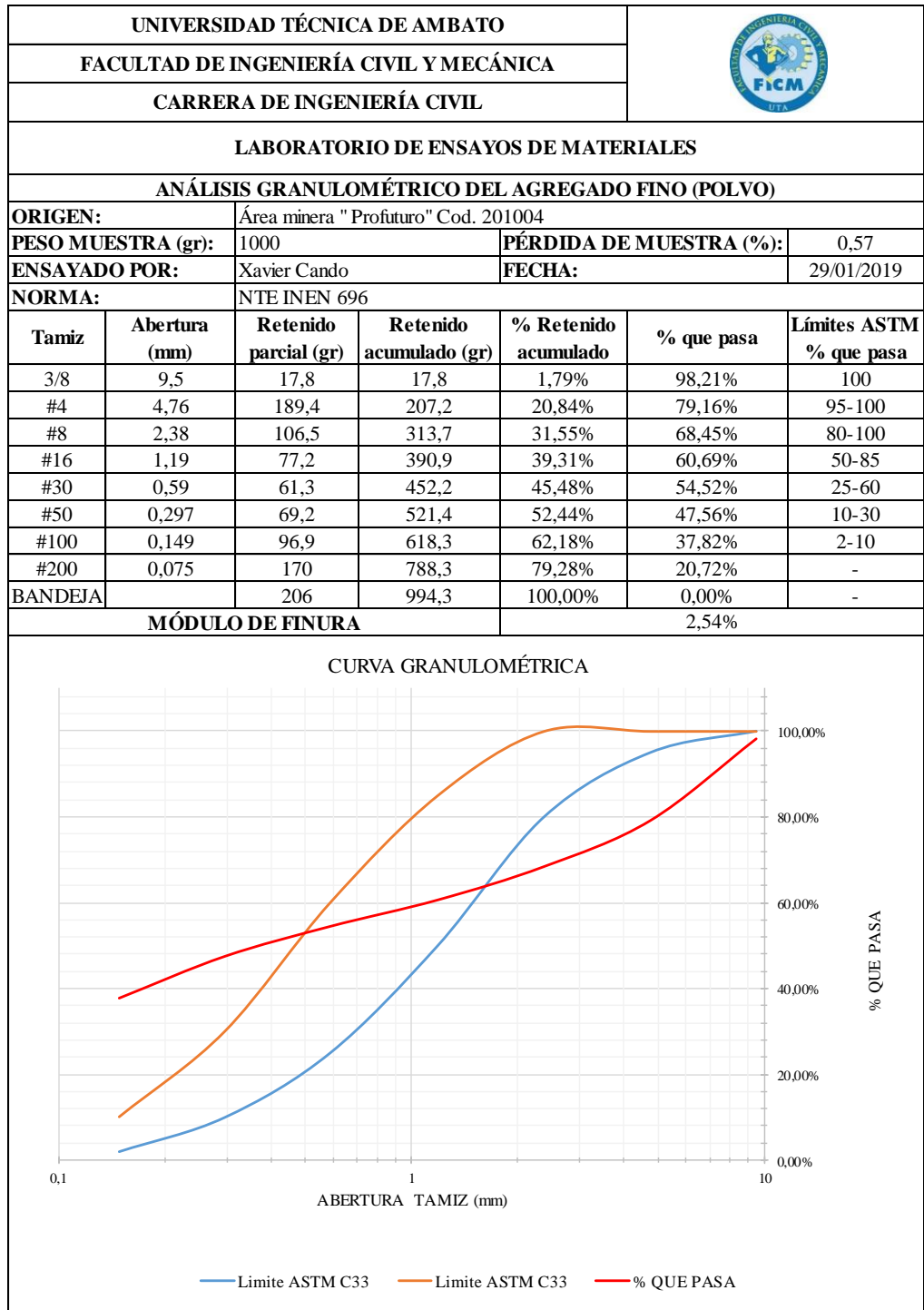


Colocación de los tamices en la tamizadora mecánica.



Peso de la muestra de material retenida en el tamiz.

Anexo 2: Resultados del ensayo de granulometría del agregado fino (polvo).



Anexo 3: Ensayo de granulometría del agregado grueso (chasqui).



Peso de la muestra de material de agregado grueso.

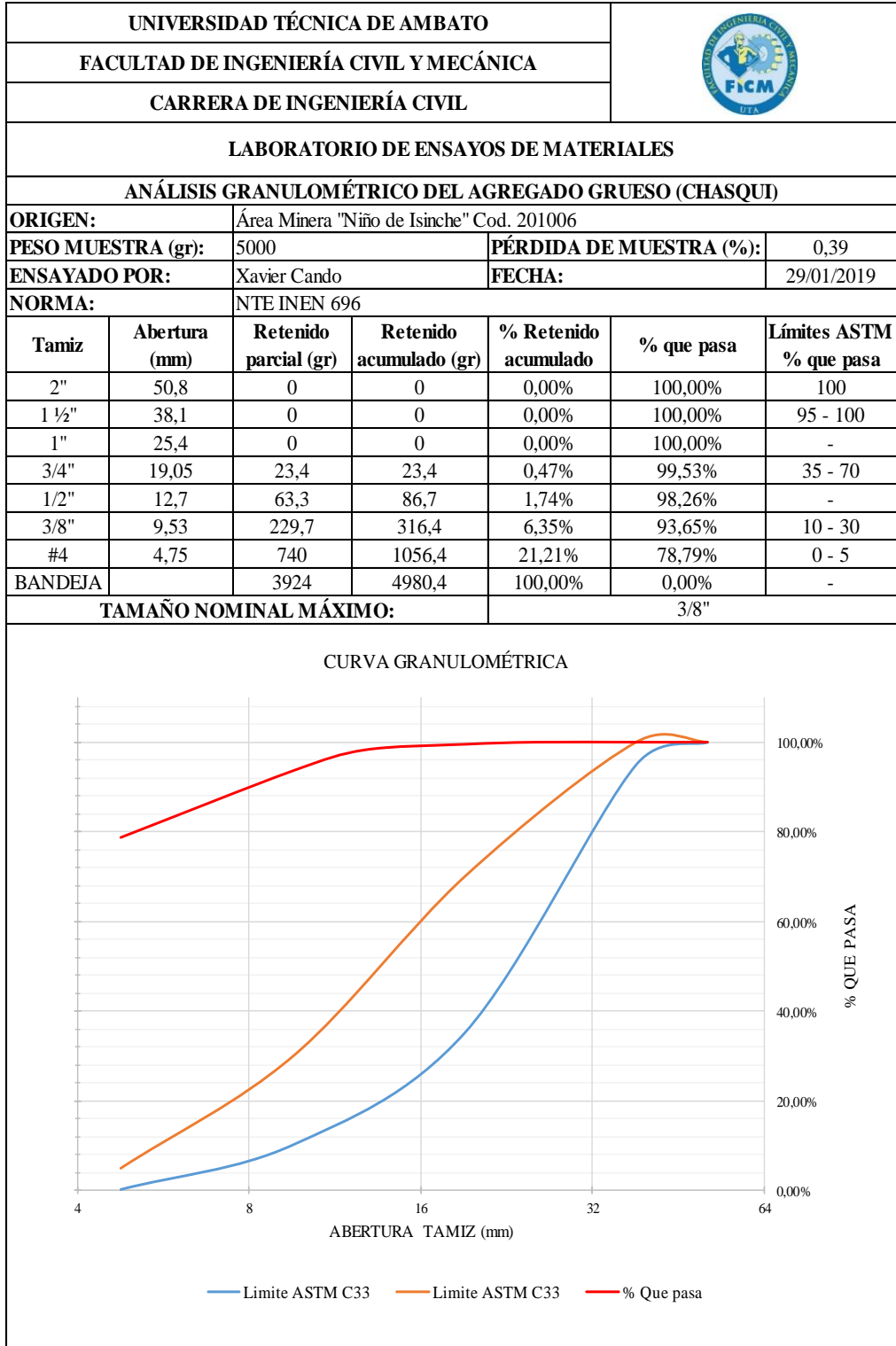


Colocación de tamices en forma vertical.



Colocación de la muestra de material en los tamices.

Anexo 4: Resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso (chasqui).



Anexo 5: Ensayo de granulometría del triturado de bolsas plásticas.



Peso de la muestra de triturado de bolsas plásticas.



Colocación del triturado de bolsas plásticas en los tamices.

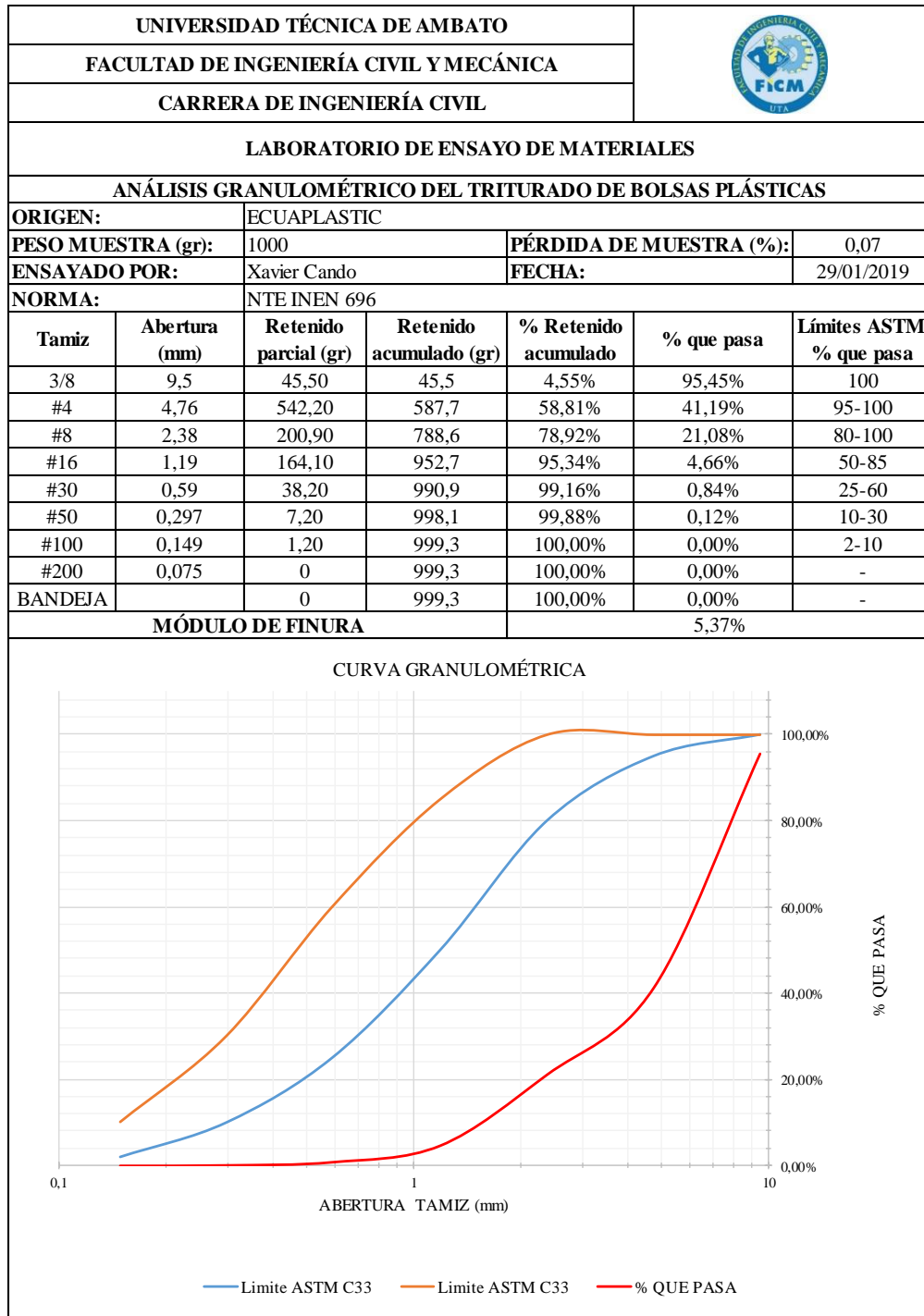


Colocación de la muestra de material retenida en el tamiz en un recipiente.



Peso de la muestra de material retenida en el tamiz.


Anexo 6: Resultados del ensayo de granulometría del triturado de bolsas plásticas.



Anexo 7: Ensayo de la densidad aparente compactada del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui).



Anexo 8: Resultados del ensayo de la densidad aparente compactada del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui).

| | | | | |
|--|---|---|--|-------------------------------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | |  | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO | | | | |
| ORIGEN: | Área minera "Profuturo" Cod. 201004 / Área Minera "Niño de Isinche" Cod. 201006 | | | |
| MASA RECIPIENTE (Kg): | 9,8 | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 29/01/2019 | |
| VOLUMEN RECIPIENTE (dm³): | 20,56 | | | |
| NORMA: | NTE INEN 858 | | | |
| Agregado | Agregado + Recipiente (kg) | Agregado (kg) | Peso Unitario (kg/dm³) | Promedio (kg/dm³) |
| GRUESO | 25,10 | 15,30 | 0,74 | 0,74 |
| | 24,90 | 15,10 | 0,73 | |
| FINO | 27,80 | 18,00 | 0,88 | 0,87 |
| | 27,70 | 17,90 | 0,87 | |

Anexo 9: Ensayo de la densidad aparente suelta del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui).




Anexo 10: Resultados del ensayo de la densidad aparente suelta del agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui).

| | | | | |
|--|--|----------------------|---|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO | | | | |
| ORIGEN: | Área minera " Profuturo" Cod. 201004 / Área Minera "Niño de Isinche" Cod. 201006 | | | |
| MASA RECIPIENTE (Kg): | 9,8 | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 29/01/2019 | |
| VOLUMEN RECIPIENTE (dm³): | 20,56 | | | |
| NORMA: | NTE INEN 858 | | | |
| Agregado | Agregado + Recipiente (kg) | Agregado (kg) | Peso Unitario (kg/dm³) | Peso Unitario Promedio (kg/dm³) |
| GRUESO | 22,00 | 12,20 | 0,59 | 0,60 |
| | 22,10 | 12,30 | 0,60 | |
| FINO | 26,50 | 16,70 | 0,81 | 0,81 |
| | 26,50 | 16,70 | 0,81 | |

Anexo 11: Ensayo de la densidad aparente compactada del triturado de bolsas plásticas.



Anexo 12: Resultados del ensayo de la densidad aparente compactada del triturado de bolsas plásticas.

| | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | |  |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
| ORIGEN: | ECUAPLASTIC | | | |
| MASA RECIPIENTE (Kg): | 9,97 | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 29/01/2019 | |
| VOLUMEN RECIPIENTE (dm³): | 20,44 | | | |
| NORMA: | NTE INEN 858 | | | |
| Agregado | Agregado + Recipiente (kg) | Agregado (kg) | Peso Unitario (kg/dm³) | Promedio (kg/dm³) |
| TRITURADO BOLSAS PLÁSTICAS | 18,68 | 8,71 | 0,426 | 0,42 |
| | 18,63 | 8,66 | 0,424 | |

Anexo 13: Ensayo de la densidad aparente suelta del triturado de bolsas plásticas.

| | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Colocación de la muestra de triturado de bolsas plásticas en un recipiente.</p> | <p>Peso de la muestra de material.</p> |

Anexo 14: Resultados del ensayo de la densidad aparente suelta del triturado de bolsas plásticas.

| | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|---|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| LABORATORIOS | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
| ORIGEN: | ECUAPLASTIC | | | |
| MASA RECIPIENTE (Kg): | 9,97 | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 29/01/2019 | |
| VOLUMEN RECIPIENTE (dm³): | 20,44 | | | |
| NORMA: | NTE INEN 858:2010 | | | |
| Agregado | Agregado + Recipiente (kg) | Agregado (kg) | Peso Unitario (kg/dm³) | Peso Unitario Promedio (kg/dm³) |
| TRITURADO BOLSAS PLÁSTICAS | 17,75 | 7,78 | 0,38 | 0,38 |
| | 17,65 | 7,68 | 0,38 | |

Anexo 15: Ensayo de la densidad aparente compactada de la mezcla entre el agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui).



Secado de la muestra de material.



Mezcla de la muestra de material de agregado fino y agregado grueso.



Compactación de la combinación de las muestras de materiales.



Peso de la muestra de material compactada.

Anexo 16: Resultados del ensayo de la densidad aparente compactada de la mezcla entre el agregado fino (polvo) y agregado grueso (chasqui).


| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | |  | | | |
|---|--------|---|-------|-------------------|---|---------------|--|------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | | | | | |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA | | | | | | | | |
| ORIGEN: | | Área minera " Profuturo" Cod. 201004 / Área Minera "Niño de Isinche" Cod. | | | | | | |
| MASA RECIPIENTE (Kg): | | 9,8 | | | | | | |
| ENSAYADO POR: | | Xavier Cando | | | FECHA: | 29/01/2019 | | |
| VOLUMEN RECIPIENTE (dm³): | | 20,56 | | | | | | |
| NORMA: | | NTE INEN 858 | | | | | | |
| % Mezcla | | Cantidad (kg) | | Fino añadido (kg) | Agregado + Recipiente (kg) | Agregado (kg) | Peso unitario mezcla (kg/dm ³) | Peso unitario promedio |
| GRUESO | FINO | GRUESO | FINO | FINO | AGREGADO FINO + GRUESO | | | |
| 100,00% | 0,00% | 40,00 | 0,00 | 0,00 | 25,10 | 15,30 | 0,74 | 0,74 |
| | | | | | 24,90 | 15,10 | 0,73 | |
| 90,00% | 10,00% | 40,00 | 4,44 | 4,44 | 26,10 | 16,30 | 0,79 | 0,79 |
| | | | | | 26,00 | 16,20 | 0,79 | |
| 80,00% | 20,00% | 40,00 | 10,00 | 5,56 | 26,80 | 17,00 | 0,83 | 0,82 |
| | | | | | 26,60 | 16,80 | 0,82 | |
| 70,00% | 30,00% | 40,00 | 17,14 | 7,14 | 27,20 | 17,40 | 0,85 | 0,84 |
| | | | | | 27,00 | 17,20 | 0,84 | |
| 60,00% | 40,00% | 40,00 | 26,67 | 9,53 | 28,20 | 18,40 | 0,89 | 0,89 |
| | | | | | 28,00 | 18,20 | 0,89 | |
| 50,00% | 50,00% | 40,00 | 40,00 | 13,33 | 28,80 | 19,00 | 0,92 | 0,92 |
| | | | | | 28,60 | 18,80 | 0,91 | |
| 40,00% | 60,00% | 40,00 | 60,00 | 20,00 | 28,00 | 18,20 | 0,89 | 0,88 |
| | | | | | 27,80 | 18,00 | 0,88 | |

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

| | |
|---|--------|
| Porcentaje máximo de agregado fino (%) | 58,00% |
| Porcentaje máximo de agregado grueso (%) | 42,00% |
| Porcentaje óptimo de agregado fino (%) | 54,00% |
| Porcentaje óptimo de agregado grueso (%) | 46,00% |
| Peso unitario máximo (kg/dm³) | 0,897 |
| Peso unitario óptimo (kg/dm³) | 0,896 |

Anexo 17: Ensayo de la de la densidad real del agregado fino (polvo).



Anexo 18: Resultados del ensayo de la densidad real del agregado fino (polvo).

| | | | |
|--|--|--------------------|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | |
| DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO (POLVO) | | | |
| ORIGEN: | Área de pequeña minería " Profuturo" Cod. 201004 | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 06/02/2019 |
| NORMA: | NTE INEN 856 | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR |
| M1 | Masa del picnómetro | gr | 153,30 146,00 |
| M2 | Masa del picnómetro + muestra SSS | gr | 281,70 315,40 |
| M3 | Masa del picnómetro + muestra SSS + agua | gr | 707,90 719,60 |
| M4=M3-M2 | Masa agua añadida | gr | 426,20 404,20 |
| M5 | Masa picnómetro + 500cc de agua | gr | 651,80 645,20 |
| M6=M5-M1 | Masa de 500cc de agua | gr | 498,50 499,20 |
| DA=M6/500cm ³ | Densidad del agua | gr/cm ³ | 1,00 1,00 |
| M7=M6-M4 | Masa del agua desalojada por la muestra | gr | 72,30 95,00 |
| Msss=M2-M1 | Masa del agregado | gr | 128,40 169,40 |
| Vsss=M7/DA | Volumen del agua desalojada | cm ³ | 72,52 95,15 |
| DRA=Msss/Vsss | Densidad real | gr/cm ³ | 1,77 1,78 |
| DRA Prom | Densidad real promedio | gr/cm ³ | 1,775 |

Anexo 19: Ensayo de la de la densidad real del agregado grueso (chasqui).



Anexo 20: Resultados del ensayo de la densidad real del agregado grueso (chasqui).

| | | | |
|--|--|--------------------|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | |
| DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO (CHASQUI) | | | |
| ORIGEN: | Área Minera "Niño de Isinche" Cod. 201006 | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 31/01/2019 |
| NORMA: | NTE INEN 857 | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR |
| M1 | Masa de la canastilla en el aire | gr | 1195,00 |
| M2 | Masa de la canastilla en el agua | gr | 1027,00 |
| M3 | Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire | gr | 1955,00 |
| M4 | Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua | gr | 1104,00 |
| DA | Densidad real del agua | gr/cm ³ | 1,00 |
| M5 = M3-M1 | Masa de la muestra SSS en el aire | gr | 760,00 |
| M6 = M4-M2 | Masa de la muestra SSS en el agua | gr | 77,00 |
| VR=(M5-M6)/DA | Volumen real de la muestra | cm ³ | 683,00 |
| DR=M5/VR | Densidad real | gr/cm ³ | 1,113 |

Anexo 21: Ensayo de la de la densidad real del cemento




Anexo 22: Resultados del ensayo de la densidad real del cemento.

| | | | | |
|--|---|---------------|--------------|--------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| DENSIDAD REAL DEL CEMENTO | | | | |
| TIPO: | PORTLAND IP / HOLCIM | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 06/02/2019 | |
| NORMA: | NTE INEN 156 / ASTM C 188-03 | | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M1 | Masa del picnómetro | gr | 154,70 | 153,30 |
| M2 | Masa del picnómetro + muestra | gr | 269,50 | 251,80 |
| M3 | Masa del picnómetro + muestra + gasolina | gr | 608,10 | 594,80 |
| M4=M3-M2 | Masa gasolina añadida | gr | 338,60 | 343,00 |
| M5 | Masa picnómetro + 500cc de gasolina | gr | 522,50 | 521,30 |
| M6=M5-M1 | Masa de 500cc de gasolina | gr | 367,80 | 368,00 |
| DG=M6/500cm3 | Densidad de la gasolina | gr/cm3 | 0,74 | 0,74 |
| M7=M6-M4 | Masa de la gasolina desalojada por la muestra | gr | 29,20 | 25,00 |
| M _C =M2-M1 | Masa del cemento | gr | 114,80 | 98,50 |
| V _G =M7/DG | Volumen de la gasolina desalojada | cm3 | 39,70 | 33,97 |
| DRC=M _C /V _G | Densidad real | gr/cm3 | 2,89 | 2,90 |
| | Densidad real promedio | gr/cm3 | 2,896 | |

Anexo 22: Resultados del ensayo de la capacidad de absorción del agregado fino (polvo).

| | | | | |
|---|---|---------------|---|-------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (POLVO) | | | | |
| ORIGEN: | Área de pequeña minería "Profuturo" Cod. 201004 | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 06/02/2019 | |
| NORMA: | NTE INEN 856 | | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M7 | Masa del recipiente | gr | 24,20 | 26,50 |
| M8 | Masa del recipiente + muestra SSS | gr | 94,10 | 96,80 |
| M9=M8-M7 | Masa de la muestra SSS | gr | 69,90 | 70,30 |
| M10 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 79,40 | 82,00 |
| M11=M10-M7 | Masa de la muestra seca | gr | 55,20 | 55,50 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100 | Capacidad de absorción | % | 26,63 | 26,67 |
| P2=(CA1+CA2)/2 | Capacidad de absorción promedio | % | 26,65 | |


Anexo 23: Resultados del ensayo de la capacidad de absorción del agregado grueso (chasqui).

| | | | | |
|---|---|---------------|---|-------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (CHASQUI) | | | | |
| ORIGEN: | Área Minera "Niño de Isinche" Cod. 201006 | | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 31/01/2019 | |
| NORMA: | NTE INEN 857 | | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M7 | Masa del recipiente | gr | 31,00 | 30,80 |
| M8 | Masa del recipiente + muestra SSS | gr | 74,10 | 74,40 |
| M9=M8-M7 | Masa de la muestra SSS | gr | 43,10 | 43,60 |
| M10 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 58,20 | 58,40 |
| M11=M10-M7 | Masa de la muestra seca | gr | 27,20 | 27,60 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100 | Capacidad de absorción | % | 58,46 | 57,97 |
| P2=(CA1+CA2)/2 | Capacidad de absorción promedio | % | 58,21 | |


Anexo 24: Resultados del ensayo de la capacidad de absorción del triturado de bolsas plásticas.

| | | | | |
|--|------------------------------------|---------------|---|------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
| ORIGEN: | | ECUAPLASTIC | | |
| ENSAYADO POR: | | Xavier Cando | FECHA: | 06/02/2019 |
| NORMA: | | NTE INEN 856 | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M7 | Masa del recipiente | gr | 57,60 | 30,80 |
| M8 | Masa del recipiente + muestra SSS | gr | 81,60 | 60,80 |
| M9=M8-M7 | Masa de la muestra SSS | gr | 24,00 | 30,00 |
| M10 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 81,10 | 60,20 |
| M11=M10-M7 | Masa de la muestra seca | gr | 23,50 | 29,40 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100 | Capacidad de absorción | % | 2,13 | 2,04 |
| P2=(CA1+CA2)/2 | Capacidad de absorción promedio | % | 2,08 | |

Anexo 25: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino (polvo).

| | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------|---|------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO | | | | |
| ORIGEN: | | Área minera "Profuturo" Cod. 201004 | | |
| ENSAYADO POR: | | Xavier Cando | FECHA: | 31/01/2019 |
| NORMA: | | NTE INEN 862 | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M1 | Masa del recipiente | gr | 30,30 | 30,70 |
| M2 | Masa del recipiente + muestra húmeda | gr | 89,40 | 89,90 |
| M3 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 81,70 | 82,40 |
| M4=M2-M3 | Masa del agua | gr | 7,70 | 7,50 |
| M5=M3-M1 | Masa muestra seca | gr | 51,40 | 51,70 |
| C Hum=M4/M5 | Contenido de humedad | % | 14,98 | 14,51 |
| C Hum Promedio | Contenido de humedad promedio | % | 14,74 | |

Anexo 26: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (chasqui).

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | |  | |
|--|---|---|---------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO | | | |
| ORIGEN: | Área Minera "Niño de Isinche" Cod. 201006 | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 31/01/2019 |
| NORMA: | NTE INEN 862 | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR |
| M1 | Masa del recipiente | gr | 25,30 25,60 |
| M2 | Masa del recipiente + muestra húmeda | gr | 75,30 76,40 |
| M3 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 64,80 64,70 |
| M4=M2-M3 | Masa del agua | gr | 10,50 11,70 |
| M5=M3-M1 | Masa muestra seca | gr | 39,50 39,10 |
| C Hum=M4/M5 | Contenido de humedad | % | 26,58 29,92 |
| C Hum Promedio | Contenido de humedad promedio | % | 28,25 |

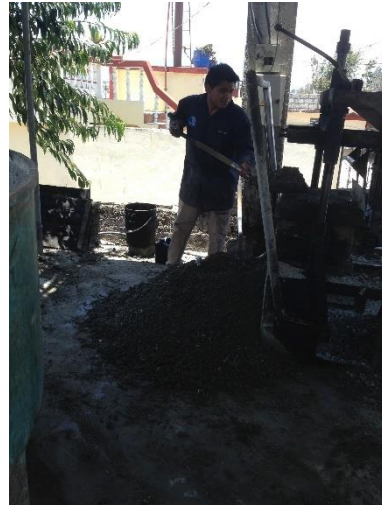
Anexo 27: Resultados del ensayo de contenido de humedad del triturado de bolsas plásticas.

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | |  | |
|--|--------------------------------------|---|---------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DEL TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | |
| ORIGEN: | ECUAPLASTIC | | |
| ENSAYADO POR: | Xavier Cando | FECHA: | 31/01/2019 |
| NORMA: | NTE INEN 862 | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR |
| M1 | Masa del recipiente | gr | 31,30 30,90 |
| M2 | Masa del recipiente + muestra húmeda | gr | 62,70 60,00 |
| M3 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 62,40 59,80 |
| M4=M2-M3 | Masa del agua | gr | 0,30 0,20 |
| M5=M3-M1 | Masa muestra seca | gr | 31,10 28,90 |
| C Hum=M4/M5 | Contenido de humedad | % | 0,96 0,69 |
| C Hum Promedio | Contenido de humedad promedio | % | 0,83 |

Anexo 28: Fabricación de los bloques.



Mezcla de materiales.



Colocación de la mezcla de materiales en la máquina bloquera.



Bloques fabricados.



Curado de bloques.

Anexo 29: Ensayo de compresión de los bloques.



Limpieza de la parte superior e inferior del bloque.



Toma de medidas de las dimensiones del bloque.



Colocación del bloque en la máquina de compresión.



Bloque ensayado.

Anexo 30: Elaboración de la cámara de ensayo.



Armazón de estructura metálica de la cámara.



Colocación de espuma aislante en el interior de las paredes de la cámara.



Cámara de ensayo térmico y acústico.

Anexo 31: Ensayo de variación de temperatura y acondicionamiento acústico.



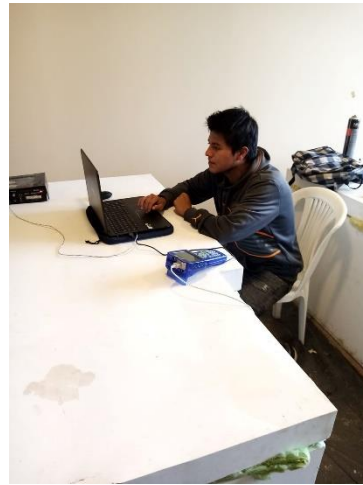
Elaboración de paredes.



Colocación de pared en la cámara de ensayo.



Fuente de calor y de sonido en la cámara de ensayo.



Configuración de equipos.

Anexo 32: Resultados del ensayo térmico de pared con bloques INEN 3066

| PARED BLOQUE NORMA INEN 3066 | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tiempo (min) | Temperatura pared cara 1 (°C) | Temperatura pared cara 3 (°C) | Temperatura ambiente 2 (°C) | Temperatura ambiente 4 (°C) |
| 00:00:00 | 19,78 | 14,84 | 19,56 | 12,87 |
| 00:01:00 | 21,52 | 14,88 | 21,19 | 13,15 |
| 00:02:00 | 22,87 | 14,90 | 22,65 | 13,38 |
| 00:03:00 | 23,86 | 14,93 | 24,03 | 13,58 |
| 00:04:00 | 24,67 | 14,96 | 25,30 | 13,76 |
| 00:05:00 | 25,31 | 14,95 | 26,46 | 13,92 |
| 00:06:00 | 25,89 | 14,98 | 27,53 | 14,05 |
| 00:07:00 | 26,44 | 15,01 | 28,49 | 14,16 |
| 00:08:00 | 26,93 | 15,04 | 29,35 | 14,27 |
| 00:09:00 | 27,43 | 15,07 | 30,16 | 14,37 |
| 00:10:00 | 27,90 | 15,05 | 30,90 | 14,45 |
| 00:11:00 | 28,36 | 15,08 | 31,60 | 14,52 |
| 00:12:00 | 28,82 | 15,10 | 32,22 | 14,59 |
| 00:13:00 | 29,25 | 15,13 | 32,81 | 14,64 |
| 00:14:00 | 29,67 | 15,15 | 33,36 | 14,69 |
| 00:15:00 | 30,07 | 15,18 | 33,88 | 14,74 |
| 00:16:00 | 30,46 | 15,20 | 34,36 | 14,79 |
| 00:17:00 | 30,86 | 15,19 | 34,83 | 14,82 |
| 00:18:00 | 31,25 | 15,21 | 35,26 | 14,85 |
| 00:19:00 | 31,64 | 15,23 | 35,69 | 14,88 |
| 00:20:00 | 32,02 | 15,26 | 36,07 | 14,91 |
| 00:21:00 | 32,36 | 15,28 | 36,46 | 14,93 |
| 00:22:00 | 32,73 | 15,30 | 36,82 | 14,96 |
| 00:23:00 | 33,10 | 15,33 | 37,18 | 14,98 |
| 00:24:00 | 33,47 | 15,35 | 37,52 | 15,00 |
| 00:25:00 | 33,79 | 15,37 | 37,86 | 15,03 |
| 00:26:00 | 34,11 | 15,36 | 38,18 | 15,03 |
| 00:27:00 | 34,47 | 15,39 | 38,49 | 15,06 |
| 00:28:00 | 34,82 | 15,41 | 38,79 | 15,06 |
| 00:29:00 | 35,15 | 15,43 | 39,08 | 15,08 |
| 00:30:00 | 35,48 | 15,45 | 39,37 | 15,08 |
| 00:31:00 | 35,80 | 15,47 | 39,64 | 15,11 |
| 00:32:00 | 36,12 | 15,50 | 39,91 | 15,11 |
| 00:33:00 | 36,40 | 15,52 | 40,19 | 15,13 |
| 00:34:00 | 36,72 | 15,54 | 40,46 | 15,14 |
| 00:35:00 | 37,05 | 15,57 | 40,73 | 15,14 |
| 00:36:00 | 37,34 | 15,56 | 41,00 | 15,16 |
| 00:37:00 | 37,62 | 15,58 | 41,25 | 15,16 |
| 00:38:00 | 37,92 | 15,61 | 41,50 | 15,16 |
| 00:39:00 | 38,20 | 15,63 | 41,76 | 15,17 |
| 00:40:00 | 38,47 | 15,65 | 42,01 | 15,19 |
| 00:41:00 | 38,78 | 15,68 | 42,28 | 15,19 |
| 00:42:00 | 39,06 | 15,71 | 42,51 | 15,20 |
| 00:43:00 | 39,33 | 15,73 | 42,76 | 15,21 |
| 00:44:00 | 39,59 | 15,75 | 42,99 | 15,21 |
| 00:45:00 | 39,85 | 15,78 | 43,22 | 15,22 |
| 00:46:00 | 40,09 | 15,80 | 43,46 | 15,24 |
| 00:47:00 | 40,36 | 15,83 | 43,70 | 15,24 |
| 00:48:00 | 40,61 | 15,83 | 43,93 | 15,24 |
| 00:49:00 | 40,87 | 15,85 | 44,16 | 15,24 |
| 00:50:00 | 41,12 | 15,88 | 44,39 | 15,26 |
| 00:51:00 | 41,38 | 15,91 | 44,63 | 15,27 |
| 00:52:00 | 41,62 | 15,94 | 44,86 | 15,27 |
| 00:53:00 | 41,86 | 15,97 | 45,09 | 15,27 |
| 00:54:00 | 42,10 | 16,00 | 45,30 | 15,29 |
| 00:55:00 | 42,34 | 16,02 | 45,54 | 15,29 |
| 00:56:00 | 42,58 | 16,06 | 45,75 | 15,30 |
| 00:57:00 | 42,82 | 16,09 | 45,95 | 15,31 |
| 00:58:00 | 43,02 | 16,12 | 46,17 | 15,32 |
| 00:59:00 | 43,26 | 16,15 | 46,37 | 15,32 |
| 01:00:00 | 43,48 | 16,18 | 46,59 | 15,32 |
| Máximo | 43,48 | 16,18 | 46,59 | 15,32 |
| Mínimo | 19,78 | 14,84 | 19,56 | 12,87 |
| Promedio | 34,59 | 15,47 | 37,76 | 14,86 |
| Δ T (max) | 27,31 | | 31,26 | |

Anexo 33: Resultados del ensayo térmico de pared con bloques artesanales

| PARED BLOQUE ARTESANAL | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tiempo (min) | Temperatura pared cara 1 (°C) | Temperatura pared cara 3 (°C) | Temperatura ambiente 2 (°C) | Temperatura ambiente 4 (°C) |
| 00:00:00 | 13,12 | 13,20 | 15,11 | 14,51 |
| 00:01:00 | 14,69 | 13,21 | 16,42 | 14,61 |
| 00:02:00 | 15,88 | 13,22 | 17,58 | 14,69 |
| 00:03:00 | 16,80 | 13,22 | 18,68 | 14,77 |
| 00:04:00 | 17,57 | 13,23 | 19,71 | 14,82 |
| 00:05:00 | 18,25 | 13,24 | 20,67 | 14,87 |
| 00:06:00 | 18,88 | 13,25 | 21,56 | 14,93 |
| 00:07:00 | 19,45 | 13,23 | 22,38 | 14,97 |
| 00:08:00 | 20,01 | 13,24 | 23,14 | 15,00 |
| 00:09:00 | 20,56 | 13,25 | 23,82 | 15,03 |
| 00:10:00 | 21,09 | 13,26 | 24,47 | 15,06 |
| 00:11:00 | 21,60 | 13,28 | 25,08 | 15,09 |
| 00:12:00 | 22,09 | 13,29 | 25,63 | 15,11 |
| 00:13:00 | 22,57 | 13,27 | 26,18 | 15,14 |
| 00:14:00 | 23,06 | 13,28 | 26,68 | 15,15 |
| 00:15:00 | 23,52 | 13,29 | 27,16 | 15,16 |
| 00:16:00 | 23,98 | 13,31 | 27,63 | 15,17 |
| 00:17:00 | 24,45 | 13,32 | 28,07 | 15,19 |
| 00:18:00 | 24,91 | 13,34 | 28,48 | 15,19 |
| 00:19:00 | 25,35 | 13,32 | 28,90 | 15,20 |
| 00:20:00 | 25,80 | 13,33 | 29,28 | 15,21 |
| 00:21:00 | 26,20 | 13,35 | 29,66 | 15,22 |
| 00:22:00 | 26,64 | 13,37 | 30,02 | 15,22 |
| 00:23:00 | 27,05 | 13,39 | 30,37 | 15,24 |
| 00:24:00 | 27,44 | 13,41 | 30,72 | 15,24 |
| 00:25:00 | 27,85 | 13,43 | 31,06 | 15,24 |
| 00:26:00 | 28,24 | 13,42 | 31,39 | 15,24 |
| 00:27:00 | 28,63 | 13,44 | 31,72 | 15,24 |
| 00:28:00 | 29,01 | 13,46 | 32,02 | 15,25 |
| 00:29:00 | 29,38 | 13,49 | 32,33 | 15,25 |
| 00:30:00 | 29,75 | 13,51 | 32,63 | 15,25 |
| 00:31:00 | 30,10 | 13,53 | 32,92 | 15,26 |
| 00:32:00 | 30,47 | 13,57 | 33,21 | 15,26 |
| 00:33:00 | 30,82 | 13,60 | 33,50 | 15,26 |
| 00:34:00 | 31,16 | 13,59 | 33,78 | 15,26 |
| 00:35:00 | 31,50 | 13,62 | 34,07 | 15,27 |
| 00:36:00 | 31,84 | 13,66 | 34,33 | 15,26 |
| 00:37:00 | 32,19 | 13,69 | 34,61 | 15,27 |
| 00:38:00 | 32,51 | 13,72 | 34,88 | 15,27 |
| 00:39:00 | 32,84 | 13,76 | 35,14 | 15,27 |
| 00:40:00 | 33,14 | 13,79 | 35,40 | 15,27 |
| 00:41:00 | 33,45 | 13,83 | 35,67 | 15,27 |
| 00:42:00 | 33,75 | 13,87 | 35,93 | 15,28 |
| 00:43:00 | 34,06 | 13,87 | 36,19 | 15,29 |
| 00:44:00 | 34,38 | 13,92 | 36,43 | 15,29 |
| 00:45:00 | 34,68 | 13,96 | 36,70 | 15,29 |
| 00:46:00 | 34,98 | 14,00 | 36,94 | 15,29 |
| 00:47:00 | 35,28 | 14,05 | 37,20 | 15,30 |
| 00:48:00 | 35,57 | 14,09 | 37,45 | 15,30 |
| 00:49:00 | 35,85 | 14,14 | 37,69 | 15,31 |
| 00:50:00 | 36,13 | 14,19 | 37,93 | 15,31 |
| 00:51:00 | 36,45 | 14,24 | 38,19 | 15,32 |
| 00:52:00 | 36,70 | 14,29 | 38,43 | 15,32 |
| 00:53:00 | 36,98 | 14,34 | 38,67 | 15,32 |
| 00:54:00 | 37,26 | 14,35 | 38,91 | 15,32 |
| 00:55:00 | 37,53 | 14,41 | 39,15 | 15,33 |
| 00:56:00 | 37,80 | 14,47 | 39,37 | 15,34 |
| 00:57:00 | 38,06 | 14,52 | 39,62 | 15,35 |
| 00:58:00 | 38,35 | 14,57 | 39,84 | 15,34 |
| 00:59:00 | 38,62 | 14,64 | 40,08 | 15,36 |
| 01:00:00 | 38,75 | 14,71 | 40,53 | 15,37 |
| Máximo | 38,75 | 14,71 | 40,53 | 15,37 |
| Mínimo | 13,12 | 13,20 | 15,11 | 14,51 |
| Promedio | 28,77 | 13,67 | 31,33 | 15,18 |
| Δ T (max) | 24,04 | | 25,16 | |

Anexo 34: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 15 % de triturado de bolsas plásticas

| PARED BLOQUE 15% TRITURADO BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tiempo (min) | Temperatura pared cara 1 (°C) | Temperatura pared cara 3 (°C) | Temperatura ambiente 2 (°C) | Temperatura ambiente 4 (°C) |
| 00:00:00 | 15,13 | 15,04 | 15,99 | 16,23 |
| 00:01:00 | 15,72 | 15,05 | 17,53 | 16,30 |
| 00:02:00 | 16,47 | 15,02 | 19,14 | 16,38 |
| 00:03:00 | 17,25 | 15,02 | 20,63 | 16,46 |
| 00:04:00 | 17,90 | 15,01 | 22,00 | 16,53 |
| 00:05:00 | 18,95 | 15,01 | 23,28 | 16,59 |
| 00:06:00 | 19,72 | 15,02 | 24,43 | 16,64 |
| 00:07:00 | 21,02 | 15,02 | 25,50 | 16,68 |
| 00:08:00 | 22,06 | 15,02 | 26,48 | 16,72 |
| 00:09:00 | 23,01 | 15,03 | 27,39 | 16,77 |
| 00:10:00 | 23,84 | 15,03 | 28,23 | 16,79 |
| 00:11:00 | 24,61 | 15,04 | 29,00 | 16,82 |
| 00:12:00 | 25,37 | 15,04 | 29,73 | 16,86 |
| 00:13:00 | 26,09 | 15,05 | 30,40 | 16,89 |
| 00:14:00 | 26,78 | 15,05 | 31,04 | 16,92 |
| 00:15:00 | 27,43 | 15,06 | 31,67 | 16,94 |
| 00:16:00 | 28,04 | 15,06 | 32,24 | 16,97 |
| 00:17:00 | 28,69 | 15,06 | 32,80 | 16,99 |
| 00:18:00 | 29,25 | 15,06 | 33,33 | 17,00 |
| 00:19:00 | 29,83 | 15,07 | 33,85 | 17,02 |
| 00:20:00 | 30,43 | 15,07 | 34,38 | 17,05 |
| 00:21:00 | 30,99 | 15,07 | 34,86 | 17,07 |
| 00:22:00 | 31,52 | 15,08 | 35,33 | 17,08 |
| 00:23:00 | 32,07 | 15,09 | 35,79 | 17,10 |
| 00:24:00 | 32,61 | 15,09 | 36,22 | 17,11 |
| 00:25:00 | 33,13 | 15,09 | 36,65 | 17,12 |
| 00:26:00 | 33,62 | 15,11 | 37,09 | 17,15 |
| 00:27:00 | 34,10 | 15,11 | 37,51 | 17,15 |
| 00:28:00 | 34,67 | 15,11 | 37,93 | 17,18 |
| 00:29:00 | 35,14 | 15,12 | 38,32 | 17,18 |
| 00:30:00 | 35,63 | 15,13 | 38,71 | 17,20 |
| 00:31:00 | 36,14 | 15,14 | 39,11 | 17,22 |
| 00:32:00 | 36,55 | 15,14 | 39,50 | 17,23 |
| 00:33:00 | 37,04 | 15,16 | 39,89 | 17,24 |
| 00:34:00 | 37,52 | 15,17 | 40,28 | 17,25 |
| 00:35:00 | 37,96 | 15,18 | 40,66 | 17,25 |
| 00:36:00 | 38,37 | 15,19 | 41,02 | 17,28 |
| 00:37:00 | 38,84 | 15,20 | 41,38 | 17,28 |
| 00:38:00 | 39,26 | 15,21 | 41,73 | 17,30 |
| 00:39:00 | 39,68 | 15,22 | 42,08 | 17,30 |
| 00:40:00 | 40,13 | 15,23 | 42,46 | 17,30 |
| 00:41:00 | 40,55 | 15,24 | 42,81 | 17,32 |
| 00:42:00 | 40,95 | 15,26 | 43,16 | 17,33 |
| 00:43:00 | 41,40 | 15,27 | 43,50 | 17,33 |
| 00:44:00 | 41,75 | 15,28 | 43,84 | 17,34 |
| 00:45:00 | 42,20 | 15,30 | 44,17 | 17,35 |
| 00:46:00 | 42,60 | 15,31 | 44,51 | 17,36 |
| 00:47:00 | 42,98 | 15,33 | 44,85 | 17,35 |
| 00:48:00 | 43,35 | 15,34 | 45,19 | 17,36 |
| 00:49:00 | 43,76 | 15,36 | 45,51 | 17,38 |
| 00:50:00 | 44,11 | 15,38 | 45,82 | 17,38 |
| 00:51:00 | 44,50 | 15,39 | 46,14 | 17,38 |
| 00:52:00 | 44,92 | 15,42 | 46,46 | 17,39 |
| 00:53:00 | 45,26 | 15,43 | 46,77 | 17,40 |
| 00:54:00 | 45,63 | 15,46 | 47,09 | 17,40 |
| 00:55:00 | 45,97 | 15,47 | 47,41 | 17,40 |
| 00:56:00 | 46,39 | 15,49 | 47,71 | 17,40 |
| 00:57:00 | 46,77 | 15,51 | 48,00 | 17,42 |
| 00:58:00 | 47,09 | 15,54 | 48,33 | 17,43 |
| 00:59:00 | 47,49 | 15,56 | 48,63 | 17,43 |
| 01:00:00 | 47,54 | 15,58 | 48,93 | 17,43 |
| Máximo | 47,54 | 15,58 | 48,93 | 17,43 |
| Mínimo | 15,13 | 15,01 | 15,99 | 16,23 |
| Promedio | 34,23 | 15,19 | 37,12 | 17,10 |
| Δ T (max) | 31,96 | | 31,50 | |

Anexo 35: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 25 % de triturado de bolsas plásticas

| PARED BLOQUE 25% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tiempo (min) | Temperatura pared cara 1 (°C) | Temperatura pared cara 3 (°C) | Temperatura ambiente 2 (°C) | Temperatura ambiente 4 (°C) |
| 00:00:00 | 14,86 | 14,83 | 15,34 | 14,53 |
| 00:01:00 | 16,94 | 14,90 | 16,56 | 14,68 |
| 00:02:00 | 19,39 | 14,84 | 18,16 | 14,82 |
| 00:03:00 | 21,14 | 14,86 | 19,67 | 14,93 |
| 00:04:00 | 22,52 | 14,81 | 21,12 | 15,03 |
| 00:05:00 | 23,58 | 14,81 | 22,41 | 15,12 |
| 00:06:00 | 24,52 | 14,80 | 23,62 | 15,19 |
| 00:07:00 | 25,41 | 14,77 | 24,75 | 15,27 |
| 00:08:00 | 26,24 | 14,78 | 25,77 | 15,34 |
| 00:09:00 | 27,08 | 14,80 | 26,71 | 15,40 |
| 00:10:00 | 27,83 | 14,83 | 27,59 | 15,45 |
| 00:11:00 | 28,56 | 14,82 | 28,41 | 15,52 |
| 00:12:00 | 29,27 | 14,86 | 29,15 | 15,56 |
| 00:13:00 | 29,96 | 14,89 | 29,85 | 15,61 |
| 00:14:00 | 30,69 | 14,93 | 30,51 | 15,66 |
| 00:15:00 | 31,31 | 14,94 | 31,15 | 15,71 |
| 00:16:00 | 31,95 | 14,98 | 31,73 | 15,74 |
| 00:17:00 | 32,56 | 15,02 | 32,28 | 15,79 |
| 00:18:00 | 33,19 | 15,06 | 32,82 | 15,82 |
| 00:19:00 | 33,79 | 15,11 | 33,33 | 15,86 |
| 00:20:00 | 34,34 | 15,13 | 33,83 | 15,89 |
| 00:21:00 | 34,90 | 15,22 | 34,29 | 15,92 |
| 00:22:00 | 35,48 | 15,28 | 34,77 | 15,95 |
| 00:23:00 | 36,06 | 15,34 | 35,24 | 15,99 |
| 00:24:00 | 36,61 | 15,39 | 35,69 | 16,02 |
| 00:25:00 | 37,16 | 15,43 | 36,13 | 16,04 |
| 00:26:00 | 37,65 | 15,50 | 36,55 | 16,07 |
| 00:27:00 | 38,19 | 15,58 | 36,99 | 16,10 |
| 00:28:00 | 38,63 | 15,65 | 37,40 | 16,12 |
| 00:29:00 | 39,21 | 15,75 | 37,79 | 16,15 |
| 00:30:00 | 39,71 | 15,83 | 38,18 | 16,17 |
| 00:31:00 | 40,22 | 15,93 | 38,57 | 16,18 |
| 00:32:00 | 40,77 | 15,99 | 38,96 | 16,20 |
| 00:33:00 | 41,26 | 16,08 | 39,34 | 16,23 |
| 00:34:00 | 41,70 | 16,18 | 39,72 | 16,25 |
| 00:35:00 | 42,15 | 16,28 | 40,09 | 16,27 |
| 00:36:00 | 42,62 | 16,38 | 40,45 | 16,28 |
| 00:37:00 | 43,07 | 16,48 | 40,81 | 16,30 |
| 00:38:00 | 43,58 | 16,60 | 41,18 | 16,30 |
| 00:39:00 | 43,98 | 16,69 | 41,53 | 16,33 |
| 00:40:00 | 44,42 | 16,75 | 41,90 | 16,33 |
| 00:41:00 | 44,94 | 16,87 | 42,26 | 16,34 |
| 00:42:00 | 45,35 | 16,98 | 42,61 | 16,35 |
| 00:43:00 | 45,81 | 17,09 | 42,96 | 16,36 |
| 00:44:00 | 46,21 | 17,19 | 43,32 | 16,36 |
| 00:45:00 | 46,65 | 17,30 | 43,66 | 16,38 |
| 00:46:00 | 47,06 | 17,40 | 44,01 | 16,38 |
| 00:47:00 | 47,53 | 17,49 | 44,34 | 16,39 |
| 00:48:00 | 47,97 | 17,57 | 44,70 | 16,41 |
| 00:49:00 | 48,34 | 17,67 | 45,02 | 16,41 |
| 00:50:00 | 48,71 | 17,81 | 45,35 | 16,43 |
| 00:51:00 | 49,11 | 17,92 | 45,69 | 16,43 |
| 00:52:00 | 49,52 | 18,04 | 46,01 | 16,46 |
| 00:53:00 | 49,94 | 18,18 | 46,33 | 16,46 |
| 00:54:00 | 50,35 | 18,28 | 46,64 | 16,48 |
| 00:55:00 | 50,73 | 18,38 | 46,95 | 16,48 |
| 00:56:00 | 51,14 | 18,50 | 47,25 | 16,49 |
| 00:57:00 | 51,51 | 18,62 | 47,57 | 16,50 |
| 00:58:00 | 51,90 | 18,74 | 47,87 | 16,51 |
| 00:59:00 | 52,27 | 18,84 | 48,17 | 16,51 |
| 01:00:00 | 52,60 | 18,96 | 48,45 | 16,51 |
| Máximo | 52,60 | 18,96 | 48,45 | 16,51 |
| Mínimo | 14,86 | 14,77 | 15,34 | 14,53 |
| Promedio | 38,36 | 16,21 | 36,55 | 15,98 |
| Δ T (max) | 33,65 | | 31,93 | |

Anexo 36: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 50 % de triturado de bolsas plásticas

| PARED BLOQUE 50% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tiempo (min) | Temperatura pared cara 1 (°C) | Temperatura pared cara 3 (°C) | Temperatura ambiente 2 (°C) | Temperatura ambiente 4 (°C) |
| 00:00:00 | 17,11 | 16,38 | 18,59 | 15,83 |
| 00:01:00 | 18,09 | 16,52 | 19,39 | 16,07 |
| 00:02:00 | 20,62 | 16,53 | 21,19 | 16,25 |
| 00:03:00 | 22,27 | 16,44 | 22,82 | 16,41 |
| 00:04:00 | 23,64 | 16,51 | 24,34 | 16,56 |
| 00:05:00 | 24,72 | 16,61 | 25,75 | 16,67 |
| 00:06:00 | 25,64 | 16,77 | 26,93 | 16,56 |
| 00:07:00 | 26,58 | 16,50 | 28,20 | 16,37 |
| 00:08:00 | 27,51 | 16,44 | 29,35 | 16,22 |
| 00:09:00 | 28,37 | 16,28 | 30,41 | 16,10 |
| 00:10:00 | 29,15 | 16,28 | 31,38 | 15,99 |
| 00:11:00 | 29,88 | 16,30 | 32,28 | 15,89 |
| 00:12:00 | 30,56 | 16,28 | 32,88 | 15,82 |
| 00:13:00 | 31,31 | 16,59 | 33,55 | 15,76 |
| 00:14:00 | 32,01 | 16,30 | 34,33 | 15,68 |
| 00:15:00 | 32,75 | 16,31 | 35,06 | 15,63 |
| 00:16:00 | 33,35 | 16,35 | 35,74 | 15,58 |
| 00:17:00 | 34,09 | 16,42 | 36,40 | 15,53 |
| 00:18:00 | 34,62 | 16,43 | 36,96 | 15,49 |
| 00:19:00 | 35,25 | 16,34 | 37,31 | 15,45 |
| 00:20:00 | 35,75 | 16,34 | 37,64 | 15,42 |
| 00:21:00 | 36,38 | 16,36 | 37,98 | 15,39 |
| 00:22:00 | 36,98 | 16,39 | 38,34 | 15,36 |
| 00:23:00 | 37,60 | 16,44 | 38,71 | 15,34 |
| 00:24:00 | 38,11 | 16,42 | 39,08 | 15,31 |
| 00:25:00 | 38,68 | 16,44 | 39,47 | 15,29 |
| 00:26:00 | 39,26 | 16,47 | 39,84 | 15,27 |
| 00:27:00 | 39,76 | 16,54 | 40,22 | 15,25 |
| 00:28:00 | 40,35 | 16,60 | 40,60 | 15,24 |
| 00:29:00 | 40,96 | 16,55 | 40,98 | 15,22 |
| 00:30:00 | 41,43 | 16,58 | 41,35 | 15,20 |
| 00:31:00 | 41,98 | 16,77 | 41,73 | 15,19 |
| 00:32:00 | 42,50 | 16,77 | 42,11 | 15,18 |
| 00:33:00 | 42,99 | 16,73 | 42,48 | 15,16 |
| 00:34:00 | 43,44 | 16,83 | 42,84 | 15,16 |
| 00:35:00 | 43,92 | 16,89 | 43,18 | 15,14 |
| 00:36:00 | 44,40 | 16,91 | 43,53 | 15,14 |
| 00:37:00 | 44,93 | 16,98 | 43,88 | 15,13 |
| 00:38:00 | 45,34 | 17,15 | 44,23 | 15,12 |
| 00:39:00 | 45,75 | 17,07 | 44,60 | 15,11 |
| 00:40:00 | 46,28 | 16,99 | 44,94 | 15,11 |
| 00:41:00 | 46,74 | 16,86 | 45,28 | 15,11 |
| 00:42:00 | 47,18 | 17,04 | 45,60 | 15,10 |
| 00:43:00 | 47,59 | 17,23 | 45,90 | 15,08 |
| 00:44:00 | 48,06 | 17,07 | 46,22 | 15,08 |
| 00:45:00 | 48,49 | 17,03 | 46,54 | 15,08 |
| 00:46:00 | 48,89 | 17,04 | 46,85 | 15,08 |
| 00:47:00 | 49,34 | 16,92 | 47,20 | 15,07 |
| 00:48:00 | 49,73 | 17,11 | 47,52 | 15,06 |
| 00:49:00 | 50,17 | 17,26 | 47,82 | 15,06 |
| 00:50:00 | 50,62 | 17,27 | 48,14 | 15,06 |
| 00:51:00 | 51,02 | 17,37 | 48,46 | 15,06 |
| 00:52:00 | 51,45 | 17,30 | 48,76 | 15,05 |
| 00:53:00 | 51,90 | 17,35 | 49,09 | 15,05 |
| 00:54:00 | 52,27 | 17,49 | 49,40 | 15,06 |
| 00:55:00 | 52,63 | 17,59 | 49,70 | 15,05 |
| 00:56:00 | 53,00 | 17,64 | 49,97 | 15,04 |
| 00:57:00 | 53,47 | 17,48 | 50,28 | 15,04 |
| 00:58:00 | 53,76 | 17,54 | 50,56 | 15,04 |
| 00:59:00 | 54,23 | 17,19 | 51,07 | 15,03 |
| 01:00:00 | 54,63 | 17,19 | 51,58 | 15,03 |
| Máximo | 54,63 | 17,64 | 51,58 | 16,67 |
| Mínimo | 17,11 | 16,28 | 18,59 | 15,03 |
| Promedio | 39,99 | 16,78 | 39,78 | 15,42 |
| Δ T (max) | 36,99 | | 34,91 | |

Anexo 37: Resultados del ensayo térmico de pared de bloques con 75 % de triturado de bolsas plásticas

| PARED BLOQUE 75% TRITURADO DE BOLSAS PLÁSTICAS | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tiempo (min) | Temperatura pared cara 1 (°C) | Temperatura pared cara 3 (°C) | Temperatura ambiente 2 (°C) | Temperatura ambiente 4 (°C) |
| 00:00:00 | 13,87 | 13,64 | 13,58 | 14,82 |
| 00:01:00 | 14,92 | 13,73 | 14,50 | 14,85 |
| 00:02:00 | 17,40 | 13,60 | 16,25 | 14,87 |
| 00:03:00 | 19,23 | 13,64 | 17,89 | 14,93 |
| 00:04:00 | 20,54 | 13,63 | 19,40 | 14,98 |
| 00:05:00 | 21,64 | 13,66 | 20,82 | 15,03 |
| 00:06:00 | 22,60 | 13,63 | 22,12 | 15,08 |
| 00:07:00 | 23,52 | 13,65 | 23,29 | 15,13 |
| 00:08:00 | 24,35 | 13,69 | 24,36 | 15,16 |
| 00:09:00 | 25,17 | 13,66 | 25,36 | 15,19 |
| 00:10:00 | 25,89 | 13,71 | 26,25 | 15,22 |
| 00:11:00 | 26,65 | 13,74 | 27,09 | 15,24 |
| 00:12:00 | 27,42 | 13,81 | 27,86 | 15,27 |
| 00:13:00 | 28,06 | 13,79 | 28,62 | 15,29 |
| 00:14:00 | 28,73 | 13,81 | 29,31 | 15,33 |
| 00:15:00 | 29,43 | 13,84 | 29,96 | 15,35 |
| 00:16:00 | 29,99 | 13,84 | 30,58 | 15,39 |
| 00:17:00 | 30,71 | 13,91 | 31,17 | 15,41 |
| 00:18:00 | 31,29 | 13,86 | 31,74 | 15,44 |
| 00:19:00 | 31,91 | 13,91 | 32,26 | 15,45 |
| 00:20:00 | 32,60 | 13,93 | 32,78 | 15,48 |
| 00:21:00 | 33,17 | 13,98 | 33,30 | 15,49 |
| 00:22:00 | 33,69 | 13,99 | 33,78 | 15,51 |
| 00:23:00 | 34,26 | 14,00 | 34,26 | 15,53 |
| 00:24:00 | 34,85 | 14,07 | 34,71 | 15,55 |
| 00:25:00 | 35,40 | 14,07 | 35,16 | 15,58 |
| 00:26:00 | 35,89 | 14,09 | 35,60 | 15,58 |
| 00:27:00 | 36,48 | 14,14 | 36,05 | 15,60 |
| 00:28:00 | 36,93 | 14,24 | 36,46 | 15,63 |
| 00:29:00 | 37,43 | 14,29 | 36,88 | 15,63 |
| 00:30:00 | 37,95 | 14,21 | 37,28 | 15,66 |
| 00:31:00 | 38,42 | 14,39 | 37,66 | 15,66 |
| 00:32:00 | 38,93 | 14,41 | 38,08 | 15,68 |
| 00:33:00 | 39,50 | 14,48 | 38,47 | 15,69 |
| 00:34:00 | 39,93 | 14,48 | 38,86 | 15,71 |
| 00:35:00 | 40,44 | 14,48 | 39,25 | 15,71 |
| 00:36:00 | 40,90 | 14,55 | 39,64 | 15,73 |
| 00:37:00 | 41,37 | 14,56 | 40,02 | 15,74 |
| 00:38:00 | 41,80 | 14,65 | 40,39 | 15,76 |
| 00:39:00 | 42,33 | 14,79 | 40,76 | 15,76 |
| 00:40:00 | 42,78 | 14,85 | 41,13 | 15,77 |
| 00:41:00 | 43,18 | 14,90 | 41,48 | 15,79 |
| 00:42:00 | 43,58 | 14,94 | 41,85 | 15,79 |
| 00:43:00 | 43,99 | 14,99 | 42,21 | 15,81 |
| 00:44:00 | 44,39 | 15,03 | 42,56 | 15,81 |
| 00:45:00 | 44,86 | 14,95 | 42,89 | 15,82 |
| 00:46:00 | 45,23 | 15,05 | 43,22 | 15,84 |
| 00:47:00 | 45,63 | 15,11 | 43,52 | 15,84 |
| 00:48:00 | 45,97 | 15,22 | 43,84 | 15,85 |
| 00:49:00 | 46,38 | 15,45 | 44,16 | 15,86 |
| 00:50:00 | 46,76 | 15,35 | 44,47 | 15,87 |
| 00:51:00 | 47,18 | 15,40 | 44,78 | 15,87 |
| 00:52:00 | 47,63 | 15,20 | 45,09 | 15,89 |
| 00:53:00 | 48,06 | 15,59 | 45,43 | 15,89 |
| 00:54:00 | 48,35 | 15,33 | 45,75 | 15,90 |
| 00:55:00 | 48,77 | 15,57 | 46,06 | 15,91 |
| 00:56:00 | 49,10 | 15,66 | 46,38 | 15,92 |
| 00:57:00 | 49,51 | 15,61 | 46,67 | 15,92 |
| 00:58:00 | 49,87 | 15,81 | 46,96 | 15,92 |
| 00:59:00 | 50,31 | 15,56 | 47,28 | 15,94 |
| 01:00:00 | 50,63 | 15,65 | 47,97 | 15,94 |
| Máximo | 50,63 | 15,81 | 47,97 | 15,94 |
| Mínimo | 13,87 | 13,60 | 13,58 | 14,82 |
| Promedio | 36,52 | 14,46 | 35,50 | 15,56 |
| Δ T (max) | 34,82 | | 32,03 | |