



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

ANALIZAR EL REVOQUE DE TIERRA, RESISTENTE A LA

DISGREGACIÓN DE SUS PARTÍCULAS FINAS

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE ARQUITECTO

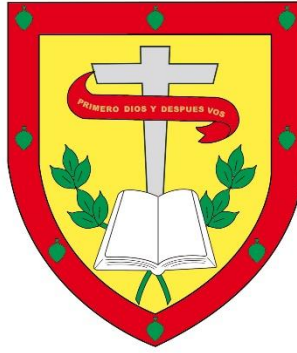
AUTOR: MAXIMILIANO PUNÍN PICHASACA

DIRECTOR: ARQ. MSC. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**ANALIZAR EL REVOQUE DE TIERRA, RESISTENTE A LA
DISGREGACIÓN DE SUS PARTÍCULAS FINAS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ARQUITECTO**

AUTOR: MAXIMILIANO PUNÍN PICHASACA

DIRECTOR: ARQ. MSC. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Yo, Maximiliano Punín Pichasaca portador de la cédula de ciudadanía N° 0301863437. Declaro ser el autor de la obra: “Analizar el revoque de tierra, resistente a la disgregación de sus partículas finas”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 05 de noviembre de 2025



Maximiliano Punín Pichasaca

0301863437

CERTIFICACIÓN

Yo, ARQ. MSC. Pedro Javier Angumba Aguilar con CI: 0102407079 en calidad de director de tesis, certifico que el trabajo “Analizar el revoque de tierra, resistente a la disgregación de sus partículas finas”, fue realizado por el estudiante Maximiliano Punín Pichasaca, bajo mi supervisión.



Arq. Msc. Pedro Javier Angumba Aguilar

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado a mis padres María Floripe Pichasaca y Miguel Punín, a mis hijos Zhinara y Maximiliano, mis hermanas, familiares quienes de manera desinteresada brindaron todo el apoyo en el proceso de mis estudios y finalización de la tesis. Al ser supremo por la vida e inspiración brindada en mi diario caminar.

AGRADECIMIENTO

Arq. Msc. Pedro Javier Angumba Aguilar

Por ser un guía infalible en el proceso de desarrollo de esta tesis, por brindar su tiempo, su conocimiento y experiencia para el correcto cumplimiento del trabajo investigativo.

Ing. Juan Monge

Por su gran ayuda categórica en los respectivos ensayos de laboratorio, requeridos para el correcto desarrollo, avance y complemento de la tesis.

También mi sincero agradecimiento a los profesores de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Cuenca, por haber compartido sus conocimientos y experiencias para lograr una formación comprometida y de valor.

RESUMEN

En la arquitectura popular, la última capa de tierra se utiliza para proteger y dar acabado a las superficies. Esta práctica es habitual en la región de la Sierra de Ecuador desde la antigüedad y en otras zonas del mundo. El propósito de este análisis es examinar métodos para optimizar las características de las mezclas utilizadas en los revestimientos superficiales con el fin de mejorar significativamente la resistencia a esfuerzos externos. Para ello, se consideran técnicas convencionales. También se tienen en cuenta los materiales y métodos disponibles en la provincia de Cañar (Ecuador).

La medición de los esfuerzos de compresión es fundamental para evaluar la calidad de las diferentes mezclas consideradas, ya que de esta manera se puede determinar si dichas mezclas son las correctas y si se pueden utilizar en el revestimiento final. Los resultados muestran que la inclusión de aditivos naturales influye en la disgregación de las partículas finas de las mezclas de revoque de tierra. Las diferencias en los esfuerzos de compresión entre los diferentes tipos de mezclas y la mezcla original evidencian esto y posibilitan definir la mezcla óptima.

Palabras clave: Mezclas, revestimiento, tradicional, esfuerzos, tierra.

ABSTRACT

In vernacular architecture, the final earthen layer is used to protect and finish surfaces. This practice has been common in the Sierra region of Ecuador since ancient times, as well as in other parts of the world. The purpose of this analysis is to examine methods for optimizing the characteristics of the mixtures used in surface renders, to significantly improve resistance to external stresses. To this end, conventional techniques are considered, along with the materials and methods available in the province of Cañar, Ecuador.

The measurement of compressive strength is essential to assess the quality of the different mixtures tested, as it determines whether these mixtures are suitable for use in the final coating layer. The results show that the inclusion of natural additives influences the disintegration of fine particles in earthen plaster mixtures. The differences in compressive strength among the various types of mixtures and the original mixture demonstrate this and make it possible to define the optimal composition.

Keywords: mixtures, earthen coating, vernacular architecture, stresses, earth

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I _____	19
INTRODUCCIÓN _____	19
1.1.EL PROBLEMA _____	19
1.1.1.CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA A NIVEL GLOBAL. _____	19
1.1.2.CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA A NIVEL REGIONAL. _____	20
1.1.3.CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA A NIVEL LOCAL. _____	21
1.2.JUSTIFICACIÓN. _____	22
1.2.1.IMPORTANCIA DE LOS ACABADOS Y REVESTIMIENTOS EN LA ARQUITECTURA DE TIERRA. _	23
1.3.OBJETIVOS _____	25
1.3.1.OBJETIVO GENERAL. _____	25
1.3.2.ESPECÍFICOS. _____	25
CAPÍTULO II _____	26
REVISIÓN DE LITERATURA _____	26
2.1.HISTORIA DE LA ARQUITECTURA _____	26
2.1.1.ARQUITECTURA DE TIERRA A NIVEL MACRO. _____	26
2.1.2.ARQUITECTURA DE TIERRA A NIVEL MESO _____	30
2.1.3.ARQUITECTURA DE TIERRA EN ECUADOR. _____	31
2.2.VALORACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA. _____	33
2.2.1.SOSTENIBLE. _____	33
2.2.2.PROPIEDADES TÉRMICAS. _____	33
2.2.3.PROPIEDADES ACÚSTICAS. _____	34
2.2.4.INCOMBUSTIBLE. _____	34
2.2.5.ANTISÍSMICO. _____	34
2.2.6.ECONÓMICO. _____	34
2.3.DESVENTAJAS. _____	34
2.4.ARQUITECTURA VERNÁCULA EN LA PROVINCIA DEL CAÑAR. _____	35
2.4.1.UBICACIÓN. _____	35
2.4.2.GEOGRAFÍA. _____	36
2.4.3.CLIMA. _____	36
2.5.EXTENSIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA _____	37
2.5.1.SISTEMAS CONSTRUCTIVOS. _____	38

2.5.2.CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS. _____	40
2.5.3.ANÁLISIS DE FORMA. _____	41
2.6.SISTEMA CONSTRUCTIVO EN BAHAREQUE. _____	42
2.6.1.TIPOS DE BAHAREQUE. _____	43
2.6.2.VENTAJAS DEL SISTEMA DE BAHAREQUE. _____	45
2.6.3.PATOLOGÍAS DEL SISTEMA DE BAHAREQUE. _____	47
2.6.4.NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE BAHAREQUE. _____	48
2.6.5.MATERIALES QUE CONFORMAN LA CONSTRUCCIÓN DEL PANEL DE BAHAREQUE. _____	50
2.6.6.ESTRUCTURA _____	50
2.6.7.RELLENO. _____	51
2.6.8.REVESTIMIENTO. _____	51
2.7.ACABADO DE LA CAPA FINAL DE REVOQUE. _____	51
2.8.REVOQUES DE TIERRA. _____	52
2.8.1.COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA. _____	53
2.8.2.ARMAZÓN. _____	53
2.8.3.AGLOMERANTES, IMPERMEABILIZANTES Y TRATAMIENTO QUÍMICO. _____	55
2.8.4.PREPARACIÓN DE LA TIERRA. _____	56
2.8.5.PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE PARA LA APLICACIÓN DE REVOQUES DE TIERRA (PANELES)	57
2.8.6.ELEMENTOS DE AGARRE. _____	57
2.8.7.MÉTODO DE EJECUCIÓN. _____	58
2.9.REVOQUES DE CAL. _____	58
2.9.1.TIPOS DE CAL. _____	58
2.9.2.ARMAZÓN. _____	59
2.9.3.AGLOMERANTES, IMPERMEABILIZANTES Y TRATAMIENTO QUÍMICO. _____	59
2.9.4.PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE PARA LA APLICACIÓN DEL REVOQUE DE CAL. _____	59
2.9.5.MÉTODO DE EJECUCIÓN. _____	59
2.10.REVOQUES DE CEMENTO. _____	60
2.11.TRATAMIENTOS SUPERFICIALES. _____	60
2.11.1.ALISADO Y BRILLADO. _____	60
2.11.2.PINTURAS. _____	60
2.11.3.LECHADA DE CAL PURA. _____	60
2.11.4.LECHADA DE CAL-CASEÍNA. _____	61
2.11.5.LECHADA DE BÓRAX-CASEÍNA. _____	61
2.11.6.PINTURA INCOLORA DE CASEÍNA. _____	61

2.11.7.PINTURA DE COLA DE CELULOSA.	61
2.11.8.PINTURA DE ARCILLA.	61
2.11.9.JABELGA.	61
2.11.10.EMULSIÓN ASFÁLTICA.	61
2.11.11.MUCÍLAGO.	61
2.12.PATOLOGÍAS DEL REVOQUE.	62
2.12.1DESPRENDIMIENTOS.	63
2.12.2.FISURAS Y GRIETAS.	63
2.12.3.DAÑOS EN LA CAPA DE PINTURA.	64
2.13.POSIBLES SOLUCIONES.	64
2.14.ANÁLISIS DE CASOS DE ESTUDIO	66
2.14.1. CASA DE TIERRA.	66
2.14.2. CASA EXPERIMENTAL DE TAPIAL.	69
2.14.3.CASA KAIZEN.	72
CAPÍTULO III	76
3.DISEÑO METODOLOGICO	76
3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN.	76
3.2.ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.	76
3.3.NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.	76
3.4.VARIABLES INTERVINIENTES.	76
3.5.POBLACIÓN Y MUESTRA.	78
3.6.PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.	78
3.6.1.SELECCIÓN DE MATERIALES.	78
3.6.2.ENSAYOS PRELIMINARES REALIZADAS AL MATERIAL SELECCIONADO(TIERRA).	78
3.6.3.PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS.	84
3.6.4.ENSAYO IN SITU PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE UNA BUENA MEZCLA.	86
3.7.ENSAYOS PROPUESTOS A LAS MEZCLAS	88
3.7.1.RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	88
3.8.ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS	89
3.8.1.PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	90
3.9.PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A REVOCAR (PREPARACIÓN DE LOS PANELES).	90
3.9.1.ESTRUCTURA MARCO DE MADERA (0,60*0,60 M)	91
3.9.2.ENCHACLADO(ENTRAMADO).	91
3.9.3.RELLENO DE BARRO	92

3.9.4.REVESTIMIENTO	93
3.9.5.REVESTIMIENTO SUPERFICIAL.	93
3.10.OBSERVACIÓN, REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS.	93
CAPÍTULO IV	95
4. RESULTADOS	95
4.1.SELECCIÓN Y EXTRACCIÓN DEL MATERIAL (TIERRA).	95
4.2.ENSAYOS DE CAMPO (MÉTODO EMPÍRICO), O TRADICIONAL.	95
4.2.1.ENSAYO DE OLOR.	95
4.2.2.EXAMEN VISUAL.	95
4.2.3.TACTO.	95
4.3.ENSAYOS EN LABORATORIO.	96
4.3.1.GRANULOMETRÍA.	96
4.3.2.LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG.	100
4.3.3.COMPACTACIÓN.	107
4.4.CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	111
4.5.ELABORACIÓN DEL PANEL DE PRUEBA (TIPO BAHAREQUE).	111
4.5.1. PLANO DEL PANEL	111
4.5.2. ESTRUCTURA MARCO DE MADERA.	114
4.5.3. ENTRAMADO.	114
4.5.4. MEZCLA DEL BARRO.	115
4.5.5. RELLENO DE BARRO.	116
4.6.REVESTIMIENTO SUPERFICIAL.	117
4.6.1. FASE DE DISEÑO DE MORTERO.	117
4.6.2.DOSIFICACIONES DE LOS MORTEROS.	117
4.6.3. TABLA DE DOSIFICACIONES.	118
4.7MOLDES PARA ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS.	120
4.7.1.PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS.	121
4.8.ENSAYO DE COMPRESIÓN.	126
4.8.1.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	127
4.9.APLICACIÓN DE LA MEZCLA 4 PARA EL TERMINADO DE LA CAPA FINAL DEL REVOQUE.	132
4.9.1.PREPARACIÓN DE LA MEZCLA	132
4.9.2.HUMEDECER	133
4.9.3.APLICACIÓN DE LA MEZCLA	134
4.9.4.SECADO	135

4.9.5.ACABADO FINAL. _____	136
CAPÍTULO V _____	137
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	137
5.1.CONCLUSIONES _____	137
5.2.RECOMENDACIONES _____	138
6.BIBLIOGRAFÍA _____	139
7.ANEXOS _____	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Templo Mortuorio Ramsés II. _____	27
Figura 2: Extensión de la arquitectura de tierra a nivel mundial. _____	28
Figura 3: Ciudad de Chan Chan en Perú. _____	31
Figura 4: Complejo arqueológico de Ingapirca. _____	32
Figura 5: Ubicación Geográfica de la provincia de Cañar. _____	35
Figura 6: Construcción con adobe. _____	38
Figura 7: Construcción con tapial. _____	39
Figura 8: Construcción con bahareque. _____	39
Figura 9: Formas antisísmicas. _____	42
Figura 10: Estructura de bahareque. _____	43
Figura 11: Bahareque tradicional. _____	44
Figura 12: Bahareque contemporáneo. _____	44
Figura 13: Bahareque prefabricado. _____	45
Figura 14: Característica térmica. _____	46
Figura 15: Característica acústica. _____	46
Figura 16: Estructura de bahareque. _____	47
Figura 17: Construcción colapsada. _____	49
Figura 18: Rayado de la superficie húmeda del muro. _____	57
Figura 19: Alisado de revoque de tierra. _____	60
Figura 20: Desprendimiento o descascaramiento. _____	63
Figura 21: Fisuración y agrietamiento. _____	64
Figura 22: Casa de tierra. _____	66
Figura 23: Vistas interiores 1. _____	67
Figura 24: Vista interiores 2. _____	68
Figura 25: Planta arquitectónica. _____	69
Figura 26: Vista exterior. _____	69
Figura 27: Casa Experimental de Tapial. _____	70
Figura 28: Vista interior. _____	70
Figura 29: Muros interiores. _____	71
Figura 30: Construcción de la cubierta. _____	71
Figura 31: Planta arquitectónica. _____	72
Figura 32: Casa Kaizen. _____	73
Figura 33: Vista interior 1. _____	73
Figura 34: Vista interior 2. _____	74
Figura 35: Vista interior 3. _____	74

Figura 36: Curva Granulométrica. _____	80
Figura 37: Limite líquido. _____	81
Figura 38: Curva de compactación. _____	84
Figura 39: Tamizado de material. _____	85
Figura 40: Representación gráfica (Ensayo del rollo). _____	86
Figura 41: Mezclado de material. _____	87
Figura 42: Ensayo a compresión. _____	88
Figura 43: Esfuerzo de compresión. _____	89
Figura 44: Representación gráfica de las probetas. _____	90
Figura 45: Estructura marco de panel. _____	91
Figura 46: Entramado de panel. _____	91
Figura 47: Relleno de revoco grueso en panel. _____	92
Figura 48: Ubicación de la cantera. _____	95
Figura 49: Tamiz № 40. _____	96
Figura 50: Tamiz № 200. _____	96
Figura 51: Balanza digital. _____	97
Figura 52: Material sin Tamizar. _____	97
Figura 53: Material tamizado. _____	97
Figura 54: División de la muestra (cuarteo). _____	98
Figura 55: Lavado del material. _____	98
Figura 56: Resultado visual de la granulometría. _____	98
Figura 57: Tamiz № 200. _____	100
Figura 58: Recipiente № 200. _____	100
Figura 59: Recipiente lava cara. _____	101
Figura 60: Recipiente cónico. _____	101
Figura 61: Recipiente de moldes. _____	101
Figura 62: Pera de saturación. _____	102
Figura 63: Balanza digital. _____	102
Figura 64: Espátula. _____	102
Figura 65: Acanalador. _____	103
Figura 66: Preparación de la mezcla. _____	103
Figura 67: Cuchara Casagrande digital. _____	103
Figura 68: Selección de la muestra optima. _____	104
Figura 69: Secado de las muestras. _____	104
Figura 70: Moldeado de la muestra. _____	105
Figura 71: Tamiz № 40. _____	107
Figura 72: Lava cara para hornear muestras. _____	107
Figura 73: Balanza digital. _____	108

Figura 74: Molde y martillo.	108
Figura 75: Recipiente metálico.	108
Figura 76: Recipiente de agua.	109
Figura 77: Material tamizado.	109
Figura 78: Pesado del material.	109
Figura 79: Mezcla de material con agua.	110
Figura 80: Plano de panel.	112
Figura 81: Elevación de panel.	112
Figura 82: Corte A-A de panel.	113
Figura 83: Corte B-B de panel.	113
Figura 84: Estructura de panel.	114
Figura 85: Entramado.	115
Figura 86: Mezclado con los pies.	115
Figura 87: Llenado del panel.	116
Figura 88: Llenado completo del panel.	116
Figura 89: Primera capa de revoque.	117
Figura 90: Dosificación base.	118
Figura 91: Dosificación 1.	118
Figura 92: Dosificación 2.	118
Figura 93: Dosificación 3.	118
Figura 94: Dosificación 4.	118
Figura 95: Dosificación 5.	119
Figura 96: Dosificación 6.	119
Figura 97: Dosificación 7.	119
Figura 98: Plano molde.	120
Figura 99: Moldes de probetas.	120
Figura 100: Secado del material.	121
Figura 101: Trituración del material.	121
Figura 102: Pesada de la cal.	122
Figura 103: Pesada de la cabuya.	122
Figura 104: Pesada de la linaza.	123
Figura 105: Mezcla final de los materiales.	123
Figura 106: Llenado de los moldes.	124
Figura 107: Desmolde de los cubos.	124
Figura 108: Secado de los cubos.	125
Figura 109: Medición de los cubos.	125
Figura 110: Prensa de compresión.	126
Figura 111: Rotura.	126

Figura 112: Humedecimiento.	133
Figura 113: Revoque final o capa superficial.	134
Figura 114: Secado.	135
Figura 115: Acabado final.	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Resaltantes de la Arquitectura de tierra.	34
Tabla 2: Comparación de Características.	40
Tabla 3: Variaciones de las propiedades térmicas en función del % de bagazo de caña.	41
Tabla 4: Estudios realizados con adición de fibras textiles.	54
Tabla 5: Tipos de lesiones y sus características.	62
Tabla 6: Métodos de Revoques Utilizados en el mundo.	65
Tabla 7: Matriz operacional de variables.	77
Tabla 8: Granulometría de la muestra.	99
Tabla 9: Prueba de compactación.	110
Tabla 10: Resumen de las mezclas.	127
Tabla 11: Resumen del esfuerzo a compresión.	128
Tabla 12: Resistencia a la compresión con relación a la mezcla patrón.	129
Tabla 13: Resumen de la fuerza de compresión.	130
Tabla 14: Comparación de la deformación por mezclas.	131

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRÁFICA 1: Gráfica de la granulometría.	99
GRÁFICA 2: Limite líquido.	105
GRÁFICA 3: Curva de densidad optima.	111
GRÁFICA 4: Resistencia a la compresión, comparación entre mezclas.	129
GRÁFICA 5: Comparación de la fuerza de compresión por mezcla.	130
GRÁFICA 6: Comparación de la deformación entre mezclas.	131

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tierra o popular es tan antigua como la aparición del ser humano en el mundo. Las civilizaciones la han utilizado para crear espacios protegidos y confortables, empleando materiales locales y transmitiendo las técnicas constructivas de generación en generación. Su relevancia se puso de manifiesto en estudios y exposiciones a partir de 1964, cuando el arquitecto Bernard Rudofsky la dio a conocer. Aunque fue sustituida por métodos modernos tras la Revolución Industrial, en las últimas décadas ha recobrado importancia, se ha modernizado para satisfacer las necesidades contemporáneas y se ha reconocido por su calidad, adaptabilidad, bajo impacto ambiental y cualidades expresivas (Guerrero Baca L. F., 2020).

En el contexto de la arquitectura vernácula, los revestimientos superficiales o revoques son fundamentales para proteger y fortalecer las estructuras de tierra. Estos revestimientos deben proteger las construcciones de la humedad y de otros factores externos, y deben ser eficaces tanto en espacios exteriores como interiores. Los revestimientos influyen en la estética del edificio, afectando a la espacialidad, el volumen, la temperatura, la textura, la luz y el color.

Históricamente, los morteros han estado compuestos de materiales como la arcilla, áridos y residuos vegetales, utilizados por sus propiedades tanto estructurales como estéticas (Guerrero Baca L. F., 2020). El uso del mortero como material de revestimiento se remonta a la Prehistoria, y Vitruvio lo menciona en sus obras sobre arquitectura. Las decoraciones de las paredes de las cuevas paleolíticas, que utilizan la cal como aglutinante y pigmento, son un ejemplo de la tradición estética y funcional del mortero en la arquitectura popular.

Este enfoque histórico y tecnológico pone de manifiesto la relevancia de los revestimientos, no solo por su función protectora, sino también por su impacto en las cualidades físicas y sensoriales del diseño arquitectónico. La variedad de acabados y revestimientos refleja la diversidad de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada caso (Guerrero Baca L. F., 2020). Las necesidades sociales y económicas actuales impulsan una construcción más sostenible, que se refleja en la arquitectura popular y más concretamente, en el revoque o revestimiento superficial, que combina los materiales y técnicas tradicionales con otros nuevos que permiten un funcionamiento más eficaz de la edificación y de esta manera, preservar y transmitir las costumbres y metodologías tradicionales (Bernal-Guerrero, 2021).

1.1. *El problema*

1.1.1. *Contextualización del problema a nivel global.*

El revestimiento superficial o revoque de tierra, como parte integral de la arquitectura popular, es una técnica habitual utilizado para proteger y darle acabado final a las superficies construidas. El uso del barro como elemento constructivo se conoce desde hace mucho tiempo. Se han encontrado viviendas en el Turquestán, en Asia Central, y también se construyeron edificios religiosos y fortificaciones en la región Asiria. En la zona Central de Europa medieval (siglos XIII al XVII), la arcilla se utilizaba para cubrir los tejados de paja y mejorar su resistencia al fuego (Minke G. , 2021).

En otras ciudades de todo el mundo: Zuheros (España), Jericó (Palestina), Catal Huyuk (Turquía), Akret Anton (Egipto), Babilonia (Irak), etc., también existen señales del uso de revestimientos a base tierra ligada a aceite, pega y otros productos naturales para darle acabado final y proteger las edificaciones (Serrano et al., 2024). En otras ciudades de medio oriente, como Kashba (Marruecos), muchos de estas edificaciones aún se conservan y muestran vestigios de muros de varias capas.

En África, también se puede referenciar la ciudad de Tombuctú, en Malí. En toda Sudamérica, la tierra se ha utilizado durante mucho tiempo como elemento arquitectónico, y hay vestigios del uso del yeso y otros materiales. El uso de este material base para construir revoco se ha convertido en parte esencial constructiva ligada a las primitivas tradiciones locales, que se han mantenido a lo largo del tiempo y que se pueden encontrar en casi todas las partes del mundo, en la actualidad se siguen desarrollando estas técnicas ligadas a nuevos materiales y productos para ganar eficiencia en el comportamiento final de la edificación (García Villar G. , 2023).

1.1.2. Contextualización del problema a nivel regional.

Los métodos de construcción con tierra han existido, se han practicado y se han desarrollado en la región de las Américas e Iberoamérica desde la antigüedad. Los yacimientos arqueológicos atestiguan que la construcción con barro se practicaba a gran escala en esta parte del mundo, lo que demuestra que el uso de este material para la construcción era una práctica común y extendida en la antigüedad (Garzón & Martins Neves, 2007). Ya en la época de la colonia en América, se tenía un conocimiento considerable sobre las construcciones vernáculas, lo que demuestra que la arquitectura y el diseño arquitectónico han sido aspectos importantes desde hace mucho tiempo en la región, desarrolladas por: los mayas, incas, los aztecas, entre otros. los cuales intercambiaron sus experiencias con los conquistadores de la época y reafirmaron el uso de la arquitectura popular” (Serrano et al., 2024).

Durante el periodo colonial, la tradición de construir con tierra cayó en desuso por múltiples razones, entre ellas el agotamiento de las minas, en Paraguay, terremotos e inundaciones, en Perú. Durante el periodo de la independencia, empezaron a imponerse nuevas técnicas de construcción con materiales y estilos arquitectónicos entonces novedosos, a finales del siglo XIX, la rapidez de la construcción se hizo más apreciada, motivado a la industrialización de la época, el suelo se descuida porque requiere mucha mano de obra, tiene que hacerse lentamente, requiere atención a la conservación desde el primer momento y tiene que trabajarse de forma particular para cada región» (Salas Serrano et al., 2012).

Ciudades de relevancia como Quito, Cusco, Popayán y Tlaxcala no renunciaron a la arquitectura de tierra, ya que esta forma de expresión arquitectónica se encontraba intrínsecamente ligada a su identidad cultural y demostraron una perspicacia notable al abstenerse de adoptar cambios sin una profunda reflexión sobre su viabilidad en el marco de sus entornos (Salas Serrano et al., 2012). Sin embargo, en muchos lugares la técnica de construcción con estructuras de material terroso no ha desaparecido y se considera fundamental para su cultura.

1.1.3. Contextualización del problema a nivel local.

En la región de la sierra de Ecuador se utilizan técnicas de construcción con materiales locales como el adobe, el bahareque, la piedra y el tapial, ya que presenta características climáticas propias de un clima frío. Estas técnicas no solo se utilizan para viviendas, sino también para medianeras; de hecho, en una sola construcción se pueden utilizar varias técnicas, existen muchas construcciones de tierra, realizadas de manera empírica y basadas en conocimientos ancestrales que se han heredado de generación en generación.

Estas construcciones fueron el resultado del perfeccionamiento de técnicas que le permitieron a los nativos habitar en ese contexto y adaptarse eficientemente a las condiciones geográficas y climáticas de su hábitat. (Serrano Lara & Naudon Muñoz, 2017), las «mingas del tapial» eran reuniones de trabajo comunitario que llevaban a cabo las poblaciones autóctonas, que consistía en crear grupo de trabajo comunitarios donde todos los miembros eran atendidos con el beneficio de construir una vivienda para su uso y disfrute (Cárdenas Haro et al., 2018).

Con la llegada de los españoles a territorio americano, las construcciones tradicionales de tierra se vieron desplazadas por nuevos materiales como el ladrillo y posteriormente la cal, el cemento y el acero, la construcción popular perdió su protagonismo y fue relegadas al contexto rural, fuertemente marcados por la desigualdad socio-económica.

En los años 90, cuando comenzó la fiebre de la migración, las construcciones de nuevo tipo entraron en auge, debido a la facilidad y rapidez constructiva que ofrecían los nuevos materiales. Sin embargo, estos materiales resultaron ser inadecuados para el contexto donde se utilizaron, resultando en viviendas frías y que no lograban el confort térmico necesario para habitar en la zona donde se construyeron lo que permitió no abandonar en su totalidad la arquitectura popular.

En la actualidad los habitantes de la zona de Cañar se ven inclinados a retomar las construcciones de sus ancestros, impulsados por los amplios beneficios que brindan las técnicas tradicionales. Sin embargo, estas construcciones acarrear con un problema que hasta ahora nadie se ha enfocado en solucionar, y es que la capa final de acabado de los muros de tierra resulta susceptible a la disgregación, provocando su caída. De ahí que sea necesario dar respuesta a esta problemática con la unión de las técnicas tradicionales y nuevos materiales, para lograr un acabado adecuado en los muros de las edificaciones y permitir a sus habitantes un mayor confort.

1.2. Justificación.

La importancia de esta investigación radica en esclarecer los procesos de construcción vernáculos en las regiones montañosas de Ecuador. Esta técnica indígena, practicada en las zonas rurales de la región andina del país, ha ido desapareciendo gradualmente en las últimas décadas por diversas razones, entre ellas el declive de las grandes fincas, la evolución de las técnicas de construcción y la insuficiente difusión del método tapial. Su importancia radica en su función como material aislante y en su papel característico como agente natural de insonorización.

Estas estructuras son considerablemente más silenciosas, ya que la tierra suele absorber el sonido. También reducen las emisiones de CO₂ y los edificios que emplean esta tecnología tienden a consumir menos energía. Dada su importancia, es necesario racionalizar los procedimientos y reducir los costes y el tiempo de la documentación de los procesos de construcción. Estos procesos constituyen un método para optimizar la gestión global de las obras, ya que facilitan el seguimiento del rendimiento de los equipos y permiten hacer propuestas de mejora continua.

El impacto de esta investigación está dirigido a los profesionales de la construcción que necesitan información sobre técnicas y procesos tradicionales de construcción. El objetivo de este estudio es crear un manual sobre técnicas de construcción e influir en la preservación y el desarrollo de estilos de construcción tradicionales en proyectos residenciales y otras aplicaciones dentro de las áreas de estudio (Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi). Se trata de regiones montañosas conocidas por su clima, sus características geográficas y por estar rodeadas por la cordillera de los Andes. Por lo tanto, el enfoque óptimo para la construcción de viviendas es utilizar tapial (paredes de tierra), una forma de aislamiento única en esta región. Esto se debe a que el Código de Construcción de Ecuador contiene poca información sobre esta técnica.

Se examinará la viabilidad de esta investigación. Existen publicaciones, artículos académicos y tesis que abordan estudios de casos de arquitectura de tierra, tanto a nivel nacional como internacional. También se pueden realizar entrevistas con contratistas y diseñadores de la construcción que participan en este sistema. La arcilla no solo es uno de los materiales de construcción más antiguos, sino que también permite crear fácilmente formas, detalles y diversos acabados, por lo que es aplicable a las técnicas de construcción contemporáneas.

Sin embargo, la aparición de nuevos materiales de construcción, como el ladrillo, los bloques y el metal, ha ido reduciendo gradualmente la importancia de este material. En consecuencia, la investigación se ha centrado en proponer métodos para utilizar el barro como material para paredes, con el objetivo de restaurar su valor como material de construcción y comprender las ventajas de su uso. Gracias a esta investigación y experimentación, los constructores podrán utilizar propuestas de materiales para paredes que ofrecen una mayor durabilidad que el yeso de tierra convencional.

Los acabados y los materiales de revestimiento son técnicamente cruciales y prácticamente indispensables como capas protectoras tanto para el exterior como para el interior de los edificios de tierra. Garantizan el buen funcionamiento de las estructuras a base de barro y evitan comprometer la eficacia del

sistema de construcción adoptado y sus componentes: la estructura, los materiales de relleno, los anclajes y la fijación de elementos secundarios y primarios, como paredes, techos y aberturas.

Del mismo modo, el acabado exterior desempeña un papel importante en la percepción formal, estética y sensorial de los edificios tradicionales, así como en la percepción de la calidad del diseño. Se trata de factores sociales que influyen en los conceptos de arquitectura rigurosa, arquitectura para las masas y arquitectura para grupos desfavorecidos económica y culturalmente.

1.2.1. Importancia de los acabados y revestimientos en la arquitectura de tierra.

Actualmente, la experiencia constructiva en la construcción con tierra está aumentando de forma espectacular. Sin embargo, esto no se basa necesariamente en un enfoque científico y técnico profundo. En algunos casos, adopta la forma de trabajo de laboratorio o formación práctica, sin sistematizar las técnicas ni generalizar las prácticas individuales (cada experiencia tiene sus propias características específicas, y el acabado y la forma final representan soluciones particulares). En consecuencia, es difícil derivar principios que puedan garantizar un cierto nivel de éxito para futuras actividades y construcciones.

A pesar de sus raíces históricas en la tradición oral y la cultura popular, la literatura sobre este tema se ha diversificado tanto a nivel mundial como regional, especialmente en la era de la información digital descentralizada. Sin embargo, el campo sigue siendo diverso y en gran medida fragmentado. Se utilizan muchos términos con connotaciones variables, no existe una clasificación consensuada y los enfoques y parámetros de investigación siguen diversificándose.

Este legado surgió de la experiencia y la investigación acumuladas por diversas instituciones de todo el mundo, unidas por el objetivo común de mejorar la calidad de vida de la sociedad mediante la creación de un entorno construido económica y medioambientalmente sostenible (Guerrero Baca L. F., 2020). Algunos ejemplos son la Red Iberoamericana «Proterra», el Centro «Cratela», la EAT (Escuela de Arquitectura de Tierra) y el CEDODAL (Centro Latinoamericano de Documentación sobre Arquitectura).

En lo que respecta al acabado y el revestimiento, existe una perspectiva sesgada, ya que solo se tratan determinados capítulos o puntos clave de libros exhaustivos o artículos específicos que abordan este tema. Incluso publicaciones específicas como «Mud Plaster. Mixing, Application, Treatment» (Revoque de barro. Mezcla, aplicación, tratamiento), de Gernot MINKE (2005), no abarcan completamente el tema. A nivel regional, tanto la bibliografía como la experiencia siguen siendo fragmentarias.

Desde esta perspectiva, es importante reexaminar académicamente estas prácticas. El objetivo es lograr mejoras técnicas, estructurales y funcionales; el desarrollo del espacio arquitectónico; el estímulo profesional para la utilización de estas técnicas; y la sensibilización y concienciación sobre la viabilidad de lograr entornos de vida sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Para ello es fundamental reevaluar el valor del «retorno a la naturaleza» como elemento cultural intangible que se manifiesta en esta arquitectura.

Los edificios tradicionales denominados «rústicos» en nuestro país se clasifican fácilmente como estructuras toscas, mal mantenidas e inseguras, y en algunas regiones se consideran símbolos de pobreza. Esta perspectiva está muy alejada de las normas sociales. Es muy difícil comprender por qué, a pesar de

que la tierra es una de las materias primas principales y el recurso más abundante de nuestro país, no hemos logrado ampliar las técnicas de construcción, validar, apoyar y promover estas habilidades, desarrollándolas hasta su acabado final y haciéndolas fácilmente accesibles.

Una de las razones por las que las estructuras de tierra suelen considerarse inestables es que muchas permanecen sin terminar, sin acabados interiores ni exteriores. Las paredes suelen acabarse con otros materiales, como yeso o mortero de arena fina y cemento. Sin embargo, en estos casos, el material de revestimiento no se adhiere lo suficiente y acaba desprendiéndose. Además, los materiales de revestimiento convencionales que se utilizan actualmente son caros, y el transporte de estos materiales (cemento, arena fina, malla metálica) a lugares remotos aumenta aún más el coste.

En tales circunstancias, las viviendas construidas con materiales de baja calidad y que carecen de técnicas adecuadas para el tratamiento de las paredes exteriores seguirán viendo disminuir su valor y atractivo, lo que hará que la conservación de las estructuras con paredes de tierra sea cada vez menos viable.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General.

Proponer una solución en el acabado de la capa final del revoque, empleando las técnicas tradicionales y adicionando algunos aglomerantes que ayuden a que esta capa sea resistente a la disgregación.

1.3.2. Específicos.

- ❖ Entender la problemática existente en el acabado final en paredes de tierra, en climas de alta montaña con un enfoque constructivo y de confort térmico.
- ❖ Analizar las características constructivas, ambientales y la capa final de revoque de los sistemas de construcción con tierra.
- ❖ Proponer a nivel de anteproyecto un panel de bahareque con acabados anti disgregación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Historia de la arquitectura*

2.1.1. *Arquitectura de tierra a nivel macro.*

Con el paso del tiempo, el concepto de arquitectura vernácula ha experimentado un proceso de evolución constante. A principios del siglo XIX, el término se utilizaba para referirse a los edificios «típicos» de diversas regiones, tal y como se describían en los relatos y narraciones de viajeros, misioneros y funcionarios coloniales de la época. Sin embargo, a partir de 1964, el movimiento Arts and Crafts en Europa y Estados Unidos dio lugar a un estudio más profundo de la arquitectura vernácula.

Expertos como López (2011) y Zorrilla (2015) coinciden en que la exposición «Arquitectura sin arquitectos», comisariada por Bernard Rudofsky, marcó un punto de inflexión crucial en la incorporación de la arquitectura vernácula al ámbito de las bellas artes y al discurso sobre la alta arquitectura. Esto se logró mediante la exhibición de fotografías que mostraban edificios de diversos países que se integraban en su entorno natural.

Supic (1982) señaló que la arquitectura indígena, caracterizada por su simplicidad, fue influenciada por Adolf Loos, lo que supuso una transformación en el estilo arquitectónico de la época. Otros arquitectos que también se vieron influenciados por él fueron Frank Lloyd Wright, Le Corbusier, Alvar Aalto, Kenzo Tange, R. Neutra, W. Gropius, Hannes. Meyer, Mies van der Rohe y Moholy-Nagy.

Con posterioridad, este concepto pasó a abarcar connotaciones de «regionalismo», asociado principalmente a las zonas rurales, y de «temporalidad», que denota estilos arquitectónicos nacidos de las tradiciones preindustriales de una localidad. Además, este estilo arquitectónico se consideraba una construcción espontánea y anónima, carente de arquitectos, y se evaluaba como inferior, atrasado o estancado en comparación con los estilos arquitectónicos contemporáneos.

La arcilla era el material principal que se usaba para construir ciudades, incluyendo fortificaciones y edificios religiosos, según han confirmado diferentes estudios arqueológicos (Sanchis Mullor, 2009). La tierra era fácil de conseguir, muy accesible y se podía trabajar con herramientas comunes, sin necesidad de maquinaria compleja. Su versatilidad le permitió adaptarse a diversos contextos, desarrollando variadas técnicas que se fueron perfeccionando con el paso del tiempo y la herencia cultural de una generación a otra (Guachun Acebedo, 2024).

Entre los hallazgos arqueológicos más resaltantes se encuentran el de Turquestán, en el año 1908, donde se descubrieron viviendas de tierra que datan del período 8000 – 6000 a.C.; o los vestigios de construcción con adobe descubierto en los vestigios del mausoleo. de Ramsés II, a los que se les confiere una antigüedad superior a los 3000 años (Sanchis Mullor, 2009).

En la región de Mesopotamia la construcción con barro alcanzó un grado de desarrollo tal que permitió la construcción de edificios emblemáticos como la Biblioteca de Alejandría, las murallas de Nínive y muchas de las edificaciones de la propia Babilonia (Sanchis Mullor, 2009).



Figura 1: Templo Mortuario Ramsés II.

Fuente: Nationalgeographic.com.es.

En la actualidad se pueden encontrar edificaciones de tierra en casi todas las regiones del planeta, incluyendo toda Latinoamérica, los estados sureños de Los Estados Unidos de Norteamérica, el Medio Oriente, África, Asia, y en algunas regiones de Europa y Australia. Resulta evidente entonces que la arquitectura vernácula ha sido un pilar fundamental en la evolución de las civilizaciones, siendo el material predominante en casi todos los climas cálidos-secos y templados del mundo, a lo largo de la antigüedad y la era moderna, casi un tercio de la humanidad ha vivido en viviendas construidas utilizando el barro como principal material de construcción (Sanchis Mullor, 2009).

A nivel mundial, aproximadamente el 30 % de la población total reside en edificios de tierra (no solo adobe), y alrededor del 50 % de esta población se concentra en países en desarrollo de América Latina, África, India, Asia, Oriente Medio y el sur de Europa, principalmente en zonas rurales (Houben y Guillaud, 1994; (Blondet et al., 2003); (Fratini et al., 2011)). Por el contrario, el Registro Mundial del Patrimonio de la Tierra (CRAterre, 2012) recoge 150 sitios patrimoniales construidos con este material, la mayoría de los cuales se encuentran en la región de Asia-Pacífico, seguida de América Latina (Guachun Acebedo, 2024).

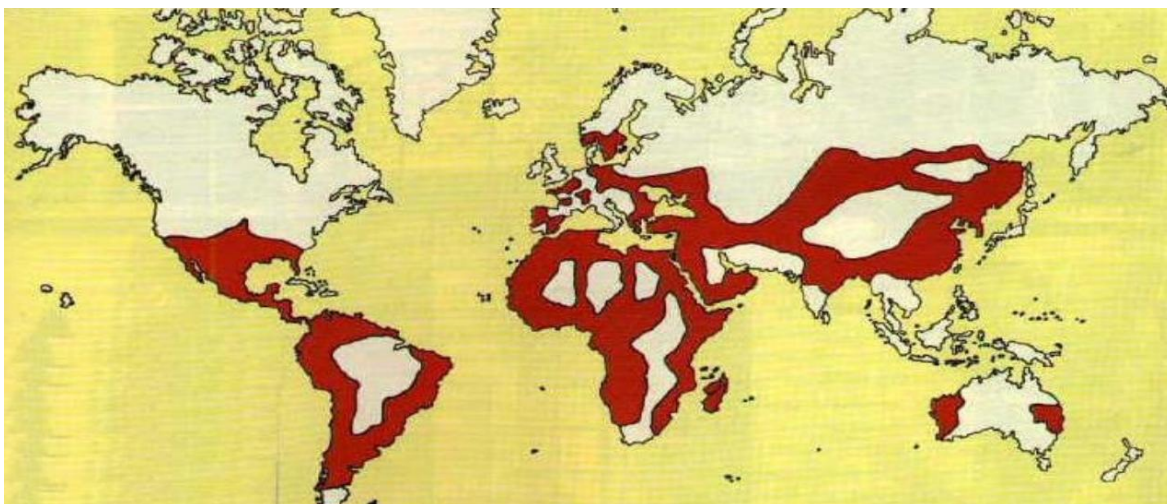


Figura 2: Extensión de la arquitectura de tierra a nivel mundial.

Fuente: (Sanchis Mullor, 2009).

En la actualidad, la arquitectura de tierra gana terreno en la arena internacional, difundiéndose cada vez más entre las nuevas generaciones de arquitectos. Se trata de técnicas nacidas en el pasado, pero que en el presente se dignifican y revalorizan. Se pueden ver ejemplos de su uso en varias regiones del territorio nacional e internacional, combinadas con otras técnicas y materiales que les aportan contemporaneidad, las enriquecen y le dan realce. Entre los trabajos más resaltantes podemos señalar:

El trabajo realizado por Anabel Patricia Castillo Rodríguez y Justo García Navarro, en España en el año 2023 denominado, compuestos de yeso con adición de fibras textiles posconsumo de algodón. El cuál interpreta el principio de sostenibilidad en la construcción es clave en la reducción del consumo de recursos como materiales y energía, es fundamental adoptar acciones eficientes en procesos de construcción como la reutilización de residuos.

Por ello, el presente trabajo analiza la influencia de la incorporación de residuos textiles posconsumo de algodón en las propiedades físico-mecánicas de compuestos de yeso. Se realizó un trabajo experimental en donde se ensayaron probetas de yeso adicionadas con fibras posconsumo de algodón en diferentes formatos, y longitudes (20 y 35mm.), adiciones de 0,5% y fibras de 35mm. de longitud incrementaron la resistencia a flexión y compresión en un 5,9% y 11% respectivamente, y la absorción de agua por capilaridad descendió un 26% con el 1% de adición. Finalmente se observó que las fibras reducen el desprendimiento de fragmentos de yeso al momento de alcanzar la carga de rotura, mejorando la tenacidad de los compuestos (Castillo Rodríguez & García Navarro, 2023).

También, el llevado a cabo por Gonzalo García Villar en Argentina en el año 2023 denominado Variabilidad de la adherencia de revocos sobre paneles de tierra alivianada encofrada según distintos tipos de capa de agarre. En el cual se considera los revocos de barro son las capas finales de las construcciones tradicionales y su función principal es protegerla de los efectos de la intemperie. En muros de tierra alivianada encofrada se generan adherencias diferenciales donde la madera de la estructura

queda expuesta. Las posibles grietas y desprendimientos pueden afectar la protección de los muros y su durabilidad.

Esta investigación propone capas de agarre previas a los revoques gruesos sobre las maderas expuestas, y evalúa la adherencia mediante ensayos de arrancamiento directo y cizallamiento. Los ensayos confirmaron que la compatibilidad del muro, capas de agarre, y revoques gruesos está dada por la similitud en los materiales componentes, como son material arcilloso, arena y fibras, lo cual mejora la adherencia mecánica. Para arrancamiento directo el valor más elevado fue 0.07 N/mm.², y para cizallamiento 0.08 N/mm.² (García Villar G. , 2023).

Además, se debe considerar el trabajo hecho por Mónica Nayeli Cano-Martínez, Pedro Ramos-Venegas, Alfonso Cabrera-Macedo, Jorge Armando Ojeda-Sánchez en México en el año 2023 denominado Efecto en las propiedades térmicas de revoques de tierra estabilizados con fibras de gabazo de caña. Necesidad de generar nuevos materiales, que permitan construir más edificaciones ecológicas, nos ha llevado a pensar en la intervención de materiales de construcción antiguos que por alguna razón dejaron de ser utilizados con el tiempo.

El conocimiento de las propiedades físicas de dichos materiales tiene una importancia en un contexto climático cambiante, por lo que posibles mejoras, que se pueden obtener a partir de la mezcla de materiales, permitirá obtener un material con una baja conductividad térmica, entre otros. En el presente trabajo se realizaron mediciones de un revestimiento de tierra con fibra de bagazo de caña en diferentes proporciones expresadas en porcentajes, con el objetivo de determinar sus propiedades térmicas. Se generaron cuatro mezclas con porcentajes de fibras de 0, 1, 5 y 10%. Los resultados indican una disminución de la conductividad térmica para un porcentaje de 5 y 10% de fibra de caña. Lo anterior permitiría usarse como material emergente para recubrimientos que eviten los flujos de calor en la superficie expuesta al sol y su posterior transmisión al interior de los espacios (Cano-Martínez et al., 2023).

Por último, se debe considerar el ejecutado por Cilene Criss Segama Manrique, en Perú en el año 2020, denominado Uso de tierra para el revestimiento de muros de material rústico y su influencia estética en las edificaciones del distrito de Chongos Bajo al 2020. Este estudio desarrolló una serie de pruebas y muestras estructurales utilizando arcilla y otros aditivos. Están destinados a ser utilizados en el revestimiento exterior y enlucido de viviendas con paredes de tierra. Durante el estudio de campo, se hizo evidente que la frecuencia con la que se utiliza este material como material de acabado está disminuyendo en muchos edificios tradicionales. Esto es válido tanto para los ladrillos secados al sol (adobe) como para las paredes de tierra (tapial). El área de estudio se limitó a los edificios del distrito de Chongos Bajos, en la provincia de Huancayo. El suelo de esta región es arcilloso, de color amarillo pastel, y es un material muy versátil para la construcción privada.

Las pruebas se pueden observar en estructuras antiguas en las que los ladrillos se fabricaban con este mismo material y, posteriormente, se recubrían con barro utilizando fibras naturales y una técnica de relleno que consistía en prensar y pulir. Esta información local resultó ser extremadamente útil. Basándose en el conocimiento de las técnicas y los materiales utilizados para los revestimientos locales, se planificó

un proceso experimental para explorar los aditivos y las técnicas de aplicación óptimos para el revestimiento existente, es decir, la aplicación directa a las paredes de tierra.

Los resultados obtenidos en esta fase experimental resultaron muy valiosos, ya que permitieron identificar o descartar técnicas y aditivos que daban lugar a acabados finales insatisfactorios. Gracias a esta fase experimental, se pudieron determinar y validar el diseño de la mezcla y las técnicas de aplicación en una etapa experimental separada. Esto demostró que las hipótesis propuestas eran válidas y reproducibles para los fines prácticos de este tipo de investigación. También proporcionó a la sociedad conocimientos útiles sobre el uso de materiales que son económicos, versátiles y, como se propone en el desarrollo de la investigación, también ofrecen un valor estético (Segama Manrique, 2020).

2.1.2. *Arquitectura de Tierra a Nivel Meso*

Al respecto, la arquitectura vernácula en Iberoamérica tiene una larga historia (que se remonta a más de 5000 años) y en algunos países persiste hoy en día en formas idénticas a sus orígenes. Según Achig et al. (2013), en el caso de Ecuador, la tierra como material de construcción se utilizó desde la época preincaica e incaica, ampliando su influencia durante las épocas colonial y republicana, con vestigios aún presentes físicamente en la actualidad. En cuanto a su persistencia, los registros del Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador (INEC, 2010) revelan que, en las últimas dos décadas, su presencia ha seguido siendo dominante en las regiones interandinas. En provincias como Loja y Azuay, una de cada cuatro viviendas está construida con barro. Desde el punto de vista cultural, tanto los métodos de fabricación de este material de construcción como las propias técnicas de construcción están registrados como parte del patrimonio cultural inmaterial del país (INPC, 2025).

América Latina es la segunda región del mundo con mayor presencia de arquitectura de tierra, lo cual ratifica su historia de más de 5000 años, ya desde antes de la colonización hispana se empleaban diversas técnicas de construcción con barro, tales como el tapial, el bahareque, también conocido como quicha, y el adobe, siendo estas las más comunes y ampliamente utilizadas por las culturas nativas americanas. Luego de la invasión hispana algunas de las técnicas tradicionales fueron sustituidas por el ladrillo cocido, y, con el paso de los siglos, por la cal, el cemento y la arena, relegando el uso de las tipologías constructivas basadas en materiales terrosos en las zonas rurales.

Sitios históricos como “Joya de Cerén” en El Salvador, las ruinas de la ciudad de Chan Chan en Perú, la ciudad de Taos en Nuevo México, o la Pirámide del Sol en Trujillo, Perú, son prueba fehaciente de que esta práctica se encontraba ampliamente extendida por toda Latinoamérica antes de la llegada de los primeros españoles a territorio americano.

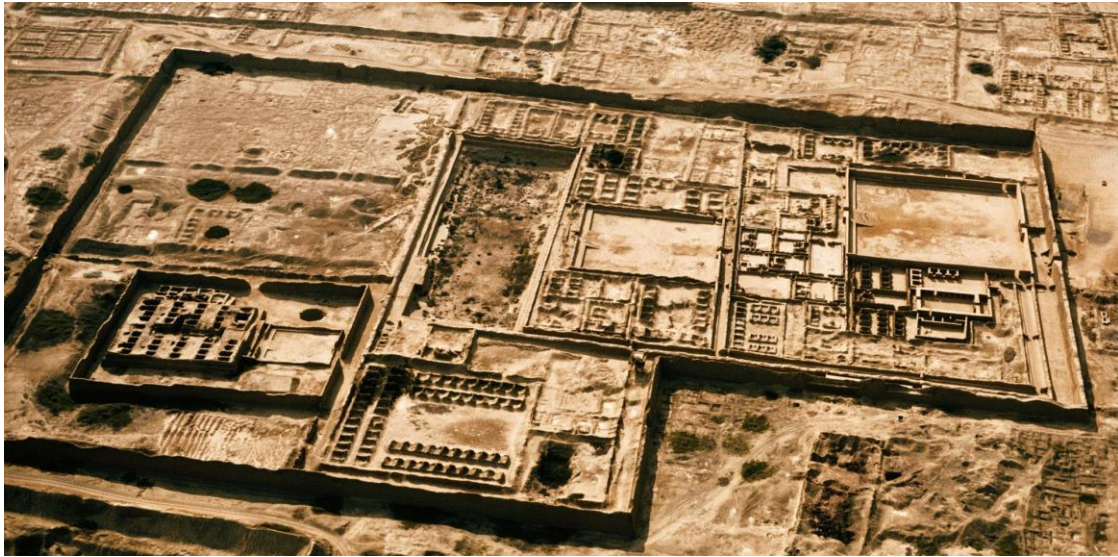


Figura 3: Ciudad de Chan Chan en Perú.

Fuente: Nationalgeographic.com.es.

Muchas de estas técnicas han sobrevivido al paso del tiempo y han evolucionado, lo que ha propiciado que sigan siendo utilizadas a día de hoy. Es frecuente ver este tipo de construcciones en zonas rurales y de escasos recursos, como una solución a la necesidad básica de la vivienda, lo cual ha incidido negativamente en la imagen colectiva sobre este tipo de arquitectura. Es común que se le asocie con la pobreza, la miseria y la incivilización, dejando en el olvido los valores constructivos, arquitectónicos y el importante papel que podría jugar en la sostenibilidad y preservación del medio ambiente al ser un material natural, renovable, abundante y accesible.

2.1.3. *Arquitectura de tierra en Ecuador.*

Ecuador es un país con diversidad de climas, relieves y etnias, lo que ha llevado a sus habitantes nativos a evolucionar de disímiles maneras en dependencia de las características de su entorno. La arquitectura vernácula ecuatoriana no queda al margen de este desarrollo, de ahí que se utilicen variadas técnicas a lo largo del territorio nacional. La arquitectura de tierra específicamente ya se venía utilizando desde antes de la expansión incásica, sobreviviendo a la batalla del tiempo y traspasándose de generación en generación. En el país se destacan algunos sitios arqueológicos que demuestran la grandeza de las civilizaciones antiguas que conquistaron la región con su arquitectura, como es el caso del sitio arqueológico de Ingapirca, el más grande del país.



Figura 4: Complejo arqueológico de Ingapirca.

Fuente: (INPC, 2025).

La cordillera de los Andes atraviesa el país de norte a sur, desde la provincia de Carchí hasta la provincia de Loja, separando la región amazónica de la región costera. En la actualidad, el estilo arquitectónico caracterizado por las técnicas de construcción con tierra es el más frecuente en esta región andina. Entre las tipologías constructivas que han persistido en el tiempo y evolucionado con el paso de los años se pueden considerar, el adobe, el tapial y el bahareque, debido, principalmente, a una larga historia de desigualdad, la carencia de otros recursos, la falta de atención por parte de la administración pública, y el atraso tecnológico en estos asentamientos rurales.

La arquitectura vernácula, más allá de sus valores arquitectónicos, cuenta con una amplia riqueza cultural y patrimonial. De ahí que se deba enfatizar en su recuperación, aprovechando las nuevas tecnologías, de manera que se puedan lograr mejores resultados en su preservación en el tiempo, así como promover su uso de manera generalizada, aprovechando los beneficios que brinda.

En Ecuador aún se conservan cientos de construcciones de tierra, antiguas y nuevas, sobre todo en la región andina. A pesar de la poca concientización que existe sobre este tema, se abren nuevos caminos para la arquitectura vernácula en la nación. Es necesario inculcar sus beneficios en las nuevas generaciones y capacitarlas sobre su construcción, con el objetivo de retomas las viejas costumbres y adaptarlas a los nuevos tiempos, y sobre todo para no permitir que esta tradición muera.

La tierra se ha utilizado como material de construcción desde la época preincaica e incaica, adquiriendo especial importancia durante las épocas colonial y republicana, con registros de su uso que han sobrevivido hasta nuestros días. Según los registros del Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador (INEC, 2010), su presencia ha seguido siendo dominante en la región interandina durante las

últimas dos décadas. En provincias como Loja y Azuay, una de cada cuatro viviendas se construye con materiales tradicionales. Desde el punto de vista cultural, tanto la producción de este material como las técnicas de construcción están registradas como parte del patrimonio cultural inmaterial de la nación (INPC, 2025).

2.2. Valoración de la arquitectura de tierra.

El estudio del valor en el ámbito cultural es uno de los temas más complejos y con mayor trayectoria histórica. Alrededor del siglo XVIII, la evaluación de los objetos surgió fuertemente vinculada a campos como la arqueología y la historia del arte, centrándose en la recuperación de elementos de un pasado que se había perdido casi por completo. En consecuencia, se supone que la comprensión del valor está intrínsecamente ligada a la historia. En el siglo XIX, los elementos arquitectónicos considerados monumentales se convirtieron en los objetos centrales de la evaluación, teniendo en cuenta las contribuciones científicas, técnicas y, sobre todo, estéticas.

La construcción con tierra se reinventa en la actualidad como una respuesta eficaz a los desafíos que enfrenta la arquitectura contemporánea en materia de sostenibilidad y respeto con el medio ambiente. Más allá de su valor estético y cultural, queda demostrada su versatilidad y durabilidad en el tiempo, ofreciendo multitud de ventajas que van desde lo ambiental hasta lo económico, por lo que se necesita ver con nuevos ojos estas técnicas milenarias.

2.2.1. Sostenible.

La construcción es uno de los sectores más importantes de la economía mundial y uno de los que utilizan la mayor parte de los recursos energéticos mundiales, responsable de gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y, por consiguiente, un eslabón significativo en la cadena de elementos que propician el cambio climático. De ahí que la arquitectura de tierra se presente como una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

La tierra es un material accesible, duradero, renovable y completamente reciclable, que no genera gases nocivos ni desechos y no requiere de gran especialización para su uso, ni grandes gastos energéticos en materia de, extracción, transportación y transformación. Su uso no altera los ecosistemas circundantes y la cantidad de agua requerida, mucho menor en comparación con otros sistemas modernos, una vez utilizada en los procesos físicos de transformación del material, es reintegrada por completo al ciclo natural sin dejar el menor rastro de contaminación.

2.2.2. Propiedades térmicas.

Este material cuenta con una muy buena inercia térmica, lo que les permite a las edificaciones almacenar el calor y cederlo gradualmente. Esto hace que las variaciones extremas de temperatura sean atenuadas, equilibrando el confort en interior de las construcciones. Resulta adecuado para todo tipo de climas, pero especialmente en climas áridos, donde el día y la noche experimentan cambios extremos en las temperaturas (Yepez Tambaco, 2012). Esto provoca, además, que no sean necesarios equipos de climatización mecánica, por lo que existe una mayor eficiencia energética y no se incurre en gastos mayores.

2.2.3. Propiedades acústicas.

La gran densidad y grosor de los muros de tierra, combinados con su poca capacidad de transmisión de ondas sonoras, hacen de este un material eficaz en el aislamiento acústico.

2.2.4. Incombustible.

La tierra, cuando es extraída de capas inferiores del sustrato, posee una baja presencia de material orgánico, lo que la hace inmune al fuego, así como a la pudrición y a las plagas de insectos (Yepez Tambaco, 2012).

2.2.5. Antisísmico.

Los edificios construidos con la técnica del bahareque, cuando cuentan con una buena ejecución y conservación, poseen una buena resistencia a sismos debido a la ductilidad de sus materiales, lo que los hace apropiados para zonas con abundante actividad sísmica (INPC, 2025).

2.2.6. Económico.

Se trata de un material abundante y prácticamente gratuito, de muy fácil extracción y que no incurre en grandes gastos de transportación o transformación. Cuenta con una gran durabilidad y los costos de mantenimiento son mínimos.

2.3. Desventajas.

Por supuesto, estas técnicas cuentan también con algunos inconvenientes, entre los que se destacan la vulnerabilidad del material ante la humedad y la lluvia, debido a su alta porosidad y propiedades absorbentes, lo cual puede acarrear problemas estructurales en la edificación y afectar la salud de los habitantes. Además, estas construcciones requieren de una mano de obra conocedora de la tradición y un mayor cuidado en su ejecución para evitar la erosión de la tierra, un problema que puede poner en peligro la estructura de la edificación.

A grandes rasgos, es evidente que la arquitectura de tierra ofrece grandes ventajas que deben ser valoradas y promovidas. La puesta en práctica de estas técnicas en el contexto actual y con los conocimientos modernos, puede ser una solución viable para muchos de los problemas que enfrenta el sector de la construcción, especialmente en países en vías de desarrollo, donde deben ser aprovechados al máximo los recursos naturales. Cabe resaltar que su uso, en conjunto con otras técnicas de diseño bioclimático, podría ser crucial en el enfrentamiento al cambio climático por las múltiples razones antes expuestas (Soto Toledo & Monteros Cueva, 2024).

Tabla 1: Características Resaltantes de la Arquitectura de tierra.

Ventajas	Desventajas
Regulación de la humedad ambiente Material de construcción	no estandarizado
Almacenamiento de calor - Confort higtotérmico	Se contrae al secarse
Reutilización	permeable

Economización de materiales de construcción y transporte.

Autoconstrucción

Ahorro energético y disminución de la contaminación ambiental

Protección contra ondas electromagnéticas de alta frecuencia

Preservación de la madera y otros materiales orgánicos

Material ignífugo

Absorción de contaminantes

Fuente: (Bozzano Ciavaglia, 2017).

2.4. *Arquitectura vernácula en la Provincia del Cañar.*

Cañar, cantón declarado la “Capital Cultural y Arqueológica del Ecuador”, se encuentra ubicado en la región nororiental de la provincia con el mismo nombre. Limita al norte con la provincia de Chimborazo, al este con el cantón Azogues, en su región occidental con la provincia de Guayas, y en su punto meridional con los cantones Azogues y Biblián y la provincia de Azuay (GADIC Cañar, 2025).

2.4.1. *Ubicación.*

La Provincia de Cañar se encuentra ubicada en la región sur de la República del Ecuador, limitando al norte con las provincias de Chimborazo y Guayas, al sur con la provincia de Azuay, al este con las provincias de Azuay y Morona Santiago y al oeste con la provincia de Guayas (GADIC Cañar, 2025). Alrededor del 80% de la población de esta provincia habita en las zonas rurales y, de ella, cerca del 40% es indígena, representada en su mayoría por la etnia Cañari (INPC, 2025), quienes fueron los habitantes originarios de la región serrana antes de la expansión incásica.



Figura 5: Ubicación Geográfica de la provincia de Cañar.

Fuente: gsp.edu.ec.

2.4.2. Geografía.

El cantón Cañar, el más extenso de la provincia cuenta con una geografía marcada por la Cordillera de los Andes, con una altura que alcanza hasta los 3200 msnm, y diferentes pisos climáticos que oscilan desde los fríos páramos en las zonas más altas, hasta un clima tropical en las zonas más bajas (GADIC Cañar, 2025). Esta característica provoca que dentro de la misma región se pueda hallar una gran diversidad de vegetación, cultivos y paisajes fuertemente condicionados por el piso climático donde se sitúan.

Esta es una región de vocación agrícola y ganadera, con cultivos que varían en dependencia del piso climático. En las zonas más altas se destacan los cultivos de cereales, frutas y hortalizas, mientras que en las regiones más bajas sobresale el cultivo de la caña de azúcar y varias especies de tipo tropical. También tienen una fuerte presencia los cultivos florícolas, cuya producción es mayormente destinada a la exportación hacia otras latitudes (GADIC Cañar, 2025).

Cabe destacar que la provincia de Cañar también cuenta con un suelo rico en minerales. Prueba de ello son las minas de plata de Pilzhun, las de mercurio en la parroquia Luís Cordero y las de caliza de Guapán (GADIC Cañar, 2025). También se pueden encontrar otros yacimientos de caolín, arcilla, bentonita y carbón en zonas cercanas a la ciudad de Azogues, la capital provincial, pero que son poco explotados (GADIC Cañar, 2025).

2.4.3. Clima.

El clima de la región se encuentra fuertemente condicionado por varios factores entre los que figuran la altitud, la latitud, la distancia del océano, la incidencia solar y los vientos. De todos estos factores son la latitud y la altitud los que determinan realmente las condiciones climatológicas de la provincia.

Es sabido que la Línea Ecuatorial Terrestre atraviesa el país, por lo que se podría esperar un clima mayoritariamente cálido, pero la influencia de la Cordillera de los Andes y sus diferentes pisos climáticos hacen de esta una realidad muy diferente para la provincia de Cañar. Se estima que la temperatura en la región desciende un grado por cada 200 metros de altitud, partiendo desde el nivel del mar (Farfán, 2018), por lo que la temperatura media de la provincia oscila entre los 27° C y los 13° C en las zonas habitables, pero con mínimas de hasta 2° C en, las regiones de mayor altitud.

La región, a pesar de encontrarse en el piso climático de páramo, cuenta con algunas variaciones del clima, pudiendo hallar zonas con microclimas subtropicales. En general, las temperaturas del cantón oscilan entre los 9°C y 18°C, con una media anual de 11.8°C, pudiéndose identificar dos estaciones principales: un invierno frío y húmedo con abundantes lluvias, que va de enero a mayo, y un verano seco y ventoso que predomina en los meses de junio a noviembre (GADIC Cañar, 2025):

2.4.3.1. Cálido húmedo.

Esta región se caracteriza por abundantes precipitaciones, humedad y temperaturas cálidas, que oscilan entre los 23° C y los 27° C. Ocupa la zona este de la provincia, que cuenta con una altitud que va de 0 a 300 msnm ((Calle et al., 2016); (MAGAP, 2015); (Farfán, 2018)).

2.4.3.2. Templado húmedo.

Este piso se encuentra en las regiones que oscilan entre los 300 y los 1300 msnm, con temperaturas que varían entre 22° C y 25° C. Está caracterizado por una humedad relativa elevada y abundantes precipitaciones (Calle et al., 2016; MAGAP et al., 2015; Portilla Farfán, 2018).

2.4.3.3. Templado.

El clima templado se halla a una altitud que va desde los 2000 a los 3000 msnm, con una media de temperatura que oscila entre 14°C y 17° C. Lo caracterizan abundantes lluvias, granizadas frecuentes y la neblina (Calle et al., 2016; MAGAP et al., 2015; Portilla Farfán, 2018).

2.4.3.4. Páramo.

El clima de páramos comprende todas aquellas locaciones entre 3000 y 4200 msnm. Las temperaturas son muy bajas, oscilando entre 10° C y 15° C, con lloviznas constantes, aguaceros torrenciales y una espesa neblina que cubre la zona casi permanentemente (GADIC Cañar, 2025).

2.5. Extensión de la arquitectura de tierra

El cantón Cañar es reconocido por los abundantes vestigios de la arquitectura de tierra en la época del pueblo cañarí y durante la expansión incásica, siendo el más importante el sitio arqueológico de Ingapirca. La arquitectura autóctona de esta región se caracteriza por la influencia de la geografía de la meseta y un clima mayoritariamente frío y ventoso, definiendo así los materiales y técnicas que prevalecieron y evolucionaron en el tiempo para adaptarse mejor a estas condiciones.

A pesar de que esta arquitectura se encuentra grabada en las raíces de la región, la globalización y las nuevas tendencias le han ganado la batalla a la tradición, haciendo que el pueblo se olvide de las bondades que ofrece la construcción tradicional. Entre los años 2008 y 2016 se perdió alrededor del 21% de las construcciones de arquitectura vernácula, de ahí que surjan iniciativas con el objetivo de promover y revalorizar este tipo de arquitectura, Al igual que en el caso del «Taller sobre arquitectura y restauración en tierra» creado en 2019 (Hernanz Jiménez, M. , 2023).

En cañar se preservan a día de hoy alrededor de 500 inmuebles construidos con barro, de ellos, más de 85% se encuentra en propiedades privadas, elaborados principalmente con las técnicas de adobe, tapial y bahareque, siendo esta última la que mayor presencia tiene en el Centro Histórico del cantón (Hernanz Jiménez, M. , 2023). Las nuevas generaciones necesitan aprender estas técnicas y sus ventajas ambientales, económicas y constructivas, para preservar la tradición que ha demostrado ser un pilar en la identidad cultural de los habitantes de la región.

En la actualidad, la tierra es un material que mantiene una amplia presencia en el contexto regional, a pesar de ello, esta tradición se ha visto sometida a una considerable erosión y ha estado en peligro de desaparecer por la introducción de materiales de factura humana como el hormigón y el acero, completamente ajenos al contexto. Se trata de un elemento con carácter identitario en la región, asociado, también, a diversas creencias, leyendas y mitos, pero que carga con el estigma social de la pobreza y el atraso. Queda en manos de los habitantes, pues, revalorizar estas técnicas milenarias, promover su uso, contar su historia y pasarlas a las nuevas generaciones.

2.5.1. Sistemas constructivos.

Los sistemas constructivos más comunes y que mayor presencia tienen en el contexto actual de la provincia de Cañar son el adobe, el tapial y el bahareque, técnicas de larga tradición con características específicas que las hacen adecuadas para la región, siendo esta última la que con diferencia domina el paisaje serrano. A continuación, se describen brevemente dichas técnicas:

2.5.1.1. Adobe.

El uso del adobe fue heredado desde la época precolombina, lo que lo convierte en una técnica ancestral que se adapta con eficiencia a las condiciones climáticas de la región andina. Consiste principalmente en bloques de tierra moldeados para conformar los muros de 20-40 cm de grosor de la edificación, que, para resolver el inconveniente que representa la humedad del suelo, se elevan sobre una cimentación corrida hecha de piedras.

El adobe ofrece grandes facilidades constructivas como son la plasticidad del material, la rapidez de su construcción y secado, el aislamiento térmico y la posibilidad de ser habitable desde el momento en que se termina la construcción, sin necesidad de dejarlo secar. En cambio, tiene algunas desventajas, tales como la poca homogeneidad en los muros, la necesidad de un clima seco para su confección y una buena técnica de revoque para que no exista humedad y el riesgo de rotura de los bloques por la manipulación (Yepez Tambaco, 2012).



Figura 6: Construcción con adobe.

Fuente: Fotografía personal 2025.

2.5.1.2. Tapial.

El tapial fue otra técnica heredada de los nativos americanos, ampliamente utilizada en la etapa prehispánica, pero que en la actualidad se utiliza a discreción en las zonas rurales de la región andina debido a que la tierra de la zona no es adecuada para esta técnica. Su construcción emplea encofrados de madera que son rellenos con barro que luego es compactada mediante golpes con instrumento llamado pisón. Estos grandes “bloques” constituyen capas, las cuales se debe esperar un tiempo prudencial para su secado y así continuar levantando el muro. Al igual que el adobe, requiere de su elevación con cimientos de piedra.



Figura 7: Construcción con tapial.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Sus principales ventajas consisten en la homogeneidad que se logra en el muro y el excelente aislamiento térmico y acústico que ofrece. También cuenta con una desventaja, que es la necesidad de un tiempo de espera para terminar su construcción.

2.5.1.3. Bahareque.

Se trata de una de las técnicas más utilizadas en la región andina debido a lo económico, fácil y rápido de su construcción. Fue este el sistema más utilizado antes y después de la ocupación colonial, más adelante reemplazado en las ciudades por el adobe debido a las facilidades constructivas, y este a su vez por el ladrillo una vez se generalizó su uso. Su construcción se basa en una cimentación de piedra sobre la cual se conforma una estructura esquelética de madera o caña que posteriormente se rellena con una mezcla que se utiliza para su relleno está compuesta por arcilla, agua y paja de cerro o tamo de cebada, lo que le confiere a la obra el aislamiento térmico deseado.



Figura 8: Construcción con bahareque.

Fuente: Fotografía personal 2025.

A pesar de todas las ventajas, esta técnica cuenta con algunos inconvenientes, como son la fragilidad de la obra, el poco aislamiento que ofrece en comparación con otras técnicas como el adobe o el tapial, la necesidad de una buena madera para la confección de la estructura, y el riesgo de incendio que esta provoca (Guachun Acebedo, 2024).

Tabla 2: Comparación de Características.

Sistema Constructivo Características	Adobe	Bahareque	Tapial
Capacidad Estructural	sí	sí	sí
Materiales necesarios	Arena /arcilla	Madera /barro y paja	Arena /arcilla/gravilla
Modo de Producción	Artesanal/semi industrial	Artesanal	Artesanal
Tipo de Recubrimiento	Requiere	Requiere	Opcional
Propiedades térmicas	Posee	Posee	Posee
Propiedades permeabilidad	No posee	No posee	No posee
Propiedades acústicas	Posee	Posee	Posee
Propiedades ignifugas	Posee		Posee
Propiedades higroscópicas	Posee	Posee	Posee
Resistencia a la tracción	Mala	Mala	Mala
Resistencia a la compresión	Buena	Buena	Muy Buena
Resistencia a la flexión	Mala	Mala	Mala
Tipo de Acabados	Liso/rugoso	Liso/rugoso	Liso/rugoso
Tipo de Trabajabilidad	Corte	Perforación	Corte/ perforación

Fuente: (Abad Vega, Aguirre Deleg, & Fanegas paredes, 2012).

2.5.2. Características térmicas.

Se han realizado variados estudios sobre las cualidades térmicas de la arquitectura de tierra, especialmente en climas extremos, donde resultan de gran utilidad. La transmitancia térmica y la inercia térmica son características inherentes y largamente estudiadas en estas construcciones.

Es sabido que, a mayor grosor y compactación de los muros, mayor será la conservación de la temperatura, y mayor tiempo tardará en transmitirla; por ello, los muros de tapial suelen ser los que mejores propiedades poseen respecto a este tema, mientras que los muros de bahareque son los que más rápido ceden el calor. No obstante, los muros de bahareque con un grosor aproximado de 10 cm poseen las características térmicas adecuadas para enfrentarse a las temperaturas de la región andina, garantizando el confort térmico de la vivienda (García, Caldas, & Vázquez, 2020).

Diversos estudios han analizado la conductividad térmica de los muros de tierra en varias regiones del planeta; entre estos estudios se destaca el trabajo de titulación “Transmitancia térmica de sistemas constructivos en tierra” del autor Carlos Cabrera (Cabrera Córdoba, 2019). En dicha investigación el autor realiza un análisis del espesor necesario de los muros tradicionales para cumplir con el correcto desempeño térmico en cada una de las regiones climáticas de Ecuador.

El estudio determina que, con un espesor de revoque de 10 mm. y de su capa final de 3 mm., el espesor mínimo de los muros de tierra (construidos con adobes) para zonas climáticas muy frías es de 200 mm.; para zonas frías y templadas es de 120 mm. y para zonas húmedas y calurosas es de 50 mm. (Cabrera Cordova, 2019). Con esto el autor concluye que los muros de arquitectura tradicional son mucho más eficientes térmicamente que los bloques de hormigón y otros materiales, necesitando un menor grosor para alcanzar el mismo confort térmico.

Tabla 3: Variaciones de las propiedades térmicas en función del % de bagazo de caña.

Muestras	K W/(m*K)	D Mm2/S	De Kg/m3	Cp J/kg*k
0%	0.389	0.287	1014.39	1336.17
1%	0.220	0.193	804.51	1416.86
5%	0.246	0.169	746.21	1950.66
10%	0.199	0.165	664.40	1814.71

Fuente: (Cano-Martínez, Ramos-Venegas, Cabrera-Macedo, & Ojeda-Sánchez, 2023)

2.5.3. Análisis de forma.

La forma de las construcciones vernáculas, un aspecto que podría pasar desapercibido, tiene gran relevancia en dependencia de los emplazamientos de las mismas. La cordillera andina es sabida un lugar con numerosos eventos sísmicos, debida su proximidad con una de las fallas más grandes del planeta, donde convergen las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica. En este contexto, resulta indispensable saber aprovechar al máximo las propiedades constructivas de la arquitectura vernácula, con la finalidad de ejecutar los trabajos de la manera más eficiente.

El autor Gernot Minke, en su libro “Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra” (Minke G. , 2005), refiere que la planta en forma circular es la óptima en cuanto a la estabilidad constructiva frente a fenómenos naturales, siendo la geometría de la cúpula su máxima expresión. Alega que la geometría ortogonal no es recomendable por la poca compactación de la forma, considerando las plantas rectangulares ineficientes e inestables. El autor tampoco recomienda las construcciones con plantas en formas angulosas, considerando peligrosas las plantas en forma de “T” o de “L”. Para ello recomienda la subdivisión de la forma, con uniones entre los espacios livianas y flexibles.

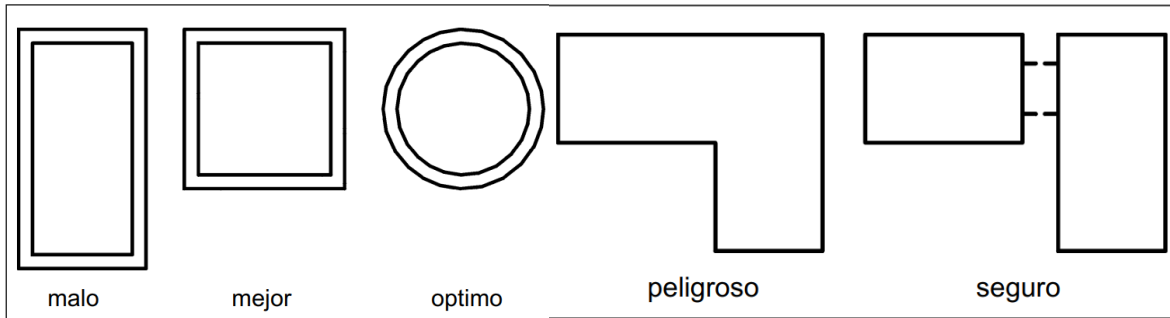


Figura 9: Formas antisísmicas.

Fuente: (Minke, 2005).

En el contexto específico de la comunidad de Cañar, los historiadores indican que la forma de la vivienda era un reflejo del estatus de su propietario. Las casas de los habitantes comúnmente eran pequeñas, circulares u ovaladas, con paredes delgadas y cubiertas de paja seca, mientras que las de los caciques eran grandes y cuadradas, con techos de madera cubiertos de paja. A la llegada de los españoles esta tradición se mantuvo por un tiempo, pero luego se les forzó a construir en plantas ortogonales, asemejándose a las que trazaban los colonizadores (INPC, 2025).

En la actualidad, la costumbre de la planta circular se ha perdido en el tiempo, quedando olvidados sus beneficios constructivos, es por ello que lo más común es encontrar viviendas con forma cuadrada. Quizás, dadas las condiciones geográficas de la región de Cañar, sea prudente retomar estas tipologías ancestrales y comprobadas eficientes, no solo por una cuestión estética, sino que con un mínimo de esfuerzo estas soluciones podrían ser la diferencia entre la vida y la muerte ante un evento sísmológico.

2.6. Sistema Constructivo en bahareque.

El sistema de bahareque ha sido usado en nuestro entorno desde hace miles de años por los pueblos nativos de nuestra zona. Los cañarís usaron el bahareque para realizar sus edificaciones, pero posteriormente adoptaron parte de las técnicas constructivas de los Incas.

En nuestro territorio ha sido usada tanto en la costa como en la sierra. Esta técnica milenaria trasciende en antigüedad a los sistemas de Adobe y Tapial. El bahareque es una técnica muy conocida y aplicada en los sectores rurales del Ecuador. Este método es muy usado por la facilidad y rapidez que presenta en el proceso de materialización. Además, se puede realizar sin la necesidad de mano de obra especializada.

El bahareque dependiendo del lugar y cultura ha tomado distintos nombres, en nuestro territorio se lo conoce con el mismo nombre, pero en otros lugares de Sudamérica es llamado Quincha y en Norteamérica se lo conoce como "Wattle and Daub". También este sistema presenta variación en la forma de escritura, ya que se puede nombrar como bahareque o bajareque.

El sistema bahareque tradicionalmente se estructura sobre una cimentación corrida, generalmente hecha de piedra, sobre la cual se alza un sistema estructural de madera en compañía de un entramado vertical o "enchaclado" que comúnmente es de caña, el cual permite posteriormente verter el barro al

interior. Finalmente, el sistema presenta como terminado un empañete de tierra con fibras que mejoran su durabilidad.

2.6.1. Tipos de bahareque.

2.6.1.1. Bahareque de tierra.

Se trata de una estructura compuesta por un armazón de madera o guadua (un tipo de bambú), relleno con elementos como tierra, paja o fragmentos de piedra, tejas y fibras naturales. Se sostiene mediante postes de bambú o caña, y el acabado final (enlucido) se realiza con una mezcla de material a base de arcilla y estiércol de caballo. Existen variaciones en las que se omite el relleno de barro y se sustituye la inclinación por una estera de bambú que sirve de estructura de soporte para el empañete.



Figura 10: Estructura de bahareque.

Fuente: Fotografía personal 2025.

2.6.1.2. Bahareque de tabla.

Este método de construcción consiste en una estructura de vigas de madera o guadua que forma el pórtico, con tablones de madera dispuestos verticalmente que se utilizan comúnmente para la cubierta.

2.6.1.3. Bahareque metálico.

Este sistema estructural se caracteriza por complejas estructuras de vigas de madera o guadua que forman el pórtico. Para el revestimiento exterior se ha utilizado chapa metálica, comúnmente empleada en fachadas. En el interior se han utilizado diferentes materiales de acabado.

2.6.1.4. Bahareque encementado.

El bahareque, reforzado con cemento, es una estructura basada en un armazón de guadua y madera. Utiliza esteras de junco guadúa como revestimiento, sobre las que se aplica una mezcla de cemento y arena para acabar la superficie.

Una clasificación alternativa basada en los tipos de sistemas de construcción empleados en la guía de construcción antisísmica para paredes de bambú y barro de Carazas y Rivero en la guía de construcción para sísmica (2002).

2.6.1.5. Bahareque de tierra tradicional.

Este método constructivo emplea troncos o bambú guadua como elementos estructurales, con un armazón creado al unir tiras de bambú o caña a listones de madera con cuerda, cuyo interior se rellena con paja y barro.

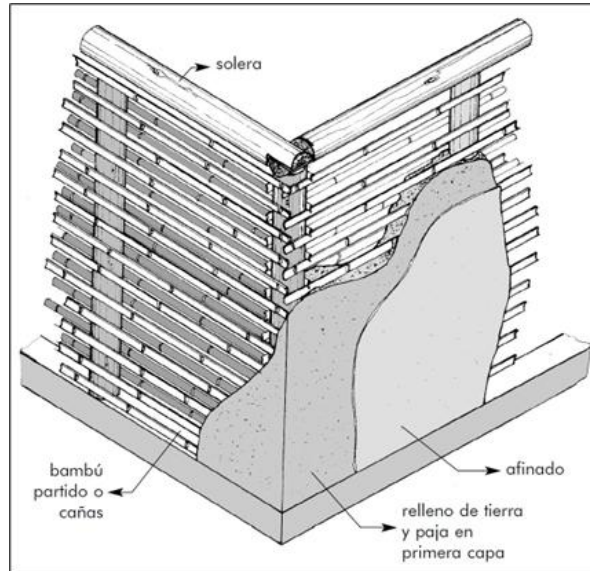


Figura 11: Bahareque tradicional.

Fuente: (Carazas Aedo, 2002).

2.6.1.6. Bahareque de tierra contemporáneo.

Este tipo de método constructivo se diferencia del sistema tradicional en que utiliza madera aserrada como elementos estructurales, con tiras de bambú o caña fijadas al armazón mediante clavos o alambre.

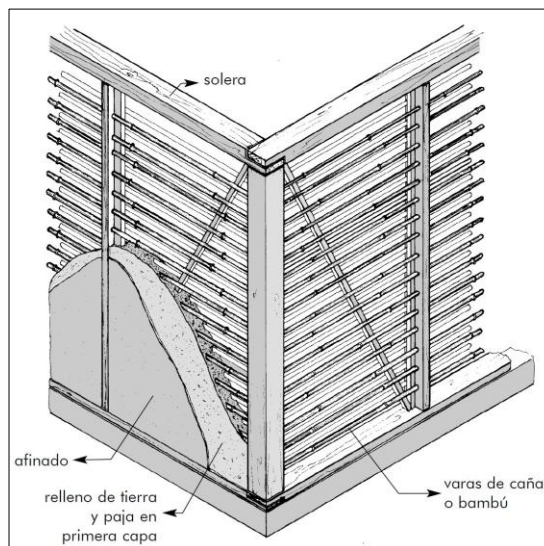


Figura 12: Bahareque contemporáneo.

Fuente: (Carazas Aedo, 2002)

2.6.1.7. Bahareque de tierra prefabricado.

El propósito de este sistema es disminuir el tiempo de construcción. Para lograrlo, se utilizan módulos de relleno. Estos módulos se fijan a estructuras de madera aserrada in situ, normalmente mediante marcos de bambú o caña tejidos verticalmente, lo que permite la auto fijación. Una vez instalados los módulos, se coloca una primera capa de tierra mezclada con paja, seguida de una capa fina de mortero de acabado

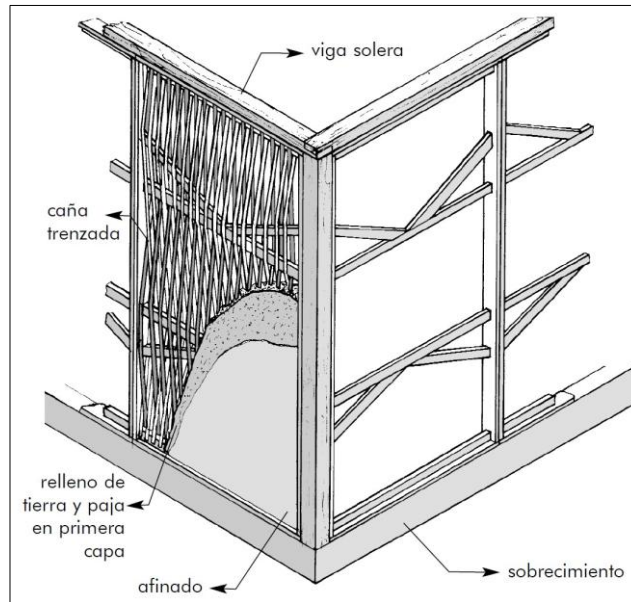


Figura 13: Bahareque prefabricado.

Fuente: (Carazas Aedo, 2002).

2.6.2. Ventajas del Sistema de bahareque.

2.6.2.1. Características térmicas.

El confort térmico proporciona parámetros. Estos se utilizan para evaluar las condiciones micro climáticas de un espacio. También determinan si esas condiciones son térmicamente adecuadas para los seres humanos. Según Pesántez Moyano (2012), el rango de confort térmico en Ecuador es de 18 °C a 26 °C. Así lo estipula el Código de Construcción de Ecuador (NEC).

El bahareque tiene una estructura irregular y existen diversos métodos de construcción, lo que hace imposible definir con precisión su conductividad térmica o su transmitancia térmica (valor U, un indicador del flujo de calor por unidad de tiempo y superficie). De acuerdo con Cuitiño et al. (2015), la transmitancia térmica de una pared de bahareque de 0,094 m de espesor es de 2,64 W/m²K, mientras que la de una pared de adobe de 0,30 m de espesor es de 2,73 W/m²K y la de una pared de ladrillo enlucida de 0,20 m de espesor es de 4,13 W/m²K.



Figura 14: Característica térmica.

Fuente: Fotografía personal 2025.

2.6.2.2. Características acústicas.

El rendimiento del aislamiento térmico del bahareque está relacionado con su densidad y varía debido a la diversidad de materiales utilizados. Según Gaitan Castillo, M. G. (2020), la densidad de una pared de 20 cm de espesor es de aproximadamente 1700 kg/m². Esto es suficientemente explotable y produce un efecto de aislamiento acústico de aproximadamente 50 dB. Además, este rendimiento puede mejorarse reduciendo el tamaño de las aberturas. Por el contrario, el rendimiento del aislamiento acústico de una pared de ladrillo de 15 cm es de 40-45 dB.

Sin embargo, dado que los materiales y los procesos de construcción varían según la ubicación, es aconsejable evaluar el rendimiento del aislamiento acústico de la pared en la obra.



Figura 15: Característica acústica.

Fuente: Fotografía personal 2025.

2.6.2.3. Características sismo-resistentes.

Varias regiones del mundo se ven afectadas por terremotos de diferentes niveles, causados por movimientos de la corteza terrestre y actividad volcánica. La resistencia sísmica de los edificios es un requisito indispensable para su análisis. Según Minke (2005), durante los terremotos se producen comportamientos en las estructuras que se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Capacidad de un material para soportar la acción de fuerzas horizontales sin perder su integridad estructural.
- La ductilidad es la capacidad de un material para cambiar su forma sin que se rompa.

«Por ejemplo, una estructura puede necesitar tener una alta resistencia y una baja ductilidad, o una baja resistencia y una alta ductilidad, o valores moderados de resistencia y ductilidad.

Todas estas posibles soluciones tienen aproximadamente el mismo potencial para soportar fuertes terremotos sin derrumbarse» (Minke, 2005).

A diferencia de otras estructuras de tierra, el bahareque posee un sistema dúctil y ligero, ya que su estructura principal está formada por vigas porticadas sustentadas por cimientos y columnas de madera. Esto le permite soportar los impactos sísmicos.



Figura 16: Estructura de bahareque.

Fuente: Fotografía personal 2025.

2.6.3. Estudios patológicos del sistema de bahareque.

Según Architectural Pathology (2006) de Broto, el estudio de los problemas que surgen en los edificios o sus componentes puede considerarse como patología. Los daños o deterioros que se producen en los edificios se clasifican según su causa como daños físicos, biológicos o mecánicos, y estos pueden afectar a cualquier elemento de un edificio.

2.6.3.1. Estudios de patologías físicas.

Estos son causados por fenómenos físicos como la humedad, la erosión atmosférica y la suciedad. La humedad proviene de diversas fuentes, entre ellas el agua subterránea, la acción capilar, la permeabilidad y la entrada accidental. La erosión atmosférica seca la madera, causando su deterioro y

provocando decoloración y agrietamiento (grietas, hendiduras, astillas). La suciedad puede producirse por deposición o lavado diferencial (Lasheras et al., 1998).

Los daños se producen cuando los niveles de humedad en los materiales de construcción o en los elementos estructurales superan los umbrales aceptables, alterando las propiedades físicas. Por su parte, la radiación ultravioleta provoca daños como el secado, la deformación, la decoloración y la pérdida de brillo. En consecuencia, los factores atmosféricos influyen significativamente en el deterioro de las estructuras de Bahareque.

2.6.3.2. Estudios de patologías biológicas.

También denominada patología química, según Broto (2006), «todos los animales y plantas desarrollan procesos patológicos de naturaleza química». Esto se debe a que secretan sustancias que alteran la estructura química y física de los materiales. Las plantas causan daños a los materiales. Esto se debe al peso y a la acción de sus raíces. Los insectos, las aves y los roedores que se alimentan de materiales causan daños por abrasión. Los microorganismos, como los hongos, pueden alterar las características físicas de los materiales, como su aspecto, color y olor. Por otro lado, los hongos tienen un impacto específico en la madera, afectando su estructura y apariencia (Pineda Uribe, 2017).

2.6.3.3. Estudios de Patologías mecánicas.

El daño mecánico es causado por el movimiento, la apertura, la erosión mecánica, la separación y el desgaste de materiales o componentes como resultado de la acción de la fuerza o de factores mecánicos, lo que provoca grietas, fisuras, delaminación, separación, deformación y fractura.

Los defectos mecánicos primarios incluyen la deformación (desviación, pandeo, colapso, alabeo), el agrietamiento (originado en el material de soporte o inherente al acabado) y las fisuras (resultantes de una sobrecarga, expansión/contracción térmica o delaminación) (Broto, 2006).

2.6.3.4. Deformaciones.

La deformación se refiere a cualquier cambio en la forma de un material o elemento estructural, incluyendo todas las alteraciones causadas por la tensión mecánica, es decir, por la aplicación de fuerzas que cambian la forma de un objeto.

2.6.3.5. Grietas y fisuras.

Estas condiciones pueden deberse a diversas causas, entre ellas el hundimiento del terreno, la humedad, defectos estructurales, fijaciones inadecuadas, sobrecargas, terremotos, vibraciones, impactos, dilatación y contracción, o el movimiento desigual de elementos que excede la tolerancia del material.

2.6.4. Normas de construcción de bahareque.

Existen normativas nacionales e internacionales relativas a la construcción de muros de tierra, en las que se definen grados y normas de construcción específicos para el método bahareque, que son las que se deben seguir a la hora de llevar a cabo esta construcción. Entre ellas se incluyen las siguientes:

2.6.4.1. Norma peruana E.080.

Este documento analiza los requisitos previos y las pruebas (tanto empíricas como científicas) aplicables a la construcción de muros de tierra en general; no establece normas específicas para el método de construcción Bahareque.

Se basa en el manual de diseño de madera de la región andina, elaborado por el Comité del Acuerdo de Cartagena. Este documento detalla todas las especificaciones de la madera utilizada, los distintos métodos de unión, los métodos de fijación y los cálculos de resistencia de los paneles modulares de madera.

2.6.4.2. Norma ecuatoriana de la construcción NEC para viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta cinco metros.

Esta norma específica los requisitos para muros Bahareque o muros de quincha, limitándose a disposiciones generales relativas a las dimensiones de los muros. Los muros bahareque se clasifican como muros de carga, y las especificaciones están destinadas a fines de diseño residencial.

2.6.4.3. Norma andina para el diseño y construcción de casa de uno y dos pisos en bahareque encementado INBAR para países del área andina (Colombia, Ecuador y Perú).

Identifica los requisitos fundamentales esenciales para que las viviendas con estructura de bambú y revestimiento de ratán demuestren su resistencia sísmica. La estructura emplea bambú guadua, que abarca juntas, cimientos, elementos estructurales, columnas y tabiques.



Figura 17: Construcción colapsada.

Fuente: Fotografía personal 2025.

2.6.5. Materiales que conforman la construcción del panel de bahareque.

2.6.5.1. Materiales usados.

La arquitectura bahareque se caracteriza por el uso de materiales como la madera (troncos aserrados o redondos), los juncos (carrizo) y el barro mezclado con fibras vegetales como material de relleno.

2.6.5.2. Madera aserrada.

La madera es uno de los materiales más versátiles en el sector de la construcción y desempeña un papel fundamental en la estructura de este sistema. Se utiliza para fabricar elementos como postes, vigas, tablas para suelos, refuerzos y aberturas para puertas y ventanas. Según Quizpe Vacacela (2016), se recomiendan las siguientes especies de árboles: moena alcanforada y copaiba. Es importante que la madera no presente grietas y esté seca. Según las normas NEC, el contenido de humedad de la madera para la construcción debe estar entre el 12 % y el 15 %.

2.6.5.3. Caña guadua.

El término «bambú» es genérico y se utiliza para referirse a varios tipos de esta planta. Los más adecuados para la construcción de bahareque (paredes de bambú y barro) son el carrizo, la caña brava, la guadua, el bambú y el junco de Guayaquil.

El carrizo es una especie de hierba que crece en regiones cálidas, puede superar los 6 metros de altura y tiene un diámetro de entre 1,2 y 3,8 centímetros. Las pruebas de tracción han confirmado que puede soportar cargas de hasta 1000 kgf/cm².

2.6.5.4. Barro y paja.

Esta mezcla se utiliza tanto como material de relleno como de recubrimiento, y proporciona excelentes propiedades de aislamiento térmico. Utilice arcilla sin contenido en sal y mézclela con fibras (también se puede utilizar paja cortada en trozos de aproximadamente 10 cm, cáscaras de junco o serrín). Esto garantiza el correcto funcionamiento de la arcilla y evita que se agriete durante el secado. Esta mezcla debe dejarse secar durante cuatro días (QUIZHPE VACACELA, 2016).

2.6.5.5. Otros materiales.

Los materiales necesarios son los siguientes: cuerda de cáñamo, cemento, hormigón, arena, alquitrán, clavos, malla soldada eléctrica o alambre negro de calibre 18.

2.6.5.6. Mano de obra.

La fabricación del panel se llevó a cabo de forma individual, con una persona realizando los distintos cortes de madera y montando la estructura del panel, con la ayuda de otra persona.

2.6.6. Estructura

2.6.6.1. Armado del entramado

El armazón está formado por paneles tejidos con materiales como el bambú Gaudá, el Calizo y otros. En la región del Cañal y las comunidades circundantes, el más utilizado es el tradicional bahareque, ensamblado horizontalmente a intervalos de 10 a 20 centímetros. Para tejer y unir el armazón se utilizan diversos tipos de fibras vegetales, como la cabuya, el bejuco y el cuero (Maldonado Valverde, 2017).

2.6.7. Relleno.

La tierra de relleno no necesita características especiales; simplemente hay que dejarla reposar durante dos o tres días. El tamaño de los granos puede incluir diversas piedras, lo que en realidad mejora la eficacia del relleno. Recomendamos utilizar paja picada, que debe estar cortada a una longitud aproximada de 10 cm, en una proporción de aproximadamente el 1 % en peso. Esto equivale a una proporción de una parte de paja por dos de tierra en volumen. (Guerrero Baca L. F., 2007).

2.6.8. Revestimiento.

La capa protectora consiste en una mezcla de barro de aproximadamente 2 a 3 centímetros de espesor. Para su fabricación se emplea una mezcla de 50 % de arena, 30 % de limo y 20 % de arcilla (Altamirano León et al., 1986). Además, esta mezcla puede reforzarse añadiendo fibras vegetales. El estiércol de caballo se utiliza normalmente en una proporción de 60 % de barro y 40 % de estiércol debido a su contenido en fibra.

2.7. Acabado de la capa final de revoque.

Los métodos tradicionales indican que para el revestimiento de muros de bahareque (y de adobe) se deben utilizar dos capas de barro, una de mayor grosor y rugosidad que debe fijarse bien al muro (revoque), y otra mucho más fina y pulida que da el acabado final y funciona como protección ante la humedad (empañete o capa final de revoque).

Para el proceso del revoque se debe emplear un barro con tierra previamente cernida, que no presente piedras ni otras impurezas, y reposado durante al menos 48 horas. Se aplica una primera capa de barro y se deja evaporar el exceso de agua, para al día siguiente aplicar una segunda capa, misma que debe tener un acabado relativamente rugoso para facilitar el agarre del empañete (INPC, 2025).

El empañete, por su parte, se fabrica a base de tierra amarilla y estiércol de caballo a partes iguales, con orina de caballo que cumple la función de aglutinante y una pequeña cantidad de yeso que se agrega justo antes de la aplicación, en función de la calidad del material terroso. Se aplica en una capa fina de no más de tres milímetros que se debe dejar reposar por al menos 72 horas antes de proceder a su uso (INPC, 2025). Luego de finalizado este proceso se puede aplicar pintura para un mejor acabado.

Esta capa final de revoque puede presentar daños que se han producido y ponen en peligro la integridad del edificio, por lo que es necesario tomar medidas urgentes para solucionarlos, pudiendo ser la causa inicial de grandes problemas estructurales cuando no son reparadas a tiempo. Algunas de las lesiones que se pueden encontrar con mayor frecuencia son la erosión por efecto directo del sol, el viento y la lluvia, el desprendimiento, la pérdida de las capas de pintura, así como las fisuras y grietas.

Los desprendimientos van ligados principalmente a causas como la humedad, ya sea por la capilaridad o por condiciones del ambiente que lo posibilitan, la mala adherencia a la capa gruesa del revoque debido a la incompatibilidad de los materiales (cuando se utilizan materiales inadecuados como el cemento) o la mala aplicación de la mezcla. También puede ser causado por una mezcla inadecuada en sí, con materiales ajenos o de mala calidad o con una pobre técnica de mezclado (Henneberg A. , 2011).

Las fisuras y grietas son causadas principalmente por problemas mecánicos, principalmente por una retracción de la mezcla, producto de una mala aplicación de la mezcla, un mal resano o del uso de materiales incompatibles con el barro como el cemento. También puede deberse a un asentamiento de los muros, en cuyo caso las grietas pueden abarcar capas más profundas del revoque y ser el motivo de humedades en el interior del muro (Henneberg A. , 2007).

La pintura, por su parte, se va desconchando, la mayoría de ocasiones debido a humedades interiores o exteriores, o a una mala adherencia de la pintura con la superficie del muro (Henneberg A. , 2007).

Como bien refiere Andrea Henneberg en su trabajo “Lesiones que sufren los muros de bahareque. Propuestas para su reparación.” (Henneberg A. , 2007), una posible solución para reparar y evitar este tipo de lesiones sería garantizar la compatibilidad de los componentes del muro con los materiales a utilizar en el revestimiento de los mismos, tanto en su capa base como en su capa final. Es importante tener en cuenta la rugosidad de la capa base para permitir una mayor adherencia de la capa final.

La mezcla de la capa final de revoque puede variar en dependencia de los requerimientos y la disponibilidad de materiales; la autora recomienda una mezcla a base de arcilla, arena blanca, cal, agua y un poco de cemento, aunque también refiere que se han utilizado mezclas con base de marmolina, cal y cemento con aditivo hidrófugo, lo cual le añade una capa de protección ante la humedad y las lluvias. Cabe destacar la necesidad de un buen curado para garantizar una buena terminación y un buen desempeño de las propiedades de la mezcla, así como la aplicación de una pintura compatible con la estructura, como puede ser una lechada de cal o pintura de caucho de tercera calidad.

El autor (Minke, 2021), por su parte, recomienda que, en caso de aplicar el revoque con barro, este debe estabilizado con una lechada de cal o cal con caseína. En el caso de los muros de tapial, refiere que no es necesario aplicar un revoque, solo una pintura para proteger el muro de la erosión de la lluvia; dicha pintura debe ser a base de cal o cal con caseína y aplicada en tres capas, la primera de ellas muy aguada para permitir la penetración de la solución en el muro.

Resulta necesario, pues, poseer un conocimiento adecuado sobre la temática que se aborda, para lograr así acometer acciones tempranas que reparen o eviten daños en la capa final de revoque. También para estar en condiciones proponer nuevas soluciones a estas problemáticas, con el objetivo de mejorar la calidad de las edificaciones con arquitectura de tierra y de sus habitantes.

2.8. Revoques de tierra.

Los revoques a base de tierra, tradicionales o no, son considerados los más aptos para la arquitectura vernácula, debido a su alta compatibilidad con el material de relleno de los muros, lo que garantiza una mejor adherencia a los mismos (Bozzano Ciavaglia, 2017). Cumplen con la gran mayoría de los requisitos necesarios para la protección del muro, sin embargo, no se comportan bien ante la erosión y la abrasión, de ahí que cuando se encuentran en estado puro su uso se limite a interiores o a exteriores que se encuentren protegidos de la lluvia.

Se componen esencialmente de arena, limo y una cantidad de arcilla que ronda entre el 5% y el 12% para proporcionarle a la mezcla una adecuada adherencia y cohesión (Minke, 2005). Resulta muy complicado establecer una proporción ideal para el revoque de tierra, debido a que en su composición intervienen muchas variables que influyen directamente en sus propiedades finales. No se trata solamente de las proporciones de los componentes, sino también de la granulometría, la cantidad de agua, el método de preparación de la mezcla y la presencia de aditivos. Por ello resulta importante siempre realizar pruebas con diferentes proporciones de la mezcla, para lograr definir cuál es la que mejor se ajusta a las condiciones existentes.

2.8.1. Composición granulométrica.

La tierra utilizada para el revoque suele ser más arenosa que la que compone el relleno del muro, lo que reduce el riesgo de la aparición de fisuras debido a la retracción provocada por las arcillas. No obstante, los materiales muy arenosos deben ser enriquecidos con arcilla para garantizar la cohesión del mortero (Minke G. , 2021).

Lo correcto sería utilizar el tamaño de las partículas no debe superar la mitad del espesor del recubrimiento; una arena cuyo grosor varíe desde la arena fina a la gruesa, lo que asegura una granularidad continua.

2.8.2. Armazón.

El armazón del revoque de tierra se compone de pequeñas fibras cuyo objetivo principal es aliviar el revoque y brindar una mayor elasticidad y cohesión a la mezcla. Estas fibras, no obstante, deben ser cuidadosamente seleccionadas, ya que su tamaño no debe superar los 3 cm en el caso del revoque grueso, o los 0.5 cm en el caso del revoque fino, además, deben ser aptas para el cumplimiento las exigencias constructivas del revoque. Deben contar con una buena resistencia a la tracción, ser compatibles con las arcillas, contar con poca capacidad de absorción de agua y putrefacción, además de ser espacialmente maniobrables a la hora de trabajar en capas finas. El origen de las fibras varía en dependencia de la disponibilidad, pudiendo ser de origen vegetal, animal o industrial:

- Fibras vegetales.

Comúnmente se utiliza la paja o el heno para estos casos debido a su fácil acceso, pero estas fibras han demostrado ser poco resistentes. En su lugar se pueden emplear otras de origen vegetal, como son el aserrín, el cascabillo de lino, las cascarillas de arroz o las fibras de celulosa, bambú, cáñamo y coco.

- Fibras animales.

El empleo de pelos de vaca y otros animales de ganado en el revoque fue una práctica común debido a su durabilidad y resistencia. Es posible realizarlo también con cabellos humanos.

- Fibras industriales.

Las fibras de factura humana, como el polipropileno, son baratas y ofrecen un buen desempeño constructivo gracias a su elasticidad y su baja posibilidad de pudrición. Se recomienda utilizar fibras que no sean demasiado resistentes, como las fibras de vidrio, ya que su capacidad de cohesión con el material es muy baja.

Tabla 4: Estudios realizados con adición de fibras textiles.

Autor/Ref.	Matriz	Residuo	%Adición	Resultados (% sobre el yeso de referencia) *					
				Espe- sor mm.	Densidad %	Porosidad %	Dureza %	Compresión %	Flexión %
Peña P. et al., 2018. (18)	Hormigón de poliéster	Algodón (residuo de vaqueras)	0.5	40				7	9
			1	40	n/a	n/a	n/a	4	10
			1.4	40				1.5	5
Alomayri et al., 2013(19)	Geo polímeros (cenizas volantes)	Algodón (hilo)	1.4	40	-9	18	n/a	50	37
			2.1	40	-13	24		116	62
			2.8	40	-17	40		100	43
			4.1	40	-78	52		66	39
Alomayri et al., 2013(20)	Geo polímeros	Algodón (hilo)	0.3	10	-4	15	n/a	21	5
			0.5	10	-5.5	25		157	10
			0.7	10	-9	35		-61	2
			1	10	-12	50		-51	-1.5
Alomayri et al., 2014(22)	Geo polímeros (cenizas volantes)	Algodón (tela) capas	4.5	50			29	215	113
			6.2	50	n/a	n/a	36	270	287
			8.3	50			38	355	325
Barbero et al., 2016(23)	Paneles de cal hidráulica natural	Algodón (hilo) capas	B	30	-33	n/a	49	107	-83
			C	30	-30		52	136	-89
Rajput et al., 2012(24)	Ladrillos (cemento portland)	Algodón y papel (residuo fábrica)	A	80	-8	n/a	n/a	138	n/a
			B	80	-16			124	
			C	80	-10			113	
Hassan et al., 2020(25)	Paneles (Epoxi verde)	Algodón	10	5					366
			15	5	n/a	n/a	n/a	n/a	403
			20	5					430
Silva et al., 2020(26)	Geo polímeros (cenizas volantes)	Algodón sisal	1	50			n/a	14	5
			1	50	n/a	n/a		n/a	15
Alzeer et al., 2012(27)	Geo polímeros	Lana de alfombra Lana merino	5	10			n/a	n/a	50
			5	10	n/a	n/a			n/a

	(meta caolín)								
Özen et al., 2020(28)	Material compuesto (resina epoxi y fibras)	Tencel	50	25	112.51	n/a	n/a	10	18
		Cáñamo	50	25	131.50			75	21
		Modal	50	25	117.90			16	10
		Micromodal	50	25	126.10			43	29
		viscosa	50	25	118.90			45	47
Spadea et al., 2015(29)	Mortero de cemento (Dishocret Unitech R4)	Nailon (redes de pesca)	1	40	n/a	n/a	n/a	-31	32
		Longitud	1.5	40				-27	32
		fibra:	1	40				-16	32
		longitud	1.5	40				-20	35
		0.5,1y 1.5 cm							
Habib et al., 2013(30)	Mortero de cemento	Nailon	0.5	40	n/a	n/a	n/a	40	80
		(longitud 1.5 cm)	1	40				57	135
			1.5	40				75	150
Olivito et al., 2014(31)	Prefabricado de cemento	Sisal y lino	2.9	5	n/a	n/a	n/a	n/a	17.8
		(capas tela	2.1	5					5.78
		bidireccional	2.9	8					10
)	2.1	8					7.7
Assaedi et al., 2015(32)	Geo polímeros (cenizas volantes)	Tela de lino	2.4	15	n/a	n/a	14	131	222
			3.0	15			18	250	322
			4.1	15			21	369	411

Fuente: (Castillo Rodríguez & García Navarro, 2023).

2.8.3. Aglomerantes, impermeabilizantes y tratamiento químico.

Los agregados se utilizan principalmente en muros exteriores cuando no existen las condiciones adecuadas para la protección de los mismos. El uso de muchos de estos agentes les resta propiedades ecológicas a los revoques de tierra, debido a que los vuelve, en la mayoría de los casos, insolubles en agua, no pueden ser reutilizados ni devueltos al sustrato natural una vez concluye el ciclo de vida de la edificación. Existen disímiles agregados que pueden ser añadidos a la mezcla de revoque, con lo que es posible obtener diferentes resultados para cada uno de ellos en dependencia de la concentración dentro del mortero. A continuación, se presentan algunos de los más relevantes:

- **Cal.**

La cal es uno de los materiales que con más frecuencia se utiliza para el tratamiento de los revoques exteriores de tierra gracias a sus propiedades hidrófugas y su permeabilidad. Aumentar su proporción en la mezcla también le permite funcionar como aglutinante, lo que lo hace útil en suelos con baja cohesión.

- **Cemento.**

El cemento no es recomendable para su uso en revoques de tierra, puesto que le resta las propiedades aglutinantes naturales de la arcilla, con lo que se reduce la capacidad de compresión de la mezcla.

- **Cal y cemento.**

Se recomienda el uso de la cal y el cemento combinados en proporciones del 4% al 6% para mejorar las propiedades físicas y químicas del revoque (Bozzano Ciavaglia, 2017). A los beneficios brindados por la cal se le añaden una mayor dureza, impermeabilidad, y resistencia a la erosión.

2.8.4. Preparación de la tierra.

La tierra para el revoque debe ser cuidadosamente escogida para garantizar un buen comportamiento durante su uso, por lo que se necesita prestar especial atención al contenido de arcilla, debido a que una alto por ciento de este material hace imposible su uso a menos que sea previamente tratada. Para lograr una consistencia adecuada del revoque se requiere de una previa preparación, mezclado y amasado que aseguren las propiedades cohesivas necesarias. Existen variados métodos para la preparación la tierra antes de su uso en el revoque; entre los más comunes se encuentran:

- **Humedecimiento.**

Consiste en sumergir los terrones de la tierra a utilizar (aproximadamente de 15 a 25 cm de grosor) en agua durante un período de 2 a 4 días hasta que adquieran las propiedades plásticas necesarias. Luego el barro es amasado y ajustado a las proporciones granulométricas requeridas (Bozzano Ciavaglia, 2017).

- **Trituración.**

Esta técnica es frecuentemente utilizada en climas fríos. Se realiza amontonando el material y dejándola congelar durante la estación invernal. Esto consigue que el agua propia del material se congele y se expanda, provocando que la tierra se desintegre de manera natural. Una vez seca es triturada mediante el uso de maquinaria especializada (Bozzano Ciavaglia, 2017).

- **Tamizado.**

Este procedimiento es uno de los más comunes y puede ser realizado de forma manual, pasando la tierra seca por un tamiz, o mediante el uso de equipos mecánicos (tamices cilíndricos inclinados) (Bozzano Ciavaglia, 2017). Con este procedimiento se logra ajustar la granulometría del material hasta alcanzar los requerimientos necesarios.

- **Disolución.**

Este es el proceso de disolver tierra en agua para obtener una pasta casi líquida conocida como barbotina. La barbotina se utiliza como material base para enlucir paredes de tierra y también para reforzar mezclas que carecen de todas las propiedades necesarias.

2.8.5. Preparación de la superficie para la aplicación de revoques de tierra (paneles).

Cuando se trata de revoques de tierra, se debe tener en cuenta que estos no reaccionan químicamente con el relleno de los muros, por lo que se debe garantizar una buena adherencia física a través de la preparación de la superficie del muro donde se va a aplicar para que cuente con una rugosidad adecuada. Un método efectivo es el humedecimiento del muro hasta que se suaviza, para luego rallarlo vertical, horizontal o diagonalmente (Minke, 2021).



Figura 18: Rayado de la superficie húmeda del muro.

Fuente: Fotografía personal 2025.

La superficie en cuestión debe haber finalizado los tiempos recomendados de secado y asentamiento de los muros para que no continúe el proceso de retracción y no surjan grietas luego de aplicado el revoque. Además, se deben retirar todos los restos de material que queden sueltos para evitar desprendimientos del mortero una vez colocado.

2.8.6. Elementos de agarre.

En algunos casos se hace necesario el uso de elementos que proporcionen el correcto agarre del revoque al muro, como es el caso de las mallas clavadas, aunque estas, al ser de metal, son propensas a la oxidación y las variaciones dimensionales en dependencia de la temperatura, por lo que no son muy recomendables. Las mallas de fibra vegetal, por su parte, no ofrecen mucha tensión, así que tampoco se consideran apropiadas. Se recomienda el uso de mallas sintéticas o de fibra de vidrio, puesto que no son susceptibles a ninguno de los problemas que enfrentan otros materiales y presentan un correcto

comportamiento constructivo. En cualquier caso, estos problemas pueden ser evitados siempre que tanto los materiales del relleno del muro como los utilizados en el revoque hayan sido bien seleccionados (Bozzano Ciavaglia, 2017).

2.8.7. Método de ejecución.

La mezcla del revoque debe aplicarse con fuerza para garantizar una correcta unión con la superficie y entre las partículas del mortero. En caso de tratarse de un revoque cuyo espesor supere los 10 o 15 mm., entonces se deberá aplicar en varias capas para evitar fisuras durante el proceso de secado (Minke, 2005). El revoque grueso siempre se aplica de abajo hacia arriba y el revoque fino de arriba hacia abajo para obtener mejores resultados (Bozzano Ciavaglia, 2017).

Las técnicas para la ejecución de revoques de tierra son variadas y pueden ser utilizadas en dependencia de los efectos y propiedades que se desee obtener. Los métodos van desde la aplicación con las manos, con llanas, lanzado en pequeñas bolas o proyectado con compresores de aire.

2.9. Revoques de Cal.

La cal y la tierra son materiales altamente compatibles, por lo que su uso combinado presenta grandes ventajas en las construcciones de arquitectura tradicional. El mortero de cal posee una buena elasticidad, permeabilidad, plasticidad y trabajabilidad, lo que lo convierte en uno de los aglutinantes minerales más aptos para la construcción de revoques en muros de tradicionales. Además, funciona como un buen aislante térmico y acústico, no permite la aparición de hongos, bacterias ni eflorescencias, no produce gases tóxicos y su textura permite el trabajo en capas finas, con lo que se logran resultados difíciles de igualar por otros materiales.

2.9.1. Tipos de cal.

Los revoques de cal suelen realizarse con cal aérea o hidráulica por su gran resistencia a los esfuerzos mecánicos, permeabilidad, resistencia a la penetración del agua y capacidad de difusión del vapor.

- Cal aérea.

La cal aérea se obtiene mediante la calcinación de piedras calizas o dolomías. Sus propiedades de resistencia a la compresión e impermeabilidad son menores en comparación con la cal hidráulica, pero su pureza es mayor, por lo que es menos frágil y su tiempo de endurecimiento es mayor.

- Cal hidráulica.

La cal hidráulica es el resultado de la mezcla de óxido de calcio, silicatos y aluminatos cálcicos. Se trata de un conglomerante hidráulico, por lo que cuenta con la capacidad de fraguar parcialmente en el agua y completamente en el aire. Su composición le aporta un aumento en la mayoría de las propiedades comparado con la cal aérea, sin embargo, es más frágil debido a una mayor cantidad de impurezas con respecto a esta.

2.9.2. Armazón.

Los revoques de cal no suelen contener fibras, puesto que no se hace necesario en la mayoría de los casos. Sin embargo, al igual que con los revoques de tierra las fibras aumentan la resistencia del mismo. Se pueden emplear los mismos tipos de fibras que con los revoques a base de arcilla.

2.9.3. Aglomerantes, impermeabilizantes y tratamiento químico.

- Caseína.

La caseína aporta una mayor resistencia a la abrasión y reduce la capacidad de absorción de agua del revoque, lo que permite disminuir el efecto de retracción durante el secado, pero también su capacidad de difusión del vapor.

- Sal.

El uso de la sal o alumbre permite a la mezcla mantenerse húmeda por un período de tiempo mayor, lo que optimiza el proceso de curado del revoque, en especial en climas cálidos.

- Puzolana.

La puzolana y el polvo de ladrillo vuelven a mortero de cal resistente al agua, pero, a diferencia del cemento, no lo vuelve más rígido.

- Aceites.

Los aceites, al igual que en los revoques de tierra, aumentan considerablemente la impermeabilidad del material. De todos, el más comúnmente utilizado es el aceite de linaza, aunque este disminuye en gran cuantía la capacidad de difusión del vapor del revoque de cal.

- Cemento.

El uso del cemento en los morteros de cal se limita estrictamente a situaciones donde se requiere impermeabilizar o acelerar los tiempos de fraguado del revoque. La adición de cemento debe ser en cantidades mínimas, debido a que este componente aumenta la adherencia y la resistencia mecánica, pero disminuye la plasticidad y permeabilidad del material.

2.9.4. Preparación de la superficie para la aplicación del revoque de cal.

Las superficies de los muros deben ser tratadas de igual modo que cuando se aplica el revoque de tierra; deben ser humedecidas para posteriormente aplicar una capa muy fina de lechada de cal bien aguada, para que penetre en el muro. Luego de esto se puede proceder a aplicar el revoque y, en caso de ser necesario, se deben utilizar mallas para garantizar la adherencia del material al muro (Minke, 2021).

2.9.5. Método de ejecución.

El revoque de cal debe aplicarse en al menos tres capas que van de más gruesa a más fina. La primera capa debe ser de aproximadamente 3 cm con un contenido mayor arena gruesa. La segunda capa no debe superar el centímetro y medio de grosor, con una cantidad de arena, medianamente tamizada, que duplique la cantidad de cal. Finalmente se aplica una capa muy fina con cal y arena finamente cribada a partes iguales (Bozzano Ciavaglia, 2017).

2.10. Revoques de Cemento.

El revoque de cemento no se considera adecuado para su aplicación en muros de tierra debido a la gran incompatibilidad entre los materiales. El cemento es extremadamente rígido y no resiste a cargas térmicas e higrotérmicas, lo que origina fisuras, grietas y el desprendimiento del mismo. Esto, a su vez, combinado con la impermeabilidad propia del material, provoca que la humedad penetre por las fisuras y se acumule dentro de los muros, lo que acelera su deterioro debido a que no se logra un correcto secado de los mismos. De esta forma, solo se logra perjudicar la integridad de las obras constructivas (Castillo Rodríguez & García Navarro, 2023).

2.11. Tratamientos superficiales.

2.11.1. Alisado y brillado.

Esta técnica se utiliza mayormente para lograr un acabado liso, sin imperfecciones ni irregularidades. Se logra trabajando la capa de revoque fino del muro con una llana de madera, palustre plástico, piedra, palustre metálico o espátula mientras se encuentra todavía húmeda. La presión ejercida en movimientos circulares provoca que se cierren pequeñas fisuras, grietas finas y poros, con lo que se alcanza una terminación lisa y brillante (Minke, 2021).



Figura 19: Alisado de revoque de tierra.

Fuente: (Bozzano Ciavaglia, 2017)

2.11.2. Pinturas.

A continuación, se presentan algunas de las principales variantes de pinturas utilizadas en los muros de tierra:

2.11.3. Lechada de cal pura.

La lechada de cal pura se debe aplicar en tres o cuatro capas, siendo la primera muy líquida para que penetre en la superficie. Se recomienda la adición de sal de cocina a la mezcla para que se mantenga

húmeda por más tiempo y se logre un mejor curado de la cal (Minke, 2021). Se le pueden adicionar aceites vegetales, pigmentos, arcilla y otros aditivos para mejorar sus propiedades o añadir color.

2.11.4. Lechada de cal-caseína.

La lechada de cal con caseína es más resistente al efecto de la limpieza, por lo que es más recomendable su uso en cocinas y otros espacios que requieren de limpiezas frecuentes. El uso de la cal hidráulica en estos casos ofrece mejores resultados.

2.11.5. Lechada de bórax-caseína.

El bórax se puede utilizar en sustitución de la cal hidráulica, debido a que reacciona con la caseína de manera similar a la cal. Se puede añadir un poco de yeso y arcilla para hacer la mezcla más espesa y trabajable.

2.11.6. Pintura incolora de caseína.

Se logra mezclando la caseína con agua y una pequeña cantidad de cal hidráulica. De esta forma se obtiene una pintura transparente o ligeramente blanca que mantiene las propiedades de resistencia al lavado.

2.11.7. Pintura de cola de celulosa.

Se trata de una mezcla de cola de celulosa con polvo de yeso que se utiliza frecuentemente en interiores. No es muy resistente a la limpieza ni a los agentes climáticos, por lo que no se recomienda en exteriores (Minke, 2021).

2.11.8. Pintura de arcilla.

La pintura de arcilla se obtiene con barbotina bien diluida con un alto contenido de arcilla. Se puede mezclar con aceites naturales y otros aditivos para mejorar su resistencia al agua, así como con óxido de hierro para obtener variaciones de colores. Si la mezcla de la pintura a base de arcilla es muy espesa se recomienda agregar arena fina tamizada, polvo de mármol o ceniza para que no surjan fisuras y grietas durante el secado (Bozzano Ciavaglia, 2017).

2.11.9. Jabelga.

Se trata de una mezcla de marmolina y cal bien diluida en agua a la que se le pueden añadir pigmentos. Se recomienda su uso principalmente en muros exteriores, especialmente lo que son revocados en cal.

2.11.10. Emulsión asfáltica.

La emulsión asfáltica ofrece ventajas en cuanto a la protección contra los agentes climáticos, por lo que se recomienda su uso en muros exteriores. Se aplica en dos capas que tienen un acabado negro y gomoso, por lo que se debe proteger con una capa de pintura de cal a base de cola animal y cal hidráulica bien diluida (Minke, 2021).

2.11.11. Mucílago.

El mucílago, como se explicaba anteriormente, puede ser utilizado en el revoque para garantizar una mejor cohesión del mismo. También puede ser aplicado, disuelto en agua, con regularidad sobre la

superficie del muro para lograr un mejor comportamiento del mismo ante la penetración del agua, sin llegar a impermeabilizarlo por completo.

2.12. **Patologías del revoque.**

Esta capa final de revoque puede presentar lesiones que ponen en riesgo la integridad de la construcción, lo que puede ser la causa inicial de grandes problemas estructurales cuando no son reparadas a tiempo. Algunas de las lesiones que se pueden encontrar con mayor frecuencia son la erosión por efecto directo del sol, el viento y la lluvia, el desprendimiento, la pérdida de las capas de pintura, así como las fisuras y grietas.

Tabla 5: Tipos de lesiones y sus características.

Tipología de lesión	Sintomatología	Agente patológico
	Humedad	Presencia de agua en mayor proporción a la normal
Físicas	Humedad capilar	Agua que asciende del suelo
	Humedad por filtración	Agua del exterior que penetra por muros o cubiertas
	Suciedad/pudrición/guadua/madera	Excrementos animales/vegetación/hongo/moho
	Pudrición parda	Presencia de hongos
	Deterioro de materiales	Organismos animales o vegetales
Biológicas	Lesiones erosivas	Presencia de roedores, aves o mamíferos
	Desintegración	Presencia de xilófagos
	Deformaciones	Cargas y sobrecargas
		Asentamiento del suelo
		Humedad
		Vibraciones
	Agrietamientos y fisuras	Esbeltez
		Falta de amarre entre muros
		Dilataciones
	Desprendimientos	Dilataciones
		Retracciones
Mecánicas	Pandeos	Esbeltez de elementos
		Flexiones
	Alabeos	Rotación por esfuerzos horizontales
	Aplastamiento	Infiltración de agua a muros
		Estructuras colindantes en mampostería
	Flechas	Flexión de elementos horizontales, por exceso de cargas verticales

Volcamiento de viguetería en muros	Deficiencias en cimentación
Desplazamiento o desplome de muros	Filtración de agua

Fuente: Elaboración propia (2025).

2.12.1. Desprendimientos.

Los desprendimientos van ligados principalmente a causas como la humedad, ya sea por la capilaridad o por condiciones del ambiente que lo posibilitan; la mala adherencia a la capa gruesa del revoque debido a la incompatibilidad de los materiales (cuando se utilizan materiales inadecuados como el cemento) o la mala aplicación de la mezcla. También puede ser causado por una mezcla inadecuada en sí, con materiales ajenos, de mala calidad o con una pobre técnica de mezclado.



Figura 20: Desprendimiento o descascaramiento.

Fuente: www.clarin.com/arq/construccion/resolver-problemas-revoques.

2.12.2. Fisuras y grietas.

Las fisuras y grietas son causadas principalmente por problemas mecánicos, principalmente por una retracción de la mezcla, producto de una mala aplicación de la mezcla, un mal resano o del uso de materiales incompatibles con el barro como el cemento. También puede deberse a un asentamiento de los muros, en cuyo caso las grietas pueden abarcar capas más profundas del revoque y ser el motivo de humedades en el interior del muro (García Villar G. , 2023).



Figura 21: Fisuración y agrietamiento.

Fuente: www.clarin.com/arq/construccion/resolver-problemas-revoques.

2.12.3. Daños en la capa de pintura.

La pintura, por su parte, se va desconchando, la mayoría de ocasiones debido a humedades interiores o exteriores, o a una mala adherencia de la pintura con la superficie del muro.

2.13. Posibles soluciones.

Como bien refiere Andrea Henneberg en su trabajo “Lesiones que sufren los muros de bahareque. Propuestas para su reparación.”, una posible solución para reparar y evitar este tipo de lesiones sería garantizar la compatibilidad de los componentes del muro con los materiales a utilizar en el revestimiento de los mismos, tanto en su capa base como en su capa final. Es importante tener en cuenta la rugosidad de la capa base para permitir una mayor adherencia de la capa final.

La mezcla de la capa final de revoque puede variar en dependencia de los requerimientos y la disponibilidad de materiales; la autora recomienda una mezcla a base de arcilla, arena blanca, cal, agua y un poco de cemento, aunque también refiere que se han utilizado mezclas con base de marmolina, cal y cemento con aditivo hidrófugo, lo cual le añade una capa de protección ante la humedad y las lluvias. Cabe destacar la necesidad de un buen curado para garantizar una buena terminación y un buen desempeño de las propiedades de la mezcla, así como la aplicación de una pintura compatible con la estructura, como puede ser una lechada de cal o pintura de caucho de tercera calidad (Henneberg A. , 2007).

Resulta necesario, pues, poseer un conocimiento adecuado sobre la temática que se aborda, para lograr así acometer acciones tempranas que reparen o eviten daños en la capa final de revoque. También para estar en condiciones proponer nuevas soluciones a estas problemáticas, con el objetivo de mejorar la calidad de las edificaciones con arquitectura de tierra y de sus habitantes.

Tabla 6: Métodos de Revoques Utilizados en el mundo.

Región	Material principal	Aditivos comunes	Armazones comunes	Método de ejecución	Tiempo de ejecución	Observaciones
América Latina	Barro y cal	Cal, caseína, estiércol y aceites naturales	Fibras vegetales (paja)	Manual y mecánico	2-3 días por capa	Fuerte influencia de las técnicas europeas en las zonas colonizadas.
Asia Central	Barro	Cal, estiércol y suero de leche	Fibras vegetales (paja) y estiércol	Manual, con herramientas simples	1-2 días por capa	Técnicas milenarias con influencia persa. Uso del adobe como elemento constructivo principal.
Australia y Oceanía	Barro	Resinas naturales y sangre animal	Fibras vegetales (paja)	Manual, con herramientas simples	1-2 días por capa	Uso muy limitado en comparación con otras regiones. Solo se conservan algunas técnicas tradicionales de los pueblos aborígenes.
Oriente Medio	Barro	Cal, estiércol y caseína	Fibras vegetales (paja)	Manual, con herramientas simples	2-3 días por capa	Fuerte influencia islámica en la decoración del revoque. Uso frecuente del yeso y el estuco en el revoque.
África Subsahariana	Barro y estiércol	Suero de leche, sangre animal y orina	Fibras vegetales (paja) y estiércol	Manual, con herramientas simples	1-2 días por capa	Variedad de técnicas según etnia. Los revoques a menudo están pigmentados con arcillas de color.
Europa	Barro y cal	Cal, caseína, aceites	Fibras vegetales (paja)	Manual y mecánico	2-3 días por capa	Fuerte tradición de construcción con tierra en algunos

naturales
y yeso

países (España,
Francia, Alemania).

Fuente: Elaboración propia (2025).

2.14. Análisis de casos de estudio

En la actualidad, las técnicas actuales demuestran que, con el tratamiento adecuado, los muros de tierra son una opción perdurable y estéticamente atractiva, sin dejar de lado los demás beneficios económicos y ambientales previamente analizados. Esto permite que problemas como la disgregación de la capa final de revoque puedan ser correctamente tratados, y la arquitectura de tierra se aleje del estigma de pobreza con que ha cargado por muchos años.

A continuación, se presentan tres casos de estudio de carácter nacional e internacional con el objetivo de analizar sus características constructivas, mismas que se encuentran dentro del abanico de técnicas tradicionales de arquitectura de tierra. El fin de dicho análisis es determinar y valorar las variantes que utilizan estos ejemplos en su capa final de revoque.

2.14.1 Casa de Tierra.

“Casa de Tierra” es un proyecto de vivienda construido en el año 2022, a cargo de la arquitecta española Lara Fuster Prieto. Nace de la necesidad de crear viviendas confortables en un contexto rural que atraigan nuevos inquilinos, como parte de un programa para devolver la vida y rejuvenecer los poblados que en su momento quedaron casi vacíos debido al éxodo masivo de sus habitantes hacia zonas urbanas.



Figura 22: Casa de tierra.

Fuente: (Prieto, 2023).

2.14.1.1. Ubicación.

El proyecto se ubica en el poblado de Boardilla de Rioseco, en la llanura árida de la meseta castellanoleonesa, España; una locación con un clima seco y extremo y poco más de cien habitantes (Prieto, 2023).

- Materiales.

La tradición popular de la zona dicta una arquitectura basada en ladrillos de adobe, ladrillos de barro cocido, baldosas, tejas y madera, ya que estos son prácticamente los únicos materiales de fácil acceso en la localidad. Esta semejanza entre las construcciones existentes, así como la facilidad de obtención, maleabilidad y el bajo impacto ambiental, fueron el motivo principal de que se escogiera la tierra, en su variante de adobe, como material principal para la nueva vivienda (Prieto, 2023).

El ladrillo de adobe es un elemento que se relaciona directamente con la identidad cultural de la localidad, aunque es escasamente visto en obras de nueva factura. Sus características permiten el confort térmico esperado dentro de la vivienda y, en conjunto con el resto de materiales utilizados (madera, vidrio y tejas de barro), una integración total con el paisaje (Prieto, 2023).



Figura 23: Vistas interiores 1.

Fuente: (Prieto, 2023).

2.14.1.2. Sistema constructivo.

La vivienda se conforma por muros de carga exteriores de 40cm de grosor, compuestos de adobe con dimensiones de 33x15x10 cm. En el interior se ubican tres pilares de madera que conforman los pórticos que soportan el peso de la cubierta a dos aguas. La cubierta en sí está compuesta por tres capas: una interior de madera que aporta atractivo visual; una segunda capa de corcho que funciona como aislante térmico y una última capa de tejas de barro cocido que dan el acabado final a la obra. Los muros exteriores se encuentran igualmente cubiertos en su cara exterior con una capa de ocho centímetros de corcho, que, de igual modo que en la cubierta, funciona como aislante térmico (Prieto, 2023).

Este proyecto cuenta con una calificación energética de grado A. No necesita sistemas de refrigeración artificial, debido a que la inercia térmica de los muros y su sistema de aislamiento permiten que el interior de la vivienda se mantenga en una media de 20°C a 24°C, aun cuando en el exterior las temperaturas pueden estar hasta 20 grados por encima. En invierno, a causa del clima extremo de la localidad, sí se requiere de un sistema de calefacción, mismo que se compone de chimeneas subterráneas que calientan el suelo de la estancia; un sistema muy similar al de las glorias, utilizado tradicionalmente en el poblado (Prieto, 2023).



Figura 24: Vista interiores 2.

Fuente: (Prieto, 2023).

2.14.1.3. Estudio de la forma.

La casa se muestra como un volumen íntegro, con un interior diáfano, compuesto por paneles de madera ligera vista que dan forma a las habitaciones indispensables; en su parte superior, por otro lado, se constituyen de planchas de policarbonato, dotando el espacio de mayor ligereza y luminosidad. La carpintería está fabricada en su totalidad de madera, a juego con el resto de elementos que conforman la construcción, aportando calidez al entorno. Los muros de adobe interiores, por su parte, se mantienen vistos, excepto en los locales destinados a actividades húmedas, lo que agrega naturalidad y honestidad a la vivienda.

La estancia se esfuerza en asemejarse a su entorno en su fachada norte, de cara a la calle, donde se hallan oberturas de pequeñas dimensiones, similares a las de las construcciones aledañas. En su fachada sur, sin embargo, el espacio se abre a un amplio patio con grandes ventanas que dan paso a los rayos solares dentro de la vivienda, especialmente en la estación invernal; en el verano, por otra parte, la entrada de luz solar y el aumento de temperatura que trae consigo pueden ser impedidos por las persianas de madera que se despliegan en las ventanas.

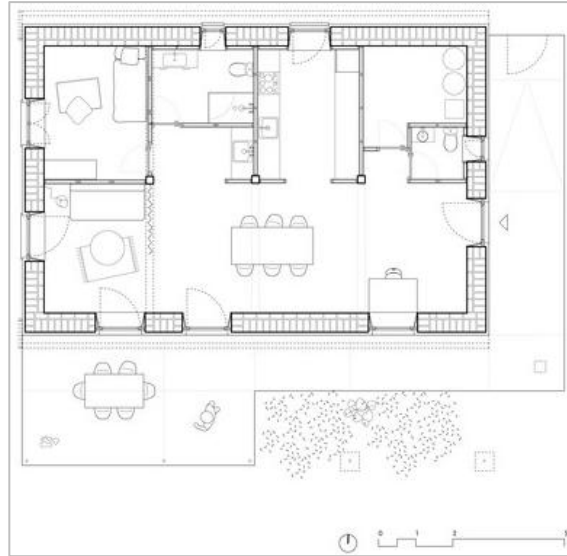


Figura 25: Planta arquitectónica.

Fuente: (Prieto, 2023).

2.14.1.4. Capa final de revoque.

“Casa de Tierra” se caracteriza por el uso en su exterior de un revoque compuesto a base de cal y paja, lo cual, en palabras de la propia arquitecta, “a diferencia del cemento, tiene unas propiedades de transpirabilidad y absorción parecidas a la tierra, aportando una resistencia idónea para paredes exteriores” (Prieto, 2023).

La elección de la cal resulta acertada debido a sus propiedades; le provee de impermeabilización, aislamiento térmico, acústico, protección contra hongos y bacterias, además de garantizar una correcta adhesión al muro y permitir la transpiración del mismo. Su combinación con la paja, una fibra natural, le aporta una resistencia extra que lo convierte en una opción perfecta para el exterior de la vivienda teniendo en cuenta el clima de la locación.



Figura 26: Vista exterior.

Fuente: (Prieto, 2023).

2.14.2. Casa experimental de tapial.

Este proyecto, concebido en el año 2020, fue diseñado por el Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser, abarcando un área de 121 m² (Casa experimental de Tapial , 2025).



Figura 27: Casa Experimental de Tapial.

Fuente: (Casa experimental de Tapial , 2025)

2.14.1.5. Ubicación.

La vivienda intervenida se ubica en la región de San Lorenzo, Bolivia, en una parcela ortogonal rodeada por un bosque de eucalipto que formaba parte de un terreno sembrado de maíz (Casa experimental de Tapial , 2025).

2.14.1.6. Materiales.

Los materiales que dieron forma a este proyecto se resumen a la tierra, utilizada para la construcción de los muros portantes, el hormigón, la madera y el vidrio. El empleo de estos materiales con honestidad hace que la vivienda se integre al entorno, y armonice con el contexto, sin negar sus orígenes rurales y causando el mínimo impacto ambiental y económico.

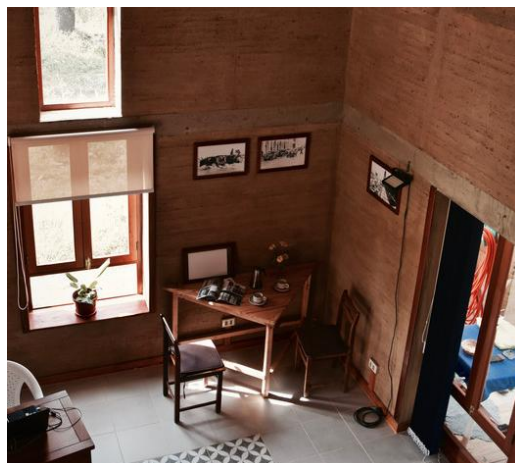


Figura 28: Vista interior.

Fuente: (Casa experimental de Tapial , 2025).

2.14.1.7. Sistemática constructiva.

La casa se eleva sobre una cimentación corrida de hormigón lo cual aísla los muros de la humedad natural del suelo. Aunque posee un único nivel, la vivienda cuenta con una doble altura en su nave central para facilitar la construcción de la cubierta, alcanzar un mayor puntal y ofrecer un interior más amplio a los habitantes. Esta doble altura se alcanza con un sobrecimiento que divide ambos niveles, logrando una mayor estabilidad y esbeltez de los muros de tapial, a la vez que funciona como dintel para los vanos de la (Casa experimental de Tapial , 2025).

Los muros portantes están contruidos mediante la técnica tradicional del tapial, dejados a vista (excepto en las habitaciones húmedas), y con un grosor de 36 cm, mientras que el interior se subdivide a través del mobiliario y unos pocos paneles de madera que limitan los espacios de aseo. La carpintería de madera y vidrio ofrece una conexión natural con el exterior a la vez que armoniza con la materialidad de los muros.



Figura 29: Muros interiores.

Fuente: (Casa experimental de Tapial , 2025).

La cubierta a dos aguas está construida con técnicas tradicionales; una estructura portante de vigas de madera de eucalipto que sostienen un recubrimiento de tierra y caña con un acabado de teja cocida. En el interior la cubierta está revestida con una capa impermeabilizante que evita la intrusión del agua en la vivienda.

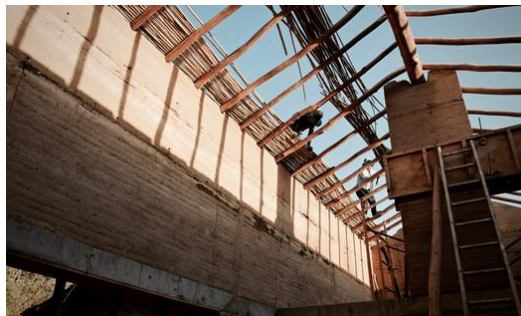


Figura 30: Construcción de la cubierta.

Fuente: (Casa experimental de Tapial , 2025).

2.14.1.8. Estudio de la forma.

La casa se orienta de norte a sur, dando paso a la iluminación y ventilación naturales a través de las ventanas ubicadas en las fachadas este y oeste. La vivienda se muestra con un volumen simple y compacto en forma de "T", el cual se subdivide para dar cabida a las habitaciones estrictamente necesarias, lo cual deja un interior amplio, sin sobrecarga, y que combinado con la doble altura de la nave central crea la ilusión de un espacio mayor. La estancia se rodea de un sistema de galerías y patios que aportan la necesaria sombra, además de servir como nexo entre el interior y el exterior de la vivienda.

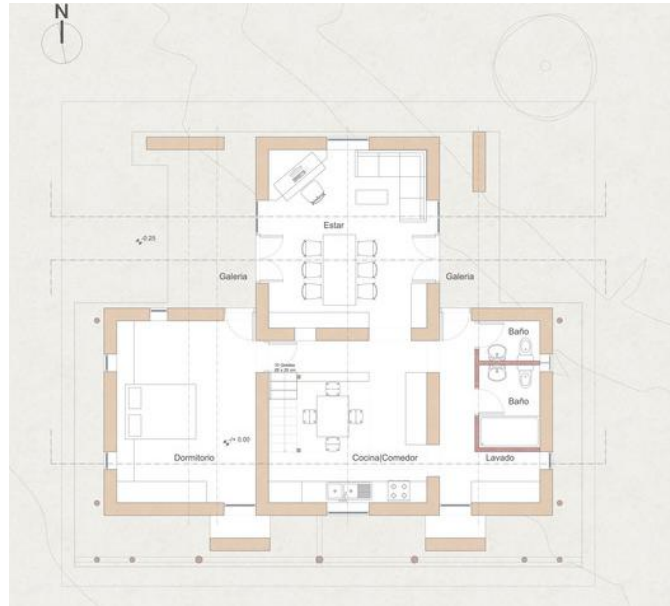


Figura 31: Planta arquitectónica.

Fuente: (Casa experimental de Tapial , 2025).

2.14.1.9. Capa final de revoque.

Los arquitectos de este proyecto alegan que no fue necesario ningún tratamiento especial en los muros fabricados con tapial, por lo que fueron presentados tal cual, a excepción de las zonas húmedas, donde fueron recubiertos por baldosas. Solo en las regiones dañadas, producto de la manipulación y los procesos de construcción y desencofrado, se realizó un tratamiento que consistía en rellenar las grietas nuevamente con tierra y aplicar productos naturales como la caseína y la cera, obteniendo una superficie resistente a la abrasión (Casa experimental de Tapial , 2025). Se trata de un ejemplo de que, en las condiciones correctas, no siempre es necesario aplicar productos extras para evitar los daños en la capa final de revoque.

2.14.3. Casa Kaizen.

Se trata de un proyecto de vivienda construido en el año 2021, abarcando un espacio total de 288 m² ("Casa Kaizen / Rama Estudio" , 2022). Fue diseñado por Rama Estudio, una oficina radicada en Ecuador que se enfoca principalmente en la construcción con métodos tradicionales, especialmente la tierra, a la vez que experimentan con nuevos materiales y reinterpretaciones de los mismos.



Figura 32: Casa Kaizen.

Fuente: ("*Casa Kaizen / Rama Estudio*", 2022).

2.14.3.1. Ubicación.

La casa se encuentra ubicada en la región de Tumbaco, Ecuador, en un pequeño bosque de algarrobos que ofrece vistas preciosas. De ahí que el proyecto nazca con la intención de causar un mínimo impacto en el contexto, integrándose a él y garantizando así su preservación.

2.14.3.2. Materiales.

El proyecto apuesta por materiales naturales como la tierra, la caña y la madera, utilizando el hormigón solo para los cimientos, y el cristal como elemento de cierre.

La tierra en los paneles de cierre no solo aporta una estética de naturalidad, sino que ayuda a mejorar el confort térmico y acústico dentro de la estancia. La madera es utilizada en toda la carpintería, mobiliario y elementos constructivos, incluyendo vigas, columnas y entrepisos; esto brinda un sentido de unidad a la edificación, al tiempo que la integra en el contexto. El cristal, por su parte, es utilizado con la doble intención de un elemento de cierre y un elemento de unión entre el interior y el exterior de la vivienda; permite el paso de la luz natural y los juegos de sombra creados por la vegetación aledaña.



Figura 33: Vista interior 1.

Fuente: ("*Casa Kaizen / Rama Estudio*", 2022).

2.14.3.3. Sistema constructivo.

La casa se emplaza en un terreno ligeramente inclinado por lo que se eleva sobre una cimentación de hormigón y pilotes de acero. Se halla rodeada de un sistema de balcones, galerías y terrazas que se integran completamente con el medio circundante por su materialidad y el uso que hace de la propia vegetación del bosque como parte de la edificación.

El sistema constructivo es completamente esquelético, de madera laminada con elementos rigidizadores metálicos ("Casa Kaizen / Rama Estudio" , 2022), mientras que los muros de tierra, fabricados con la técnica del bahareque, funcionan como paneles de cierre exteriores no portantes.



Figura 34: Vista interior 2.

Fuente: ("Casa Kaizen / Rama Estudio" , 2022).

2.14.3.4. Estudio de la forma.

El volumen se plantea como un único bloque de madera y tierra, con grandes vanos de cristal que le aportan ligereza. El interior es diáfano y minimalista dejando como protagonista el paisaje exterior, por lo que la circulación dentro de la vivienda se torna sencilla, casi como un paseo por el bosque. La casa se articula en dos alas, una pública y otra privada, articuladas mediante una terraza de madera que utiliza uno de los algarrobos como elemento central, incluyéndolo dentro del espacio.



Figura 35: Vista interior 3.

Fuente: ("Casa Kaizen / Rama Estudio" , 2022).

2.14.3.5. Capa final de revoque.

Los muros de bahareque están contruidos con el método tradicional: un panel de madera con un entramado de bambú que luego es relleno con tierra del propio emplazamiento. Debido al sistema estructural de la vivienda, los muros de bahareque no soportan cargas, solo cumplen la función de muros de cierre, lo que evita que puedan sufrir daños debido a estos esfuerzos, como fisuras y grietas; esto, además, propicia que sea muy fácil su reparación y reemplazo en caso de ser necesario.

Lo innovador en este proyecto es que la capa final de revoque está realizada con una mezcla de tierra, cemento y cal ("Casa Kaizen / Rama Estudio" , 2022); esta combinación ofrece protección al muro contra la humedad y las inclemencias de tiempo, a la vez que permite un acabado más fino. La cal y el cemento combinados aportan firmeza y resistencia mecánica al muro. Además, ofrecen todos los beneficios de la cal reforzados por la dureza del cemento: una correcta impermeabilización, adherencia, transpirabilidad y protección contra las variables meteorológicas.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLOGICO

En el proyecto de investigación que se desarrolla en esta oportunidad denominado Revoque de tierra, resistente a la disgregación de sus partículas finas, cuyo objetivo principal es hallar una solución para el acabado de la capa final del revoque, empleando las técnicas tradicionales y adicionando algunos aglomerantes que ayuden a que esta capa sea resistente a la disgregación, tomando en consideración materiales y técnicas propias de la provincia Cañar de Ecuador, se propone el siguiente planteamiento metodológico.

3.1. Tipo de investigación.

Este estudio se considera de tipo experimental explicativa, busca optimizar la cohesión de los materiales que componen la mezcla para mejorar el comportamiento del revoque ante los agentes externos que intervienen en la disgregación de la mezcla mediante pruebas y ensayos de laboratorio siguiendo rigurosamente los métodos y procedimientos técnicos establecidos para ello.

3.2. Enfoque de la investigación.

El estudio está enfocado a lograr variaciones de tipo cuantitativo por medio de los ensayos de resistencia a la abrasión, ensayos a la tracción o capacidad de cohesión superficial y fisuración por variaciones de humedad en los diferentes tipos de mezclas.

3.3. Nivel de la investigación.

El estudio es de carácter descriptivo, ya que se basa en los resultados de ensayos realizados en laboratorio. Estos ensayos permiten obtener valores y características determinantes para las variables de estudio, que pueden compararse analíticamente entre sí y resaltar las propiedades más significativas de cada una de las mezclas utilizadas.

3.4. Variables Intervinientes.

- Variables independientes: tipos de aditivos, o material aglomerante para mejorar la cohesión, cal, Baba de nopal, Paja de monte, Barro (material seleccionado más agua).
- Variable dependiente: propiedades de la mezcla (resistencia) a la disgregación o la abrasión; capacidad de cohesión superficial o ensayo de tracción, fisuración por retracción y la capacidad de la mezcla a los esfuerzos de compresión.

Tabla 7: Matriz operacional de variables.

Variables	Definición conceptual	Instrumento de medición
Dependiente(s).		
Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla	Resistencia a la abrasión.	Índice de abrasión % de pérdida de masa (% gr.), balanza.
	Resistencia a la compresión	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²), prensa hidráulica.
	Resistencia a la tracción	Esfuerzo a la tracción (kg/cm ²), prensa Hidráulica.
	fisuración por retracción	Índice de retracción (balanza)
Independiente(s)		
Cal	La cal es un material que con más frecuencia se utiliza para el tratamiento de los revoques gracias a sus propiedades hidrófugas y su permeabilidad	Kilogramos(kg)
% Paja de origen industrial	Las fibras a base de polipropileno, elástica y su baja posibilidad de deterioro. Se recomienda utilizar fibras que no sean demasiado resistentes, como las fibras de vidrio, ya que su capacidad de cohesión con el material es muy baja.	Kilogramos(kg)
% Fibra Natural (Baba de Nopal)	La "baba de nopal", también llamada mucílago de nopal, es una sustancia gelatinosa que se encuentra en las pencas del nopal. Es conocida por sus propiedades hidratantes, se ha utilizado en la construcción.	Kilogramos(kg)
Controlada(s)	Control voluntario de condiciones de Temperatura, % de humedad y tiempo de ensayo.	Temperatura (°C, % lts., horas)
Propiedades exteriores de materiales /mezclas	Cantidades de Materiales necesarios para las mezclas (arcilla, material granular, agua)	Grs.

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.5. Población y muestra.

La población está definida por las mezclas de revoques de tierra preparadas con diferentes proporciones de aditivos y aplicadas de maneras controladas.

Las muestras se definirán en función de los diferentes ensayos considerados de acuerdo a lo establecido por las normativas técnicas correspondiente para cada ensayo, constituidas por probetas para cada tipo de mezclas en total 7 mezclas, se considerarán 5 probetas por cada mezcla y se someterán a ensayos esfuerzos de resistencia a la compresión. Para un total de 35 muestras.

Cada una de estas mezclas serán observadas y evaluadas en paneles de pruebas uno por cada mezcla de revoque para un total de 7 piezas, uno correspondiente a la muestra de mezcla patrón o mezcla de comparación y el restante a las diferentes mezclas a considerar.

3.6. Procedimiento metodológico.

3.6.1. Selección de Materiales.

- Tierra arcillosa (material fino): seleccionar el tipo de material a utilizar preferiblemente la que usualmente utilizan los lugareños, generalmente es arcilla que tiene suficiente material fino que garantice cohesión y plasticidad al mezclarla es necesario hacer pasar por un tamiz suficientemente pequeño que el pasante corresponda a los finos pasante de la malla # 200.

- Arena (material grueso): Selecciona arena bien graduada para mejorar la estructura y la trabajabilidad del revoque proveniente del mismo saque o préstamo utilizados por los lugareños.

- Fibras Naturales: Paja de monte, Fibra de cabello humano, Cabuya, Baba de nopal y Linaza para mejorar la resistencia a la fisuración.

- Estabilizadores: de uso común y de tipo naturales como la cal para incrementar la durabilidad de las mezclas.

- Agua Potable o en su defecto agua en condiciones limpias.

3.6.2. Ensayos preliminares realizadas al material seleccionado(tierra).

Ensayos de campo (método empírico), o tradicional producto de la experiencia de los lugareños

Los ensayos a acometer ayudan a determinar los parámetros de plasticidad, cohesión, resistencia y retracción de un suelo determinado, estas pruebas, sencillas de efectuar y que no requieren de instrumental de laboratorio, son suficientes a la hora de caracterizar una tierra y determinar sus posibilidades de uso como material de construcción. Actividad química: ensayo de olor, a través de este análisis se obtienen datos acerca de las propiedades químicas de la materia de estudio.

El momento de extracción del material es en el que más olor posee. Humedecerla, ayuda a determinar la presencia de sus componentes: olor a cueva, a arcilla, a moho; este último olor determina un suelo de tipo orgánico, debe poseer un olor a limpio, a campo, a tierra en estado puro, lo que denota la ausencia de elementos orgánicos en su composición.

Examen visual: Los diferentes constituyentes de un material pueden ser observados en un primer momento a simple vista, siendo el ojo capaz de diferenciar las partículas de mayor tamaño hasta aquellas de 0,08 milímetros. Los granos de limo y arcilla no son apreciables a simple vista. Por otro lado, la

coloración de una tierra es un indicador del tipo de suelo donde ésta se halla; de esta manera, un suelo inorgánico posee una coloración clara y brillante, mientras que las tonalidades oscuras son propias de los suelos orgánicos.

Tacto: La textura de una porción de tierra puede ayudar a establecer de manera rápida las partículas que la componen. Para ello, se deposita una muestra del material en la palma de la mano y se frota con los dedos, si la mayoría de sus componentes se muestran rugosos o granulares al tacto, indica la presencia de arena; si sus partículas son rugosas igualmente, pero en menor medida, indica la presencia de limos, finalmente, si la muestra ofrece resistencia a la molienda, expresa la abundancia de arcilla.

En la realización del ensayo del tacto, la tierra se presenta al tacto rugosa y rasposa en un primer momento, pudiendo poco a poco aplastar los gránulos que se deshacen fácilmente en la mano y va adquiriendo una textura fina y suave. al presionarla entre los dedos produce un chirrido arenoso. En seco, el material terroso de estudio deja un rastro de polvo al sacarla de la mano que se elimina con bastante facilidad sacudiendo las mismas. Estos datos son indicadores de la presencia de arenas o limo en la muestra de estudio.

Ensayos en laboratorio (método científico).se rigen por procedimiento estandarizado y establecidos de acuerdo a la normativa técnica vigente.

3.6.2.1. Granulometría.

El ensayo de granulometría según la norma ASTM C136-2014, también conocido como análisis granulométrico por tamizado, es un método para determinar la distribución del tamaño de las partículas en una muestra de suelo (Técnica para caracterizar y clasificar los suelos). Este método se utiliza para clasificar los suelos conocer sus propiedades y aportar datos sustantivos para determinar la relación de porosidad compactación de las mezclas (Método de comprobación / gráfica).

- Herramientas y equipos.

- Tamices N° 4,10, 30,40, 60, 100, 200.
- Balanza.
- Recipientes.
- Horno.
- 500 g de muestra de suelo.
- Tamizadora.

- Procedimiento.

1. Secar durante 24 horas y Homogenizar (distribuir por cuarteo la muestra total seca).
2. Colocar la muestra seca seleccionada del cuarteo, se procede a tomar la medida de peso y se coloca en los tamices ordenados desde la mayor a la menor apertura.
3. Tamizar durante 10 minutos.
4. Pesar el contenido de cada tamiz.
5. Establecer la relación con el total inicial.
6. Elaboración de la Curva Granulométrica.

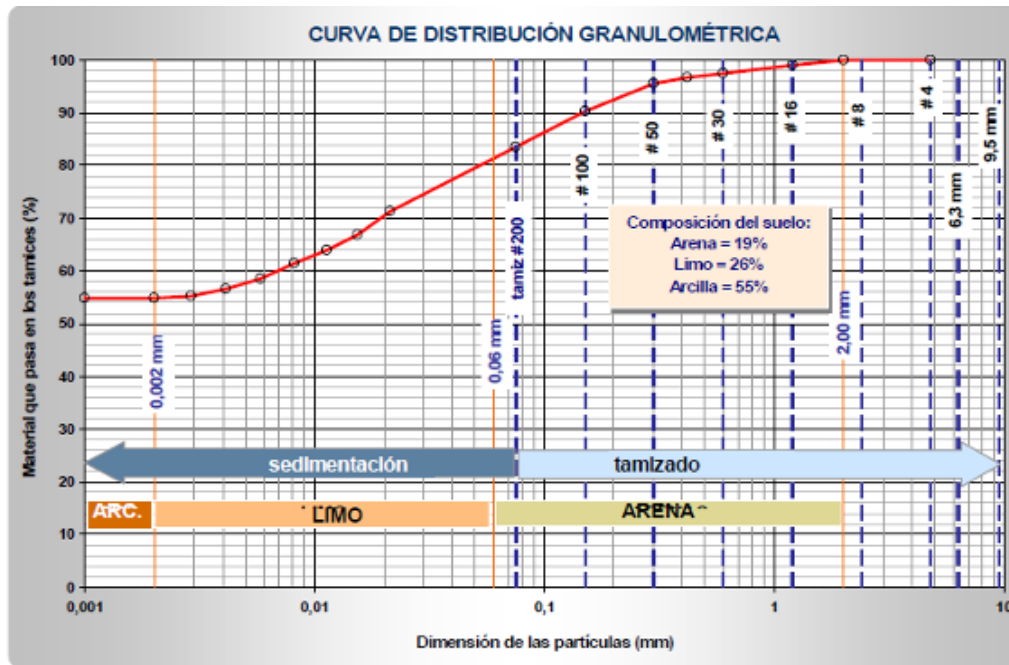


Figura 36: Curva Granulométrica.

Fuente: (Galarza Viera, 2020).

3.6.2.2. Límites de consistencia o Atterberg.

- **Límite Líquido.**

El ensayo de límite líquido, según la norma ASTM C136-2014, se utiliza para determinar el contenido de agua en el que un suelo pasa de un estado semilíquido a plástico. Este contenido de agua se define como el límite líquido, y se determina mediante la prueba de la cuchara de Casagrande. En este ensayo, una muestra de suelo se coloca en la cuchara y se somete a golpes hasta que un surco de 12.7 mm. de ancho se cierra en una distancia de 12.7 mm. después de 25 golpes.

- Herramientas y equipos.
- Casagrande.
- Balanza.
- 50 a 70 g de muestra de suelo.
- Horno.
- Recipientes.
- Espátula.
- Tamiz № 40.
- Agua.

- **Procedimiento.**

1. Tamizar la muestra en la malla de 0,4 mm. (№ 40)
2. Mezclar la muestra con agua hasta obtener una consistencia pastosa
3. Colocar la mezcla en la copa de Casagrande y separar con el ranurador en dos partes

4. Girar la manilla a una velocidad de 2 ciclos y contar la cantidad de golpes entre 15 y 40 golpes la ranura debe cerrarse.

5. Tomar una muestra de 5 cm³ del centro y pesar la muestra para posteriormente ponerla a secar durante 24 horas

6. Pesarse la muestra y determinar su contenido de humedad.

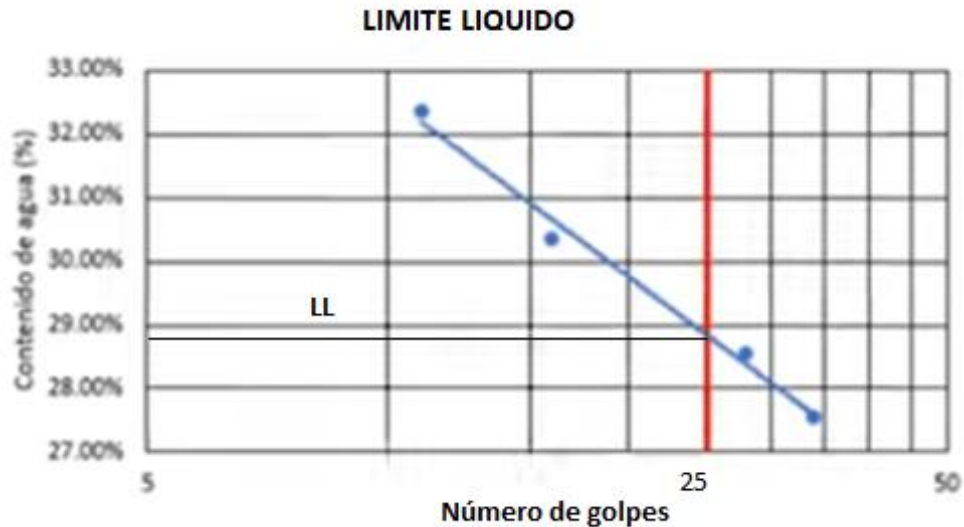


Figura 37: Límite líquido.

Fuente: (Galarza Viera, 2020).

- **Límite Plástico.**

El límite plástico, según la norma ASTM C136-2014, se determina mediante un ensayo que busca encontrar el contenido de humedad en el que una muestra de suelo fino ya no puede ser moldeada en forma de cilindros de 3.2 mm. de diámetro sin que se agriete o se desmorone. Permite determinar el punto en el que un suelo cambia de estado plástico a semisólido.

- Herramientas y equipos.

- Muestra de suelo.
- Recipientes.
- Agua.
- Horno.
- Balanza.

- **Procedimiento.**

1. Tomar la muestra de suelo y moldearla en pequeños rollos de 3mm. hasta que se desmoronen.
2. De esta mezcla extraer entre 5 a 6 g colocar en los recipientes y pesar.
3. Dejar secar durante 24 horas para posteriormente pesar. Repetir el ensayo tres veces
5. Calcular el contenido de humedad de las muestras y obtener el valor promedio de estas para definir el límite plástico.

3.6.2.3. Compactación.

El ensayo de compactación en laboratorio Norma ASTM D698-12(2021), como el ensayo Proctor, determina la relación entre la humedad y la densidad seca de un suelo bajo condiciones controladas. Este ensayo es fundamental para la construcción, ya que ayuda a definir la humedad óptima para lograr la máxima densidad en el suelo, lo cual es crucial para la estabilidad y capacidad de soporte de estructuras como carreteras o terraplenes.

El ensayo Proctor, tanto estándar como modificado, involucra compactar una muestra de suelo en un molde específico, aplicando una energía de compactación controlada. Se realizan múltiples ensayos con diferentes contenidos de humedad para generar una curva de compactación, que muestra la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad. El punto máximo de esta curva indica la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo para ese suelo y energía de compactación.

- Herramientas y equipos.
 - Molde de 4”.
 - Molde de 6”.
 - Apisonadora manual.
 - Apisonadora mecánica de superficie circular.
 - Apisonadora mecánica de superficie segmentada.
 - Extrusora de muestra (opcional).
 - Balanza.
 - Horno de secado.
 - Regla.
 - Tamices.
 - Herramientas de mezclado.

- Procedimiento.

1. Compactar el material en tres capas, cada capa debe tener aproximadamente el mismo grosor y extenderse hacia el cuello. Antes de la compactación, la tierra suelta debe colocarse en el encofrado y extenderse hasta alcanzar un espesor uniforme. Antes de compactar, aplane ligeramente la mezcla hasta que deje de estar esponjosa o suelta. Para ello se utiliza un apisonador manual o un cilindro de 506 mm. (26 pulgadas) de diámetro, con 25 golpes para 101,6 mm. (4 pulgadas) y 56 golpes para 152,4 mm. (6 pulgadas) para compactar cada capa. Los apisonadores manuales deben utilizarse para las pruebas de control.

2. Después de compactar cada una de las dos primeras capas, recorte el material que no se haya compactado, como la tierra adyacente a las paredes del encofrado o que sobresalga por encima de la superficie compactada (por encima de las paredes del encofrado). El material recortado debe desecharse. Se puede utilizar un cuchillo u otro implemento adecuado. La cantidad total de muestra utilizada debe ser tal que la tercera capa compactada sobresalga ligeramente hacia el cuello, pero no más de aproximadamente 6 mm. (1/4 de pulgada) por encima del borde superior del encofrado. Si la tercera capa

sobresale por encima de este límite, deberá descartarse el punto de compactación. Del mismo modo, si la parte inferior del pisón se extiende por debajo de la parte superior del molde de compactación en la última carrera del pisón para la tercera capa, el punto de compactación debe descartarse a menos que el suelo sea lo suficientemente flexible como para que esta superficie pueda empujarse fácilmente fuera de la parte superior del molde de compactación durante el corte del suelo.

Cuando use la apisonadora manual, tenga cuidado de no levantar el manguito guía durante el recorrido ascendente de la apisonadora. Sostenga el manguito guía de forma estable y a 5° de la posición vertical. Aplique los golpes a una velocidad uniforme de aproximadamente 25 golpes por minuto y de tal manera que proporcionen una cobertura uniforme y completa de la superficie del espécimen.

3. Después de apretar la última capa, retire el cuello y la placa base del molde. Corte el material adyacente al collar con un cuchillo y afloje la tierra del collar antes de retirarlo para evitar perturbar la muestra bajo la superficie superior del molde. También deben girarse antes de retirarlos para evitar o reducir que la mezcla se adhiera al cuello y a la placa base.

4. Corte con cuidado la probeta comprimida hasta el borde superior del molde. Al hacerlo, utilice una regla para cortar toda la superficie superior del molde, de modo que ésta quede plana. Si se corta primero la muestra por encima de la parte superior del molde con un cuchillo, se evita que la probeta se rompa por debajo de la parte superior del molde. Las imperfecciones en la superficie superior deben rellenarse con tierra no utilizada o cortada del espécimen, sujeta con un dedo y, a continuación, toda la superficie superior del molde debe cortarse de nuevo con una regla. Si hay partículas del tamaño de la grava, corte alrededor de ellas o retire las partículas, lo que resulte más fácil y reduzca la perturbación del suelo compactado. Rellene los agujeros restantes como se ha indicado anteriormente, ya que el volumen estimado de las partículas en la superficie del suelo compactado debe ser igual al volumen estimado del agujero en la superficie del suelo compactado. Una vez determinado el volumen del encofrado sin placa base, repita el proceso anterior según corresponda en la base de la probeta.

5. En suelos muy húmedos o muy secos, es posible que se pierda tierra y agua al retirar la placa base. En estos casos, deje la placa base unida al molde. Si se deja la placa base fijada, la calibración del volumen del molde debe realizarse con la placa base fijada al molde en lugar de la placa de plástico o vidrio.

6. Determine y registre la masa de la muestra y del molde en gramos. Si se deja fijada la placa de base, determine y anote la masa de la muestra, del molde y de la placa de base en gramos. Retire la muestra del molde. Obtener una muestra del contenido de humedad del molde utilizando una muestra completa (método preferido) o una sección representativa. Si se utiliza una muestra completa, rómpala para facilitar el secado. De lo contrario, tome porciones representativas de las tres capas y retire suficiente material del espécimen para informar de un contenido de humedad del 0,1%.

7. Curva de compactación: trazar los valores del peso unitario seco y del contenido de humedad compactada, incluida la curva de saturación, y dibujar la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos. Para cada punto de la curva de compactación, calcular, registrar y trazar el peso unitario seco en unidades de 0,1 lbf/ft³ (0,02 kN/m³) y el contenido de humedad compactada en unidades

de 0,1 %. Determinar los resultados de compactación a partir de las curvas de compactación: contenido de humedad óptimo más cercano al 0,1 % y peso unitario seco máximo más cercano a 0,02 kN/m³ (0,1 lbf ft³).

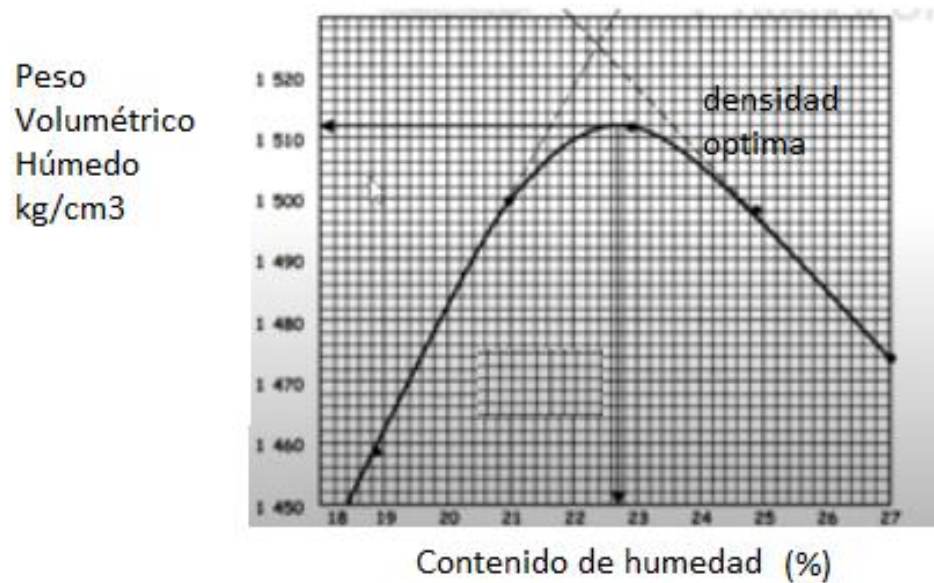


Figura 38: Curva de compactación.

Fuente: ASTM International <https://www.astm.org>.

3.6.3. Preparación de las mezclas.

Previamente se tiene definido los materiales a utilizar y se conocen sus características más importantes de acuerdo con los ensayos preliminares que se realizan y mencionados en el apartado anterior, Es importante recalcar que en términos generales para la obtención de una mezcla de calidad deben tenerse en cuenta los siguientes factores o ensayo preliminares Granulometría, Dureza/Resistencia, Impermeabilidad, Abrasión y Elasticidad.

Existen diferentes métodos para determinar la dosificación de las mezclas los métodos tradicionales o empíricos como: Humedecimiento - trituración; Tamizado y disolución. También existen métodos normalizados o estandarizado que sirven como base para lograr una buena dosificación como son: ensayo de rollo, ensayo de compactación, ensayo de límites líquido y plástico, ensayo de granulometría o combinaciones de ellos.

- **Humedecimiento, trituración y mezcla (métodos tradicionales).**

Hay diferentes métodos que pueden emplearse para obtener un material de construcción laborable y sin terrones de tierra. Uno de los métodos más sencillos para esto, y sin utilizar esfuerzo mecánico, es sumergir a los terrones (entre 15 a 25 cm de espesor) en agua de manera que obtengan la plasticidad por sí mismos (entre 2 a 4 días). Posteriormente se puede ajustar su proporción granulométrica, a través de amasado con las manos, con los pies o mecánicamente.

Una técnica tradicional empleada en climas fríos es amontonar la mezcla de material en un cumulo de 20 a 40 cm de altura, que se deja congelar durante el invierno, para que la desintegración sea provocada por la expansión del agua congelada. Cuando la tierra se encuentra en estado seco se la puede triturar con una máquina de angulares de acero. La forma más sencilla es remover el barro con un azadón o amasar la mezcla con los pies. También se pueden utilizar animales para este trabajo. Los estabilizantes pueden ser también mezclados por esta operación (Minke, 2021).

- **Tamizado del material granular (tierra)**

Se utiliza para extraer y separar las partículas de acuerdo a su tamaño. Esto se debe hacer con la tierra en estado seco. El método más simple es pasar el material seco a través de un tamiz. Existen equipos mecánicos como tamices cilíndricos inclinados y seleccionar la composición de la mezcla en función de los requerimientos según los ensayos granulométrico realizados previamente (Minke, 2021).

Seleccionar arena fina para acabado final y arena bien gradada (arena fina y gruesa) para capa preliminar (primera capa) la proporción de mezcla inicial es 3:1, 3 de arcilla y uno de arena gruesa o fina según se corresponda con el mortero a preparar, esta dosificación generalmente establecida por la experiencia de los lugareños por lo que tomaremos en cuenta su recomendación, así como también el ensayo del enrollado, a fin de seleccionar la mejor dosificación tanto para la mezcla gruesa como para la fina.



Figura 39: Tamizado de material.

Fuente: (Minke, 2021).

- **Disolución de la tierra.**

Consiste en disolver la tierra y dejarla en estado casi líquido, esto la convierte en una lechada de mezcla llamada “barbotina”. La misma se utiliza para la base de los revocos, como también para enriquecer una mezcla, para preparar un barro alivianado, etc. (Minke, 2021).

3.6.4. *Ensayo in situ para determinar la composición de una buena mezcla.*

Aun cuando es producto de las experiencias logradas, se ha estandarizado y normalizado en diferentes partes del mundo, consiste en determinar la proporción de material arcilloso (fino pasante de la malla # 200) y el contenido óptimo de humedad siguiendo el siguiente procedimiento:

- Amasar un rollo delgado de mezcla de arcilla con poca agua frotando contra la superficie si dejarla al contacto con la mano haciéndola girar largo aproximado entre 15 y 20 cm, hasta lograr se rompa el rollo, si parte antes de los 5 cm (puntas) debe agregarse material arcilloso, si parte entre los 5 y 15 cm es una buena proporción para su uso (Silva & Uría, 2024).

- **Otra forma del ensayo de rollo.**

Esta prueba permite identificar si el contenido de arcilla en la muestra de tierra es adecuado para la construcción de muros de tapial o la fabricación de bloques de tierra comprimida (BTC). Para verificarlo, se realiza el siguiente procedimiento (PROTIERRA, 2020).

- Con tierra humedecida realizar un cordón de 20 cm de largo por 2,5 cm de diámetro sobre una superficie lisa

- Deslizar el cordón hacia un borde dejándolo, colgando
- Medir a que distancia se rompió

Conclusiones:

- Ruptura a los 8 cm de largo: no hay presencia de arcilla suficiente.
- Ruptura entre 8 cm y 12 cm de largo cantidad de arcilla ideal.
- Ruptura a más de 12 cm de largo cantidad de arcilla excesiva.



Figura 40: Representación gráfica (Ensayo del rollo).

Fuente: (PROTIERRA, 2020).

Una vez definidas dosificaciones óptimas para la mezcla de tierra se proceden a la preparación de los diferentes tipos de mezcla(morteros), adicionales el aditivo estabilizante y las diferentes fibras consideradas. Se utilizaran una mezcla patrón sin ningún aditivo, mezclas con aditivo estabilizador cal, para incrementar la durabilidad de las mezclas y diferentes fibras naturales (Paja de monte, Fibra de cabello

humano, Cabuya, Baba de nopal y Linaza), para mejorar la resistencia a la fisuración, las mezclas de pruebas mantendrán la proporciones de cal y se controlaran las dosificaciones de fibras o sus combinaciones a fin de crear un factor de comparación de acuerdo con su comportamiento a los esfuerzos mecánico para definir la mejor mezcla.

Se procede a mezclar los materiales señalados en las proporciones establecidas agregando agua de forma graduar hasta lograr un producto homogéneo y consistente, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para la mezcla de tierra base señalado anteriormente.



Figura 41: Mezclado de material.

Fuente: (Cano-Martínez et al., 2023).

Debe considerarse usar arena fina para la capa de acabado final y arena bien gradada (arena fina y gruesa) para capa preliminar (primera capa) la proporción de mezcla esta oportunidad será de 3:1, 3 de arcilla y uno de arena gruesa. esta dosificación generalmente establecida por la experiencia de los lugareños por lo que tomaremos en cuenta su recomendación.

Para las capas gruesas o preliminares utilizar fibra natural en este caso la que se tenga disponibilidad en la comunidad y de mayor uso., en esta ocasión se procederá a elaborar la capa de acabado sin la adición de fibra natural. Estas cantidades son empíricas y rondan el 5 % del total de la mezcla. Como producto aglomerante en este caso se usará cemento, aunque pudiera ser cal, yeso; esto tres son los más comunes la proporción varia de 5 al 10%, por último, agua potable preferiblemente, en todo caso que este limpia. es importante recalcar que se considerará la misma dosificación para la mezcla gruesa y la mezcla fina. Posteriormente se procede a preparar las probetas para someterlas a ensayos de esfuerzos a la compresión, esfuerzo a la tracción y sometimiento a la abrasión, para cada una de las probetas representativas de las diferentes mezclas. la abrasión a diferentes edades (14, 21 y 56 días), para llevar estos ensayos a cabo se procederá según la normativa descrita seguidamente (Silva & Uría, 2024).

3.7. Ensayos propuestos a las mezclas

3.7.1. Resistencia a la Compresión.

- Normas de referencia ASTM C109
- Equipamiento.

Se deberá emplear una prensa hidráulica de capacidad suficiente para lograr el esfuerzo máximo a la compresión de carga de la muestra.



Figura 42: Ensayo a compresión.

Fuente: (Silva & Uría, 2024).

- Probetas.

Se deberán ensayar 5 probetas por mezcla en forma de cubo preparadas con dimensiones de 5cm * 5 cm * 5cm.

- Objetivo del ensayo a compresión

Determinar la capacidad al esfuerzo mecánico a la compresión de la probeta con las diferentes mezclas.

• Procedimiento

- Se limpian y se verifican la uniformidad de las caras de las probetas, a fin de garantizar una superficie plana donde se garantice la aplicación de la fuerza se distribuya uniformemente.
- Se pesa y se miden cada una de las probetas a ensayar.
- Se coloca la muestra en la prensa, de manera tal que garantice la aplicación de la carga en el centroide de la cara superior.

- Se acciona la fuerza de la prensa con una velocidad constante hasta que la muestra falle.
- Se toma el registro de la fuerza aplicada para la falla y el desplazamiento o deformación ocurrida.
- Calcular los esfuerzos a la compresión de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f_m = W/D$$

donde:

f_m = Resistencia a la compresión en MPa

W = Carga máxima de falla

D = Área de la sección transversal del cubo a la que se le aplica la carga en mm.².

- Grafica del esfuerzo a la compresión.

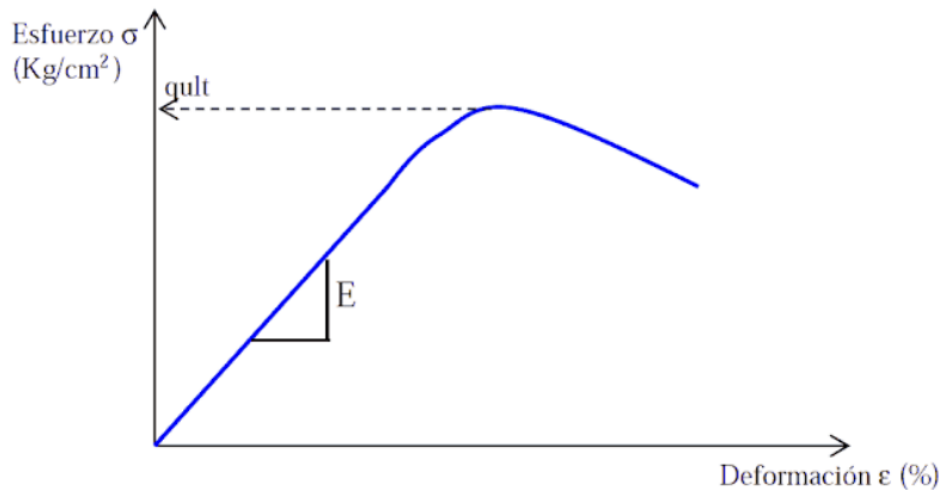


Figura 43: Esfuerzo de compresión.

Fuente: (Galarza Viera, 2020).

3.8. **Elaboración de las probetas**

Se elaborarán probetas o muestras de cada mezcla de acuerdo con lo sugerido por cada ensayo, cumpliendo estrictamente con los procedimientos estandarizados para tal fin de tal manera que se tenga una representación lo suficientemente significativas donde se pueda a través de los respectivos ensayos a los cuales va ser sometida se pueda evaluar el comportamiento final de las mezclas y esta tenga un cierto grado de veracidad y valides estadística.



Figura 44: Representación gráfica de las probetas.

Fuente: (Silva & Uría, 2024).

3.8.1. Procedimiento para la preparación de las Probetas

- Preparar los moldes: con una brocha cubrir con aceite las caras internas del molde.
- Armar los moldes y limpiar el exceso de aceite.
- Una vez preparada la mezcla, siguiendo el procedimiento estandarizado correspondiente y de acuerdo a lo requerimientos establecidos, se procede a llenar el molde.
- El llenado del molde se hace en tres capas, se extiende una capa uniformemente con la utilización de una espátula, se compacta de acuerdo con el procedimiento normativo establecido, se repite el procedimiento hasta lograr colocar el total de las capas.
- Luego se enrasa el molde a fin de eliminar el material sobrante y lograr una superficie limpia y nivelada para ello se utiliza una regla metálica.
- Transcurrida 48 horas se procede al desmolde e identificación las probetas.
- Por último, se colocan en una bandeja de plástico sobre una parrilla de aluminio.
- Se coloca la bandeja en un sitio donde las condiciones ambientales tengan características normales, sin humedad y con buen flujo de aire hasta el día que se proceda a realizar el ensayo respectivo (Galarza Viera, 2020).

3.9. Preparación de la superficie a revocar (preparación de los paneles).

Para complementar este trabajo de investigación se elaborarán paneles de bahareques, uno por cada tipo de mezcla, 7 en total, la construcción del panel en bahareque se utilizará materiales tradicionales, procurando que estos sean lo más similar a los desarrollados en la región y cumpliendo con las características de calidad apropiadas, siguiendo las técnicas constructivas propias de la zona.

3.9.1. Estructura marco de madera (0,60 x 0,60 m)

La estructura o marco está compuesto por un panel con marco de madera (Tablas de 15 a 20 cm de ancho), con dimensiones de 0,60 m de ancho X 0,60 m de alto (Abad Vega et al., 2012).



Figura 45: Estructura marco de panel.

Fuente: Fotografía personal 2025.

3.9.2. Enchaclado (entramado).

El entramado, no es más que la construcción del panel entretejido con caña guadua, carrizo u otros tipos de materiales, el más utilizado en la zona de Cañar y sus comunidades aledañas es el bahareque tradicional que tiene un armado de manera horizontal con separaciones entre 10 y 20 cm. El entretejido y amarre del entramado se realiza con la ayuda de diferentes tipos de fibra vegetal como la cabuya, vejucu, cuero entre otros (Abad Vega et al., 2012).



Figura 46: Entramado de panel.

Fuente: (Abad Vega et al., 2012).

Posteriormente a la preparación de la superficie a revocar, verificar rigurosamente que se encuentre en condiciones limpias y humedecer ligeramente ante de iniciar la colocación de la mezcla (paneles), por último, se coloca una capa de sello o protección con una mezcla de arcilla fina con un producto impermeabilizante y colorante o cualquier otro tipo de característica adicional que contribuya al funcionamiento óptimo.

3.9.3. Relleno de barro

Para el proceso del revoque se debe emplear un barro con tierra previamente cernida, que no presente piedras ni otras impurezas, y reposado durante al menos 48 horas. Se aplica una primera capa de barro y se deja evaporar el exceso de agua, para al día siguiente aplicar una segunda capa, misma que debe tener un acabado relativamente rugoso para facilitar el agarre del empañete o revestimiento superficial (INPC, 2025).

Para el relleno, la mezcla no tendrá una característica en especial, simplemente debe dejarse reposar por 2 a 3 días, su granulometría puede poseer piedras variables ayudando a agilizar el proceso del relleno. “Se recomienda utilizar paja cortada en tramos de aproximadamente 10 cm de longitud y en una proporción de alrededor de 1% en peso, lo que significa una relación de un volumen de paja por dos de tierra” (Guerrero Baca L. F., 2007).



Figura 47: Relleno de revoco grueso en panel.

Fuente: (INPC, 2025).

3.9.4. Revestimiento

El revestimiento es una mezcla de barro, actuando como capa protectora, con un espesor de 2 a 3 centímetros, utilizando una dosificación de 50% arena, limos 30% y un 20% arcilla (Altamirano León et al., 1986), la mezcla puede ser mejorada con fibras vegetales, es habitual que se utilice guano de caballo por las fibras que esta contiene, en proporción de 60% barro y 40% guano.

Para las capas gruesas o preliminares utilizar fibra natural en este caso la que se tenga disponibilidad en la comunidad y de mayor uso., en esta ocasión se procederá a elaborar la capa de acabado sin la adición de fibra natural. Estas cantidades son empíricas y rondan el 5 % del total de la mezcla. Como Producto aglomerante en este caso se usará cal, son los más comunes la proporción varia de 5 al 10%, por último, agua potable preferiblemente, en todo caso que este limpia.

Colocar la mezcla en capa relativamente finas de 1 cm aproximadamente colocar varias capas hasta cubrir y lograr una superficie al ras y homogénea. Al colocar la primera capa debe dejarse secar completamente durante un periodo considerable a fin de determinar el comportamiento del material al fraguar (agrietamiento, fisura, etc.) con el objetivo de ajustar la composición de la mezcla

3.9.5. Revestimiento superficial.

El empañete o revestimiento superficial, por su parte, se fabrica a base de material arcilloso con características finas ligadas con un componente adicional que cumple la función de aglutinante y una pequeña cantidad de yeso o cualquier otro tipo de estabilizante natural que se agrega justo antes de la aplicación, en función de la calidad de la tierra. Se aplica en una capa fina de no más de tres milímetros que se debe dejar reposar por al menos 72 horas antes de proceder a su uso (INPC, 2025).

Por último, se coloca una capa de sello o protección con una mezcla de arcilla fina con un producto impermeabilizante y colorante o cualquier otro tipo de característica adicional que contribuya al funcionamiento optimo.

3.10. Observación, Registro y procesamiento de los resultados.

Documentar toda la información referente a los diferentes ensayos realizados desde los ensayos preliminares tanto los empíricos como los obtenidos en el laboratorio, así como también los resultados de las pruebas aplicadas a las probetas, incluyendo cualquier cambio visible en las muestras (fisuras, desprendimientos, etc.).

Analizar los datos obtenidos y comparar los resultados con los estándares conocidos o con estudios previos. A fin de dar respuesta al objetivo general de este estudio y proponer una solución en el acabado de la capa final del revoque, empleando las técnicas tradicionales y adicionando algunos aglomerantes que ayuden a que esta capa sea resistente a la disgregación.

Para complementar la investigación y dar respuesta al objetivo específico 3, proponer a nivel de anteproyecto un panel de bahareque con acabados que garanticen la funcionalidad ante los efectos de la inclemencia de la intemperie se procederá a elaborar paneles de bahareque tierra con técnicas propias de lugar y proceder a darle revestimiento que garantice su funcionalidad en el tiempo. Para ello se establecerá un procedimiento metodológico. Al cabo de varios días se procede a evaluar el comportamiento de la

superficie con técnicas lavado, frotado etc. Cualquier otra donde se pueda impactar la superficie y verificar que no se produce disgregación.

Procesar la información visual recabada en sitio, como observación complementaria para describir las características finales de las muestras. anotar y dejar sentado incluyendo registro fotográfico, utilizando cualquier medio disponible (técnicas de lavado, frotado etc.). Cualquier otra donde se pueda impactar la superficie para verificar que no se produce disgregación de los materiales finos, comprobar y proponer la solución final o tipo de mezcla a utilizar, procesar la información y analizarla contrastándola con estudios realizados previamente o algunos de los estándares creados, para dar respuestas al objetivo específico número 1,2, y 3.

Con el fin de dar respuesta al objetivo específico número 1, investigar y analizar los problemas existentes en el acabado final del revestimiento de tierra en climas montañosos en términos de arquitectura y confort térmico, se realizará una revisión bibliográfica sistemática y detallada, prestando especial atención a las últimas investigaciones, teniendo en cuenta los antecedentes históricos de la arquitectura tradicional a nivel mundial, regional y local. A nivel local, se hará énfasis en la provincia del Cañar, con el fin de identificar la problemática del acabado final del revestimiento en esta región y valorar este tipo de arquitectura. los materiales a utilizar para ella se dispondrán de todas las herramientas y plataformas tecnológicas existentes, así como también los implementos de gabinete u oficina para procesar y seleccionar la información recabada.

Para alcanzar el objetivo número 2, correspondiente al análisis de las características constructivas y ambientales, así como de la capa final de revoque de los sistemas de construcción con tierra, se realizará una revisión bibliográfica sistemática y detallada, prestando especial atención a las últimas investigaciones, teniendo en cuenta el contexto histórico y geográfico mencionado en el punto 1, con el fin de profundizar en el revoque y lograr que los acabados finales del revestimiento cumplan su función sin disgregarse. Los materiales que se utilizarán para ello procederán de todas las herramientas y plataformas tecnológicas existentes, así como de los implementos de gabinete u oficina para procesar y seleccionar la información recabada.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Selección y Extracción del material (tierra).

El material seleccionado para este trabajo se obtuvo del sector Aya Loma, comunidad de Quilloac perteneciente a la parroquia, cantón y provincia del Cañar, el sitio es una cantera a cielo abierto, que desde épocas muy remotas ha suministrado de esta materia prima a toda la población de esta localidad de Cañar para desarrollar arquitectura de tierra. la elaboración de paredes de adobe, tapial, bahareque y terminados de revoque en casas y muros tradicionales.



Figura 48: Ubicación de la cantera.

Fuente: Google Earth Pro.

4.2. Ensayos de campo (método empírico), o tradicional.

4.2.1. Ensayo de olor.

A través de este análisis se obtienen datos acerca de las propiedades químicas de la materia de estudio. Presenta: olor a arcilla, a tierra natural en estado puro, lo que denota la ausencia de elementos orgánicos en su composición.

4.2.2. Examen visual.

Los diferentes constituyentes de una tierra pueden ser observados en un primer momento a simple vista, es un material arcilloso de color claro.

4.2.3. Tacto.

En la realización del ensayo del tacto, la tierra se presenta una textura fina y suave lo que indica que indica un material arcilloso.

Se puede concluir que nos encontramos en presencia de un material con alto porcentaje de componente de arcilla sin contaminación orgánica, es decir un material de buena calidad para desarrollar trabajos de arquitectura de tierra.

4.3. Ensayos en Laboratorio.

4.3.1. Granulometría.

El ensayo de granulometría según la norma ASTM D421, también conocido como análisis granulométrico por tamizado, es un método para determinar la distribución del tamaño de las partículas en una muestra de suelo. Este método se utiliza para clasificar los suelos y comprender sus propiedades geotécnicas.

Norma ASTM D421

Ensayo realizado por: Maximiliano Punín Pichasaca

- Equipos e instrumentos utilizados

Tamiz № 40 para partículas gruesas

Tipo: Recipiente

Uso: Es utilizado para separar partículas de menor y mayor tamaño.

Capacidad: 5 kg



Figura 49: Tamiz № 40.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Tamiz № 200

Tipo: Recipiente

Uso: Separa y cuantifica la fracción de partículas más finas inferior a 0,075 mm lo que equivale a 75 μm (micrómetros).

Capacidad: 1 Kg



Figura 50: Tamiz № 200.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Balanza digital

Tipo: Instrumento

Uso: Mide el peso de un material (tierra, arena, grava, cemento, fibras, etc.).

Capacidad: Máxima 4100 gr

Precisión: 0.01 gr



Figura 51: Balanza digital.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Procedimiento de trabajo.**

Material seleccionado

Para realizar este ensayo y para su posterior aplicación en el revoque, seleccioné tierra blanca procedente de un gran yacimiento natural en Cañar. Esta tierra se ha utilizado en construcciones de viviendas por generaciones.



Figura 52: Material sin Tamizar.

Fuente: Fotografía personal 202

Material tamizado

Cernimos la tierra de muestra para separar de impurezas (raíces) y partículas gruesas, esto lo hacemos con el tamiz № 40.



Figura 53: Material tamizado.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Muestra de tierra

Se toma una porción de muestra de $\frac{1}{2}$ kilo la misma se vierte sobre la mesa, posteriormente se procede a dividir en 4 partes iguales, de la cual se toma $\frac{2}{4}$ de muestra para el siguiente paso.



Figura 54: División de la muestra (cuarteo).

Fuente: Fotografía personal 2025.

Lavado del material (tierra)

Mezclamos la muestra con agua en el recipiente, retiramos las impurezas que flotan, luego colocamos en el tamiz N° 200 y lavamos en el chorro de agua hasta que el agua salga completamente transparente.



Figura 55: Lavado del material.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Resultado de granulometría

Una vez terminado el lavado del material se obtiene partículas arenosas muy finas en pequeña cantidad, seguidamente el material pasa al proceso de secado en horno por 24 horas a una temperatura de 20°C .



Figura 56: Resultado visual de la granulometría.

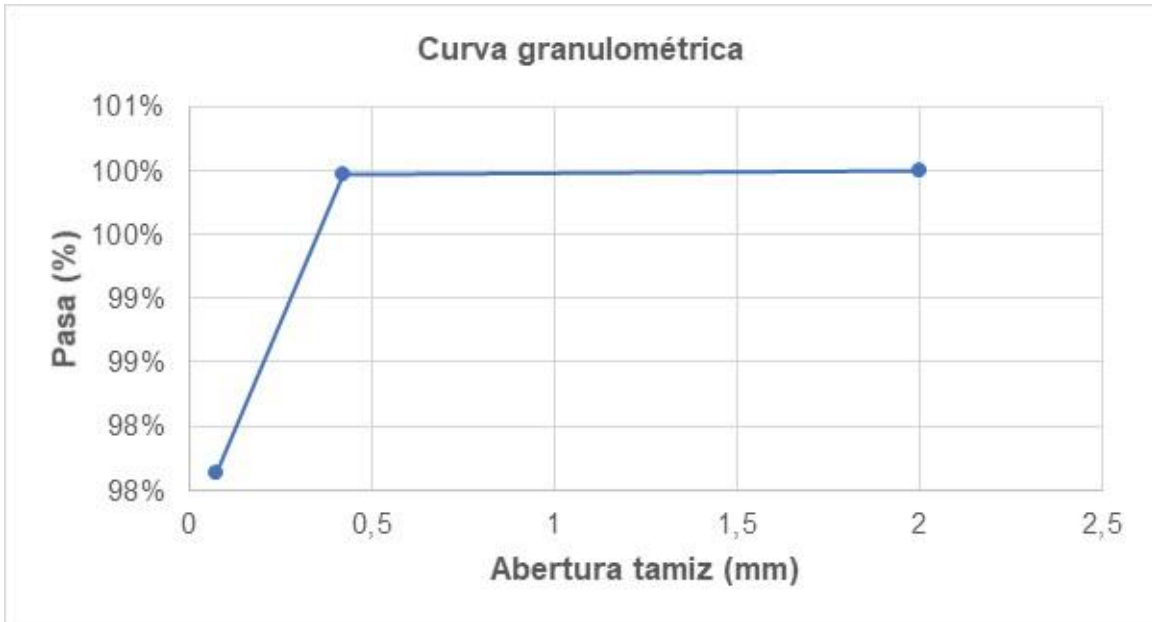
Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Resultado de la granulometría.**

Tabla 8: Granulometría de la muestra.

Análisis granulométrico							
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Peso retenido (gramos)	Peso retenido acumulado (gramos)	% Retenido	% Pasa	Especificaciones norma	
						Límite superior	Límite inferior
3"	76,2						
2 1/2"	63,5						
2"	50,8						
1 1/2"	38,1						
1"	25,4						
3/4"	19,1						
1/2"	12,7						
3/8"	9,52						
Nº4	4,76						
Pasa Nº (fondo)							
4	4,76	0	0	0,00%	100%		
10	2	0	0	0,00%	100%		
40	0,42	0,16	0,16	0,04%	100%		
200	0,074	10,29	10,45	2,37%	98%		
Fondo		3,15	-----				
Total							

Fuente: Elaboración propia.



GRÁFICA 1: Gráfica de la granulometría.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Límites de Consistencia o Atterberg.

4.3.2.1. Límite Líquido.

El ensayo de límite líquido, según la norma ASTM D423, se utiliza para determinar el contenido de agua en el que un suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Este contenido de agua se define como el límite líquido, y se determina mediante la prueba de la cuchara de Casagrande.

En este ensayo, una muestra de suelo se coloca en la cuchara y se somete a golpes hasta que un surco de 12.7 mm. de ancho se cierra en una distancia de 12.7 mm. después de 25 golpes.

- Equipos e instrumentos.



Figura 57: Tamiz № 200.

Fuente: Fotografía personal 2025.

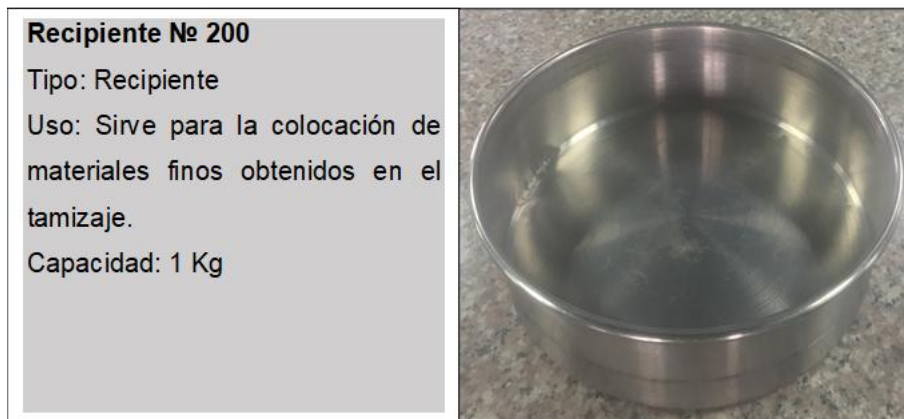


Figura 58: Recipiente № 200.

Fuente: Fotografía personal 2025.

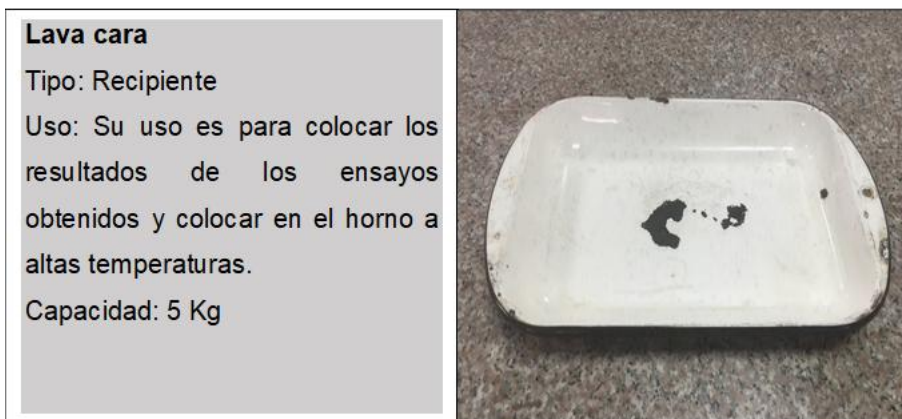


Figura 59: Recipiente lava cara.

Fuente: Fotografía personal 2025.

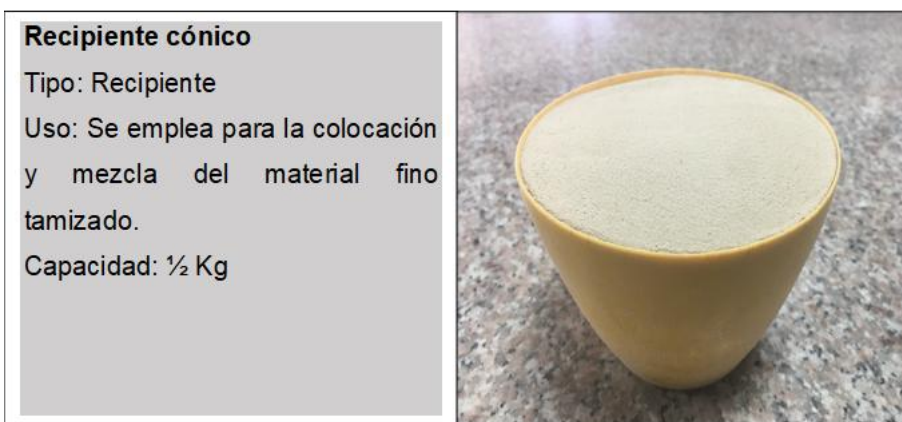


Figura 60: Recipiente cónico.

Fuente: Fotografía personal 2025.

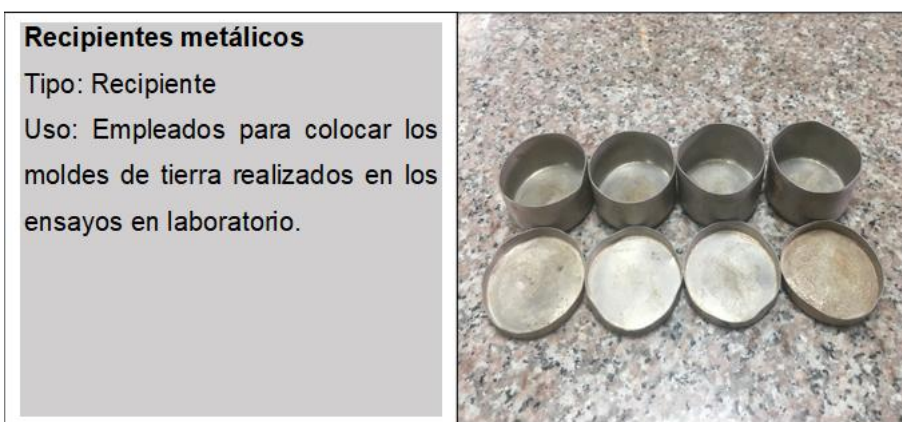


Figura 61: Recipiente de moldes.

Fuente: Fotografía personal 2025.

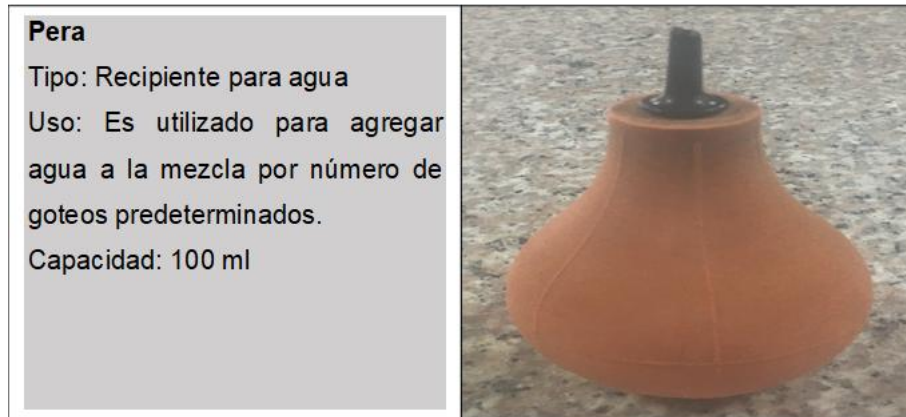


Figura 62: Pera de saturación.

Fuente: Fotografía personal 2025.

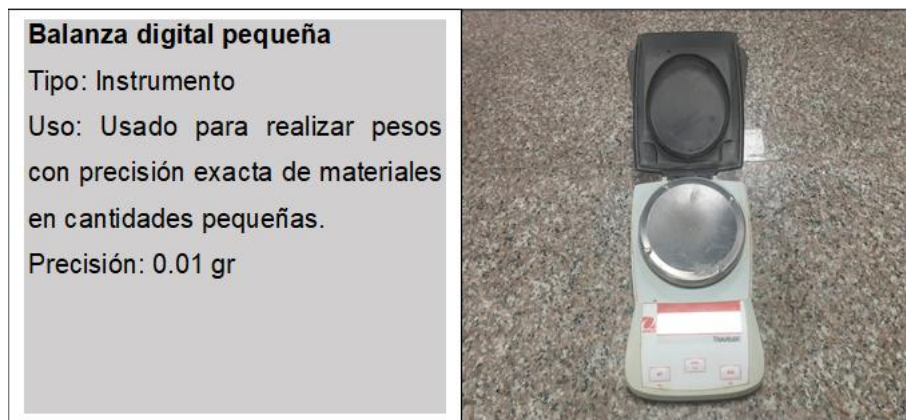


Figura 63: Balanza digital.

Fuente: Fotografía personal 2025.

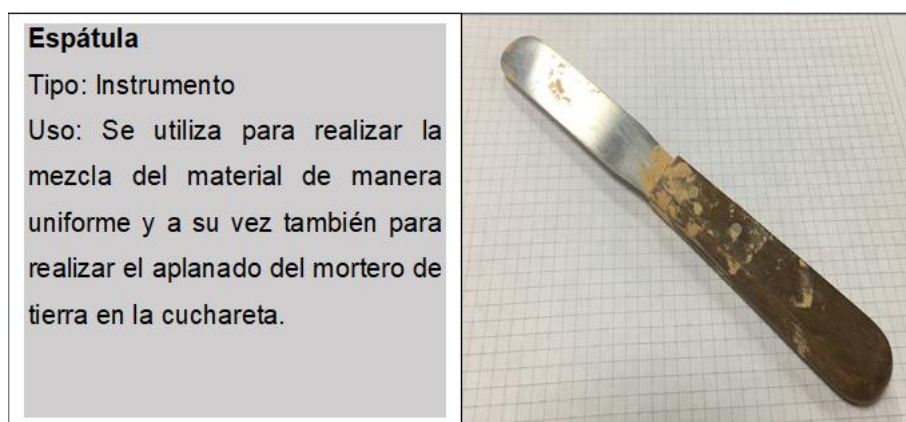


Figura 64: Espátula.

Fuente: Fotografía personal 2025.

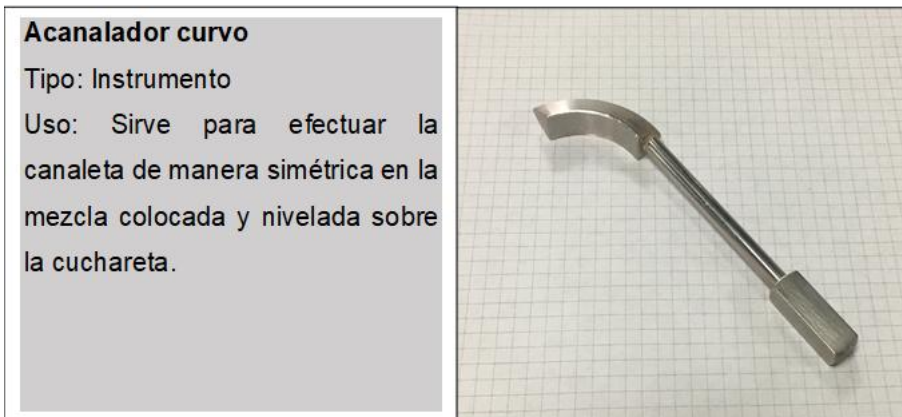


Figura 65: Acanalador.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Preparación de muestra.**

Tomar las muestras y secar en el horno a una temperatura $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas.

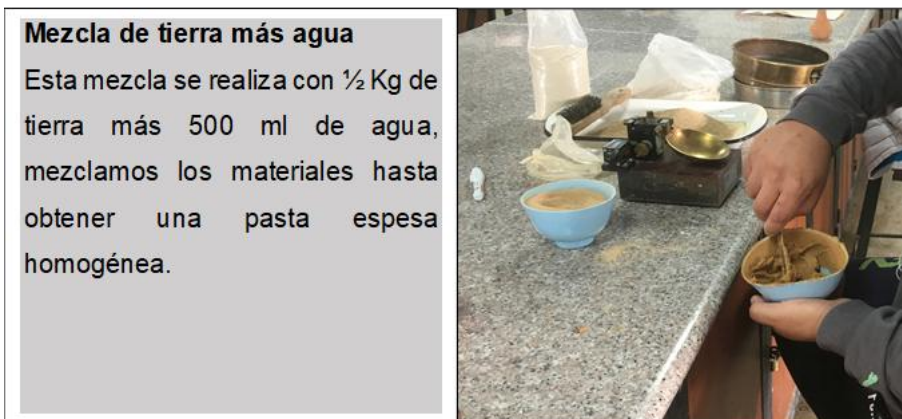


Figura 66: Preparación de la mezcla.

Fuente: Fotografía personal 2025.

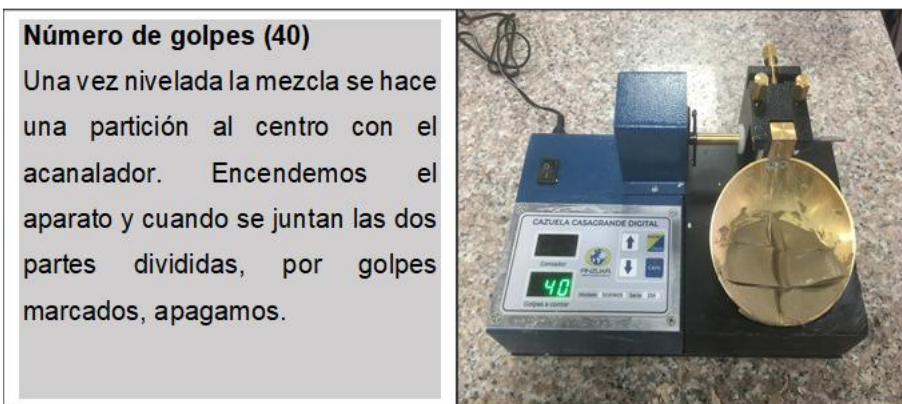


Figura 67: Cuchara Casagrande digital.

Fuente: Fotografía personal 2025.

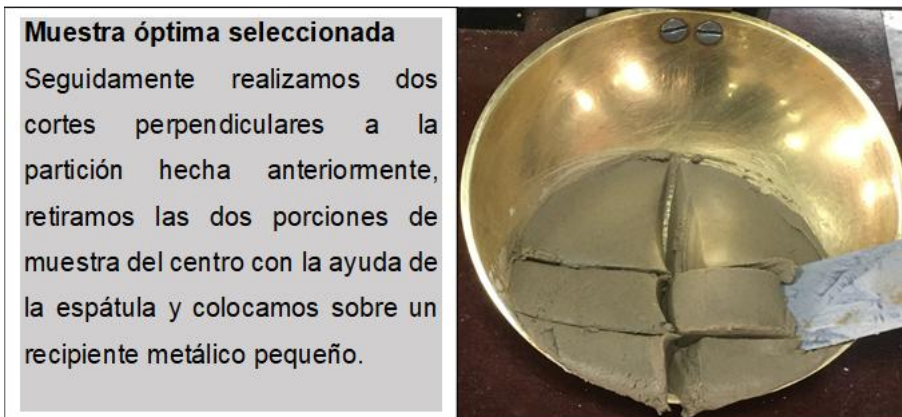


Figura 68: Selección de la muestra optima.

Fuente: Fotografía personal 2025.



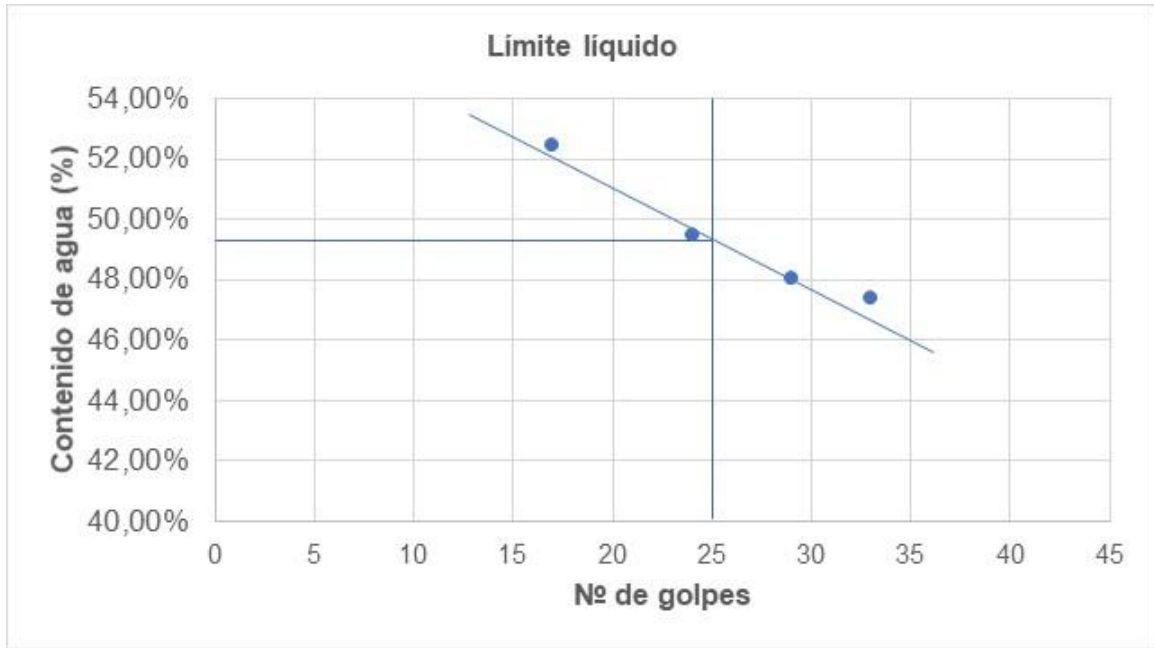
Figura 69: Secado de las muestras.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- Resultado limite líquido.

Límite líquido				
Nº de golpes	33	29	24	17
Recipiente Nº	1	5	8	203
Recipiente + muestra húmeda (gr)	35,36	30,77	38,99	34,76
Recipiente + muestra seca (gr)	27,98	24,78	29,91	26,72
Peso del agua	7,38	5,99	9,08	8,04
Peso del recipiente	12,4	12,31	11,55	11,4
Contenido de humedad (%)	47,37%	48,04%	49,46%	52,48%

Fuente: Elaboración propia.



GRÁFICA 2: Límite líquido.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2. Límite Plástico.

El límite plástico, según la norma ASTM D4224, se determina mediante un ensayo que busca encontrar el contenido de humedad en el que una muestra de suelo fino ya no puede ser moldeada en forma de cilindros de 3.2 mm. de diámetro sin que se agriete o se desmorone.

- Preparación de muestra.

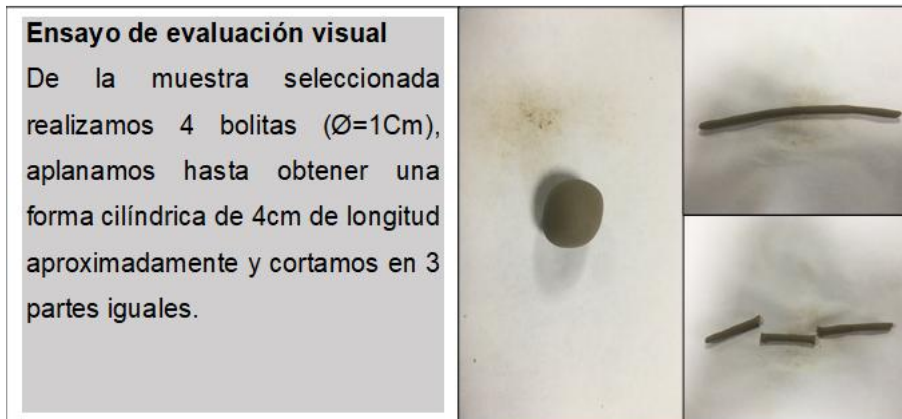


Figura 70: Moldeado de la muestra.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Resultado limite plástico.**

Límite plástico				
Recipiente №	P2	A4	3K	A3
Recipiente + muestra húmeda (gr)	6,74	8,02	6,35	6,53
Recipiente + muestra seca (gr)	6,04	6,94	5,8	5,88
Peso del agua	0,7	1,08	0,55	0,65
Peso del recipiente	4,1	4,09	4,29	4,1
Contenido de humedad (%)	36,08%	37,89%	36,42%	36,52%

Fuente: Elaboración propia.

Fórmula:

$$LP = \frac{W}{MS - T} \times 100$$

LP= Límite plástico W= Peso del agua

MS= Peso de muestra sólida T= Peso del recipiente

$$LP = \frac{0.55}{5.80 - 4.29} \times 100$$

$$LP = 36.42$$

El límite plástico es el valor intermedio que se toma entre el valor más alto y el valor más bajo, en este caso dicho valor es LP=36.42%.

4.3.3. Compactación.

El ensayo de compactación en laboratorio, como el ensayo Proctor, determina la relación entre la humedad y la densidad seca de un suelo bajo condiciones controladas. Este ensayo es fundamental para la construcción, ya que ayuda a definir la humedad óptima para lograr la máxima densidad en el suelo, lo cual es crucial para la estabilidad y capacidad de soporte de estructuras como carreteras o terraplenes.

El ensayo Proctor, tanto estándar como modificado, involucra compactar una muestra de suelo en un molde específico, aplicando una energía de compactación controlada. Se realizan múltiples ensayos con diferentes contenidos de humedad para generar una curva de compactación, que muestra la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad. El punto máximo de esta curva indica la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo para ese suelo y energía de compactación.

- Equipos e instrumentos



Figura 71: Tamiz № 40.

Fuente: Fotografía personal 2025.

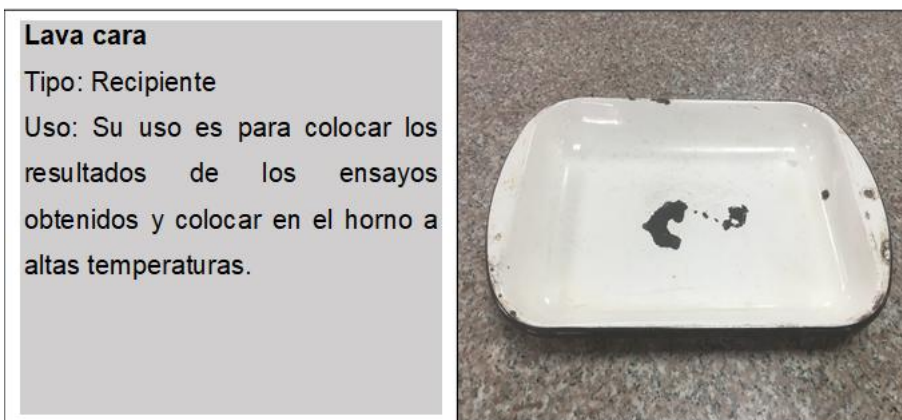


Figura 72: Lava cara para hornear muestras.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Balanza digital

Tipo: Instrumento

Uso: Utilizado para medir el peso de un material (tierra, arena, grava, cemento, fibras, etc.).

Capacidad: Máxima 4100 gr

Precisión: 0.01 gr



Figura 73: Balanza digital.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Proctor

Tipo: Instrumento

Uso: Utilizado para compactar la muestra de tierra húmeda, mediante determinados golpes, una vez colocado en el molde cilíndrico.



Figura 74: Molde y martillo.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Recipiente metálico

Tipo: Recipiente

Uso: Es utilizado para colocar material de ensayo en el horno a altas temperaturas.



Figura 75: Recipiente metálico.

Fuente: Fotografía personal 2025.

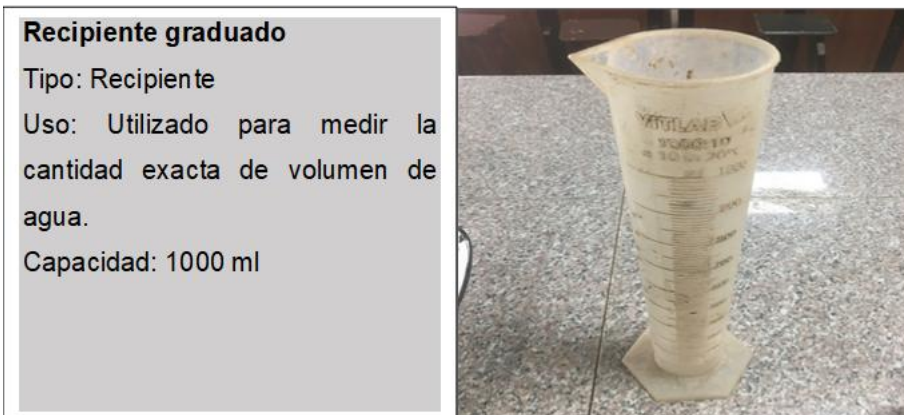


Figura 76: Recipiente de agua.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Procedimiento de pesado de los materiales.**

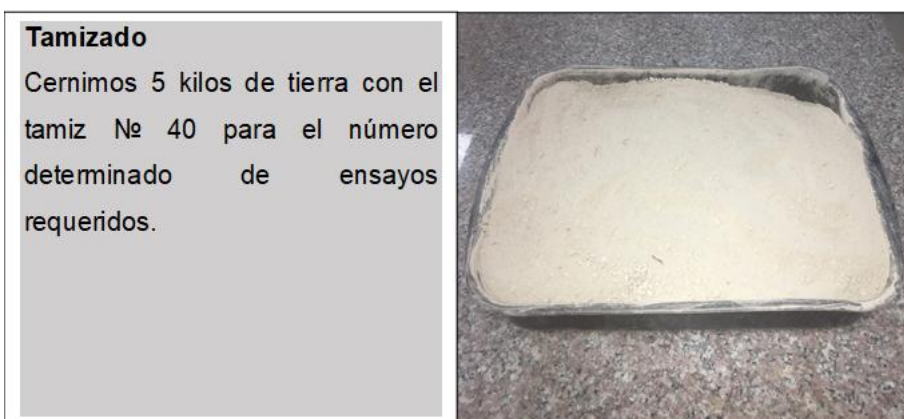


Figura 77: Material tamizado.

Fuente: Fotografía personal 2025.



Figura 78: Pesado del material.

Fuente: Fotografía personal 2025.

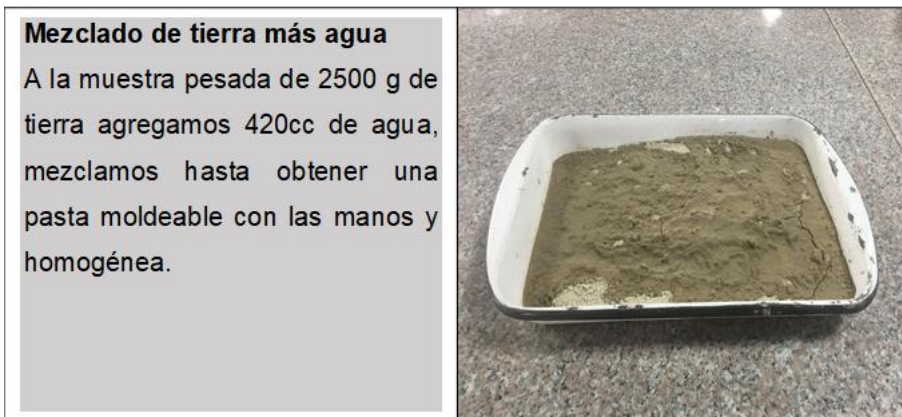


Figura 79: Mezcla de material con agua.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- Resultados de las pruebas de compactación.

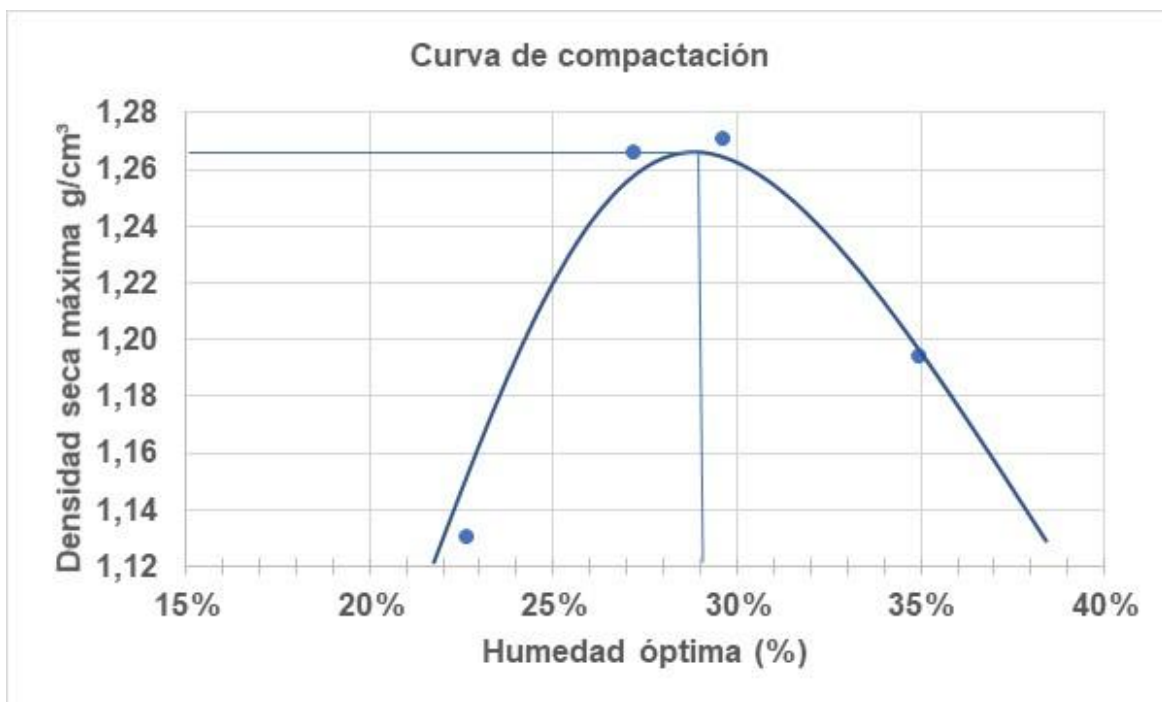
Tabla 9: Prueba de compactación.

Compactación				
Muestra	1	2	3	4
Humedad añadida en %				
Agua aumentada en cc	420 cc	490 cc	560 cc	630 cc
Número del molde	1	1	1	1
Peso del molde cilíndrico + suelo húmedo (P1)	4814	5025,50	5060	5026,50
Peso del molde cilíndrico (P2)	3506	3506	3506	3506
Peso del suelo húmedo P1 - P2= P3	1308	1519,50	1554	1520,50
Volumen del molde sin el collarín	943,30	943,30	943,30	943,30
Densidad húmeda D1=P3/V. Kg/m ²	1,39	1,61	1,65	1,61

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad								
Muestra	1		2		3		4	
Número del tarro	19	TT	JY	25	20	S11	11	12
Peso del tarro + suelo húmedo	94,60	92,50	94,90	99,30	89,10	104,80	97,40	101,70
Peso del tarro + suelo seco	82,50	80,80	81,10	83,90	75,10	87,70	79,90	82,50
Peso del agua	65,50	63,40	65,80	70,60	60,40	75,90	68,30	73,30
Peso del tarro	29,10	29,10	29,10	28,70	28,70	28,90	29,10	28,40
Peso del suelo seco	53,40	51,70	52,00	55,20	46,40	58,80	50,80	54,10
Contenido de agua en %	23%	23%	27%	28%	30%	29%	34%	35%
Contenido promedio de agua en %	23%		27%		30%		35%	
Densidad seca kg/m ²	1,13		1,27		1,27		1,19	

Fuente: Elaboración propia.



GRÁFICA 3: Curva de densidad óptima.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Clasificación de los suelos

Norma ASTM D2487

Los ensayos y análisis de suelo para efectuar el trabajo de investigación se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca, que se encuentra en las instalaciones de CIITT (Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología) Ricaurte. Los ensayos realizados de granulometría, límite líquido, límite plástico y compactación dan a conocer que el suelo es un limo de baja plasticidad (ML), esto indica que es un suelo fino caracterizado por un índice de plasticidad (IP) bajo (típicamente menor que 4 o que se encuentra por debajo de la línea A en la carta de plasticidad de Casagrande).

Este tipo de suelo con esta característica se diferencia de los limos de alta plasticidad (MH) porque su capacidad de retener el agua es muy baja.

4.5. Elaboración del panel de prueba (tipo bahareque).

4.5.1. Plano del panel

Las dimensiones de los módulos estandarizados del panel para la propuesta planteada son de 60x60x2cm, estas medidas son realizadas para un fácil manejo durante la elaboración del mismo.

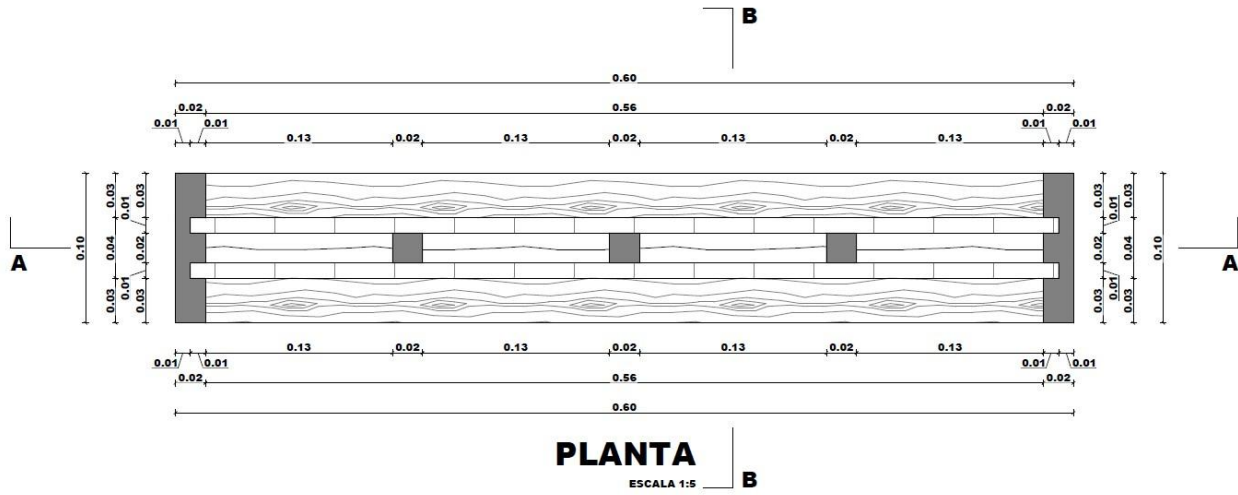


Figura 80: Plano de panel.

Fuente: Elaboración propia.

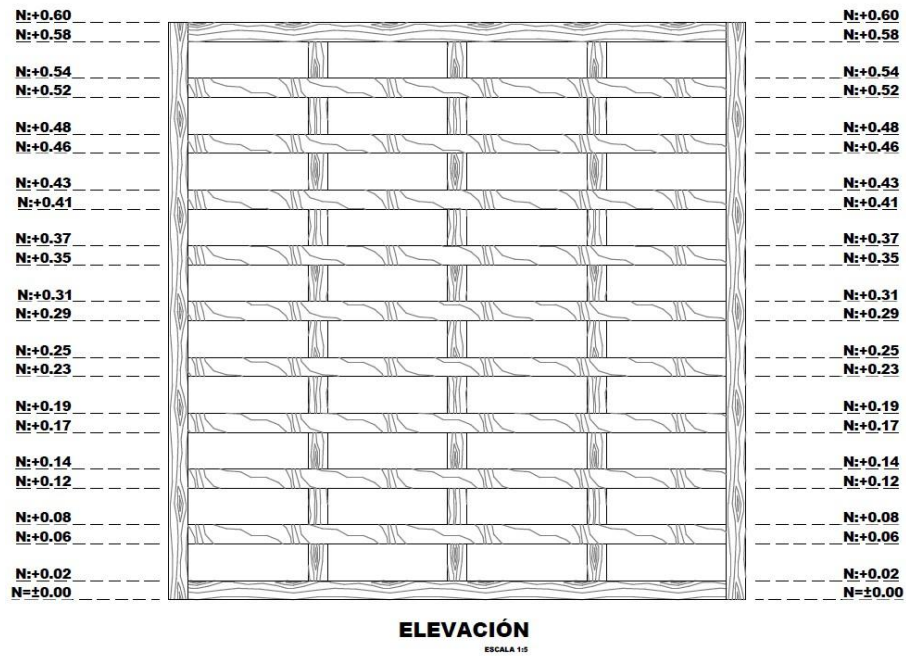
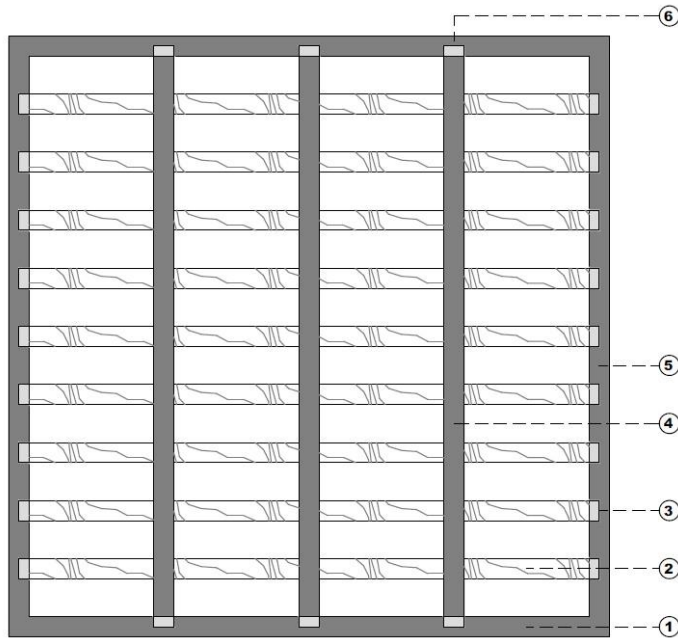


Figura 81: Elevación de panel.

Fuente: Elaboración propia.



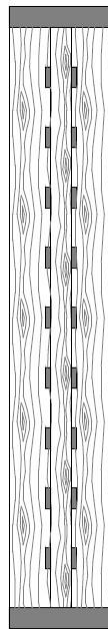
CORTE A - A
ESCALA 1:5

Leyenda:

- 1. Marco horizontal de madera Fernán Sánchez 60x10x2cm
- 2. Entramado de caña guadúa 58x2x1cm
- 3. Agujero para traba de caña guadúa (1cm)
- 4. Listón de madera Fernán Sánchez 58x2x2cm
- 5. Marco vertical de madera Fernán Sánchez 60x10x2cm
- 6. Agujero para traba de listón de madera Fernán Sánchez (1cm)

Figura 82: Corte A-A de panel.

Fuente: Elaboración propia.



CORTE B - B
ESCALA 1:5

Figura 83: Corte B-B de panel.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Estructura marco de madera.

Ecuador se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, por esta razón las estructuras de madera en las construcciones de viviendas presentan una resistencia más óptima a los temblores, también son materiales más económicos que se puede encontrar en varios tipos y características.

La madera seleccionada para la estructura del panel es Fernán Sánchez, por ser un material resistente a la ruptura y manejable. Las dimensiones establecidas son 60x60x2cm que forman los marcos verticales y horizontales, con 3 divisiones internas cada 13cm con listones de 58x2x2cm van asegurados con clavos.



Figura 84: Estructura de panel.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- Preservantes

La madera es preservada mediante inmersión con bórax y ácido bórico (por cada litro de agua se colocaron 10 g de bórax y 10 g de ácido bórico. Tiempo de inmersión: 48 horas).

4.5.3. Entramado.

Se realizó con tiras de caña guadua por ser un material que ayuda a una mejor adherencia con el barro, las tiras se aseguraron con clavos y también se sujetó con soguillas de cabuya empleando el método del trenzado que se ha venido utilizando de generación en generación en las construcciones vernáculas por nuestros ancestros.



Figura 85: Entramado.

Fuente: Fotografía personal 2025.

4.5.4. Mezcla del barro.

Se prepara el mortero de material: Tierra tamizada (15 libras) + agua (5 litros) + paja hembra (10cm de longitud). Esta mezcla se realizó batiendo a pie ya que de esta manera se obtiene una mezcla homogénea.



Figura 86: Mezclado con los pies.

Fuente: Fotografía personal 2025.

4.5.5. Relleno de barro.

La mezcla de barro conformada por tierra blanca, paja (hembra) y agua se deja pudrir por 15 días a temperatura del ambiente. Luego de los 15 días, se procede a colocar el barro introduciendo de manera uniforme en todos los espacios vacíos internos, esta primera capa tiene un espesor de 8 cm, posterior a la colocación de la capa de barro se deja secar por el lapso de 15 días a un mes para su secado óptimo.



Figura 87: Llenado del panel.

Fuente: Fotografía personal 2025.



Figura 88: Llenado completo del panel.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Para la primera capa de revoque (1.5 cm), se utilizó los siguientes materiales: tierra blanca (4 libras) + agua (2 litros) + resina (1/2 litro) + panela diluida (1/2 litro) + agua de arroz (1/2 litro) + estiércol de caballo (1 libra) + carbonato de calcio (1 libra), se colocó una camada de paja de 30 cm de longitud de manera horizontal y vertical para una mejor adherencia de la siguiente capa y así ayuda a que la capa de mortero no se cuartee tanto. El secado de esta capa de revoque es de 15 días.



Figura 89: Primera capa de revoque.

Fuente: Fotografía personal 2025.

4.6. Revestimiento superficial.

El empañete o revestimiento superficial, por su parte, se elabora a base de material arcilloso con características finas ligadas con un componente adicional que cumple la función de aglutinante y una pequeña cantidad de cal que se agrega justo antes de la aplicación, en función de la calidad de la tierra. Se aplica en una capa fina de no más de tres milímetros que se debe dejar reposar por al menos 72 horas antes de proceder a su uso (INPC, 2025).

4.6.1. Fase de diseño de mortero.

Con los resultados obtenidos en los ensayos de granulometría, límite líquido y límite plástico realizados en laboratorio, se procede al siguiente paso de elaboración de diseño de morteros.

4.6.2. Dosificaciones de los morteros.

Para la ejecución de esta parte referente al diseño de mortero se basó en la norma ASTM C 109. El propósito de ensayar estas pruebas en el laboratorio es para medir la capacidad formal del esfuerzo a compresión a los que serán sometidos las probetas. Para efectuar este proceso, se realizaron 7 tipos de mezclas diferentes que varían en sus fibras y aglomerantes, manteniendo como materiales base la tierra seleccionada, cal y agua.

Dosificación base					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Baba de nopal	Paja de monte %	Agua
Mortero Tipo	7	1	2	1	En gramos

Figura 90: Dosificación base.

Fuente: Elaboración propia 2025.

4.6.3. Tabla de dosificaciones.

Dosificación 1					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Baba de nopal	Paja de monte %	Agua
Mortero Tipo 1	1275g				370g

Figura 91: Dosificación 1.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Para la dosificación (patrón) se aplicó solo 2 materiales, tierra y agua en sus pesos en gramos establecidos.

Dosificación 2					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Baba de nopal	Paja de monte %	Agua
Mortero Tipo 1	829g	116g	232g	14g	240.3g

Figura 92: Dosificación 2.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Para esta mezcla la dosificación comprende de 5 materiales, como fibra más conocida que se utilizó es la paja (hembra) que se ha empleado en las construcciones vernáculas por muchas generaciones debido a su alto gran resistencia a los agentes atmosféricos. Como aglomerante se agregó la baba de nopal ya que es conocida como un acelerante natural en el secado del barro.

Dosificación 3					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Linaza	Paja de monte %	Agua
Mortero Tipo 1	829g	116g	232g	14g	240.3g

Figura 93: Dosificación 3.

Fuente: Elaboración propia 2025.

En esta dosificación se mantiene la fibra de paja y se cambia la baba de nopal por aceite de linaza, que también ayuda a una mejor adherencia del barro con el muro de tierra.

Dosificación 4					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Baba de nopal	Fibra de cabello humano %	Agua
Mortero Tipo 1	829g	116g	232g	14g	240.3g

Figura 94: Dosificación 4.

Fuente: Elaboración propia 2025.

En la siguiente mezcla se utilizó como fibra el cabello humano a manera de prueba y experimento, ya que esta fibra capilar generalmente se tira a la basura, tal vez por el desconocimiento de sus componentes que contiene como la proteína queratina que brinda la capacidad de estirarse y recuperar la forma; la resistencia, que mide su capacidad de no romperse bajo tensión. Esta mezcla se complementa con las bondades que brinda la baba de nopal como agente higroscópico.

Dosificación 5					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Linaza	Fibra de cabello humano %	Agua
Mortero Tipo 1	829g	116g	232g	14g	240.3g

Figura 95: Dosificación 5.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Para esta mezcla se mantiene el cabello humano como fibra y se agrega linaza en vez de la baba de nopal, la linaza actúa como protector e impermeabilizante en muros de barro.

Dosificación 6					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Baba de nopal	Cabuya %	Agua
Mortero Tipo 1	829g	116g	232g	14g	240.3g

Figura 96: Dosificación 6.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Se implementa una fibra también muy conocida como es la cabuya que se ha utilizado en la construcción desde época muy remotas, se emplea como material de refuerzo para morteros, revoques y hormigón.

Dosificación 7					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Linaza	Cabuya %	Agua
Mortero Tipo 1	829g	116g	232g	14g	240.3g

Figura 97: Dosificación 7.

Fuente: Elaboración propia 2025.

La cabuya como fibra natural brinda una gran resistencia a la flexión y al impacto, y provocando una ruptura más controlada, la mezcla con el aceite de linaza mejora las condiciones de resistencia a los golpes.

4.7. Moldes para elaboración de las probetas.

Plano del molde (medidas en cm).

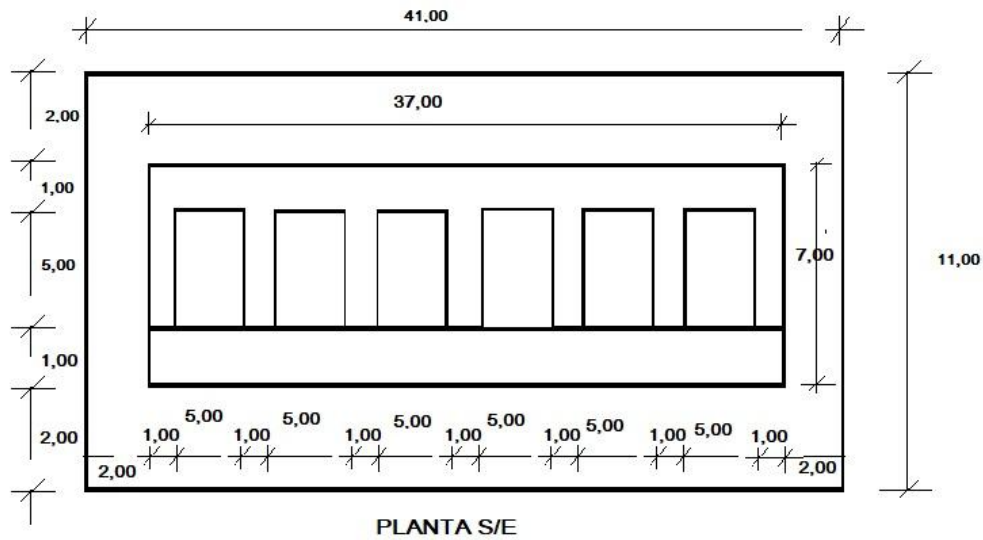


Figura 98: Plano molde.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Para realizar las muestras de ensayo se construyó un molde de madera con dimensiones de 5x5x5cm, un total de 6 unidades formadas en un solo molde para seleccionar 5 y desechar la que presente mayores anomalías.



Figura 99: Moldes de probetas.

Fuente: Fotografía personal 2025.

4.7.1. Preparación de las mezclas.

Para la ejecución de esta parte referente al diseño de mortero se basó en la norma ASTM C 109.

- Secado de la muestra de suelo



Figura 100: Secado del material.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- Triturado



Figura 101: Trituración del material.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- Tamizado

Se utiliza para extraer las partículas de mayor tamaño. Esto se debe hacer con la tierra en estado seco. El método más simple es pasar la muestra seca a través de un tamiz. Existen equipos mecánicos como tamices cilíndricos y seleccionar la composición de la mezcla en función de los requerimientos según los ensayos granulométrico realizados previamente (Minke G. , 2021).

- **Pesado de los materiales.**

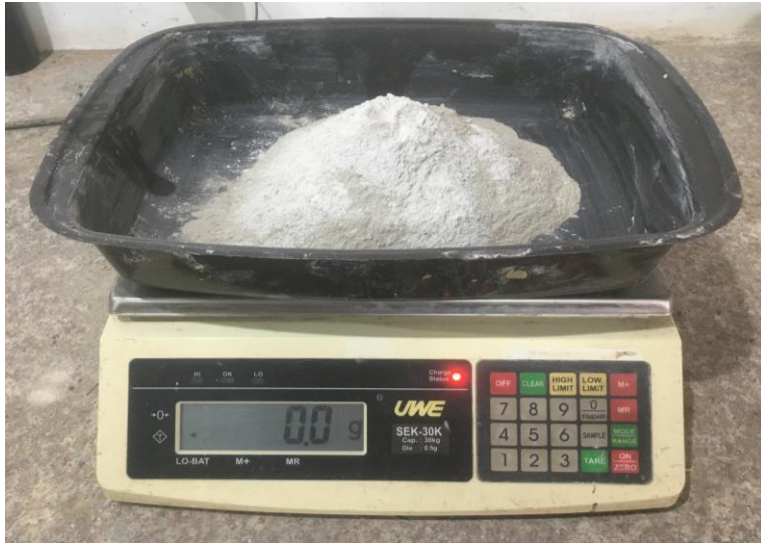


Figura 102: Pesada de la cal.

Fuente: Fotografía personal 2025.



Figura 103: Pesada de la cabuya.

Fuente: Fotografía personal 2025.



Figura 104: Pesada de la linaza.

Fuente: Fotografía personal 2025.



Figura 105: Mezcla final de los materiales.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Colocación del mortero en el molde**

Una vez finalizado con la fundición de las 6 muestras en cada una las probetas con diferentes materiales y aglomerantes, se deja secar por 12 horas a la temperatura del ambiente.



Figura 106: Llenado de los moldes.

Fuente: Fotografía personal 2025.

- **Desmolde de las muestras**

Posterior a las horas de secado se desmolda y se coloca cada muestra en bandejas separadas, se coloca en un lugar seguro para su secado final durante los próximos 7 días.



Figura 107: Desmolde de los cubos.

Fuente: Fotografía personal 2025.



Figura 108: Secado de los cubos.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Cumplido los 7 días de secado procedemos a pesar y se toma las dimensiones de las caras (largo, ancho y espesor) para verificar si hay diferencias a sus medidas iniciales durante los días de secado.

De las 6 muestras realizadas se toma 5 cubos y 1 cubo a elección se guarda para que cumpla con los 28 días de secado y posterior a este periodo de secado se realizará el ensayo pertinente.



Figura 109: Medición de los cubos.

Fuente: Fotografía personal 2025.

4.8. **Ensayo de compresión.**

Este ensayo se realizó en una prensa de compresión de hormigón, en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca, que se encuentra en las instalaciones de CIITT (Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología) Ricaurte.



Figura 110: Prensa de compresión.

Fuente: Fotografía personal 2025.

La finalidad de este ensayo es para comprobar cuánto resiste las muestras de cubos dosificados y establecidos con las diferentes fibras y aglomerantes en su mezcla, de esta manera podré obtener la dosificación más resistente para posteriormente aplicar al revoque de la capa final, el cual es el objetivo buscado en mi trabajo de investigación.



Figura 111: Rotura.

Fuente: Fotografía personal 2025.

Resultados de la resistencia a la compresión de las mezclas.

Una vez realizado todos los ensayos a la compresión de las 35 muestras de cubos de 7 mezclas diferentes, se pudo establecer y verificar que la mezcla 4 dosificada con (Tierra, cal, agua, cabello humano y baba de nopal) obtuvo la resistencia más alta a la compresión de 508,541kgf, llegando a obtener un máximo esfuerzo de 20,3416kgf/cm².

4.8.1. Análisis de los resultados de la resistencia a la compresión.

Los ensayos de esfuerzos a la compresión es un parámetro de medición fundamental para evaluar la calidad las mezclas de revoque de tierra. En esta oportunidad se consideraron 7 muestras diferente a fin de compáralas entre sí, además relacionarlas con la muestra patrón solo tierra y agua en dosificación base obtenida en el ensayo de compactación. Se ensayaron 5 muestras diferentes por cada tipo de mezcla para un total de 35 ensayos de compresión los resultados están resumidos en la tabla siguiente.

Tabla 10: Resumen de las mezclas.

Dosificación base					
Mortero Tipo	Barro	Cal	Baba de nopal /linaza	Paja de monte /fibra cabello humano/cabuya	Agua
Mortero Tipo	7	1	2	1	En gramos
Mortero Tipo 1	1275g	-	-	-	370g
Mortero Tipo 2	829g	116g	232g baba de nopal	14g paja	240,3g
Mortero Tipo 3	829g	116g	232g linaza	14g paja	240,3g
Mortero Tipo 4	829g	116g	232g baba de nopal	14g fibra cabello	240,3g
Mortero Tipo 5	829g	116g	232g linaza	14g fibra cabello	240,3g
Mortero Tipo 6	829g	116g	232g baba de nopal	14g cabuya	240,3g
Mortero Tipo 7	829g	116g	232g linaza	14g cabuya	240,3g

Fuente: Elaboración propia 2025.

Tabla 11: Resumen del esfuerzo a compresión.

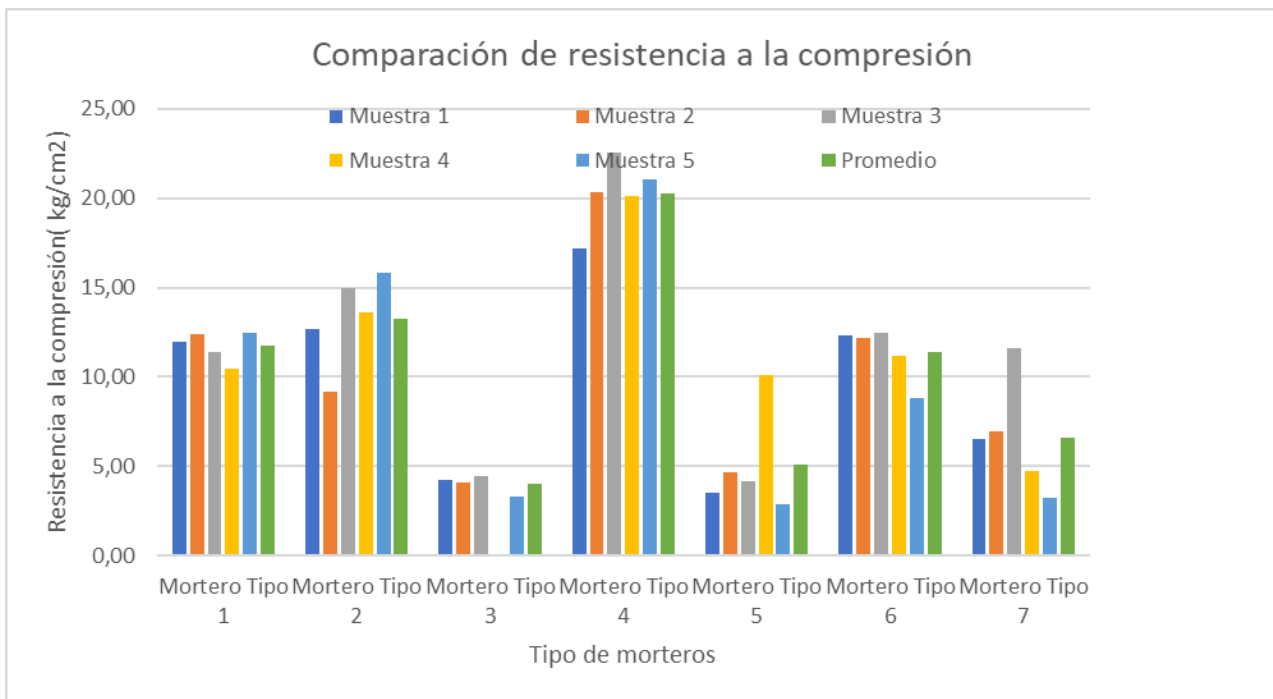
Identificación de la mezcla	# de muestras	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)					Promedio Kg/cm ²	Desviación estándar	Observaciones
		Muestra 1 Kg/cm ²	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5			
Mortero Tipo 1	5	11,93	12,36	11,39	10,49	12,49	11,73	0,82	Muestra patrón
Mortero Tipo 2	5	12,69	9,18	14,96	13,62	15,83	13,25	2,58	
Mortero Tipo 3	5	4,24	4,06	4,35	4,46	3,29	4,01	1,85	
Mortero Tipo 4	5	17,15	20,34	22,57	20,15	21,02	20,25	1,98	
Mortero Tipo 5	5	3,55	4,68	4,20	10,07	2,88	5,08	2,88	
Mortero Tipo 6	5	12,32	12,17	12,43	11,15	8,83	11,38	1,52	
Mortero Tipo 7	5	6,54	6,97	11,64	4,74	3,23	6,62	3,18	

Fuente: Elaboración propia 2025.

Tabla 12: Resistencia a la compresión con relación a la mezcla patrón.

Identificación de la mezcla	# de muestras	Resistencia a la compresión (kg/cm2) Promedio	Desviación estándar	Observaciones
Mortero Tipo 1	5	11,73	0,82	Muestra patrón sin estabilizantes, ni componentes fibrosos.
Mortero Tipo 2	5	13,25	2,58	12,97 % de resistencia a la compresión por encima de la muestra patrón.
Mortero Tipo 3	4	4,01	1,85	65,80 % de resistencia a la compresión por debajo de la muestra patrón.
Mortero Tipo 4	5	20,25	1,98	72,59% de resistencia a la compresión por encima de la muestra patrón.
Mortero Tipo 5	5	5,08	2,88	56,74 % de resistencia a la compresión por debajo de la muestra patrón.
Mortero Tipo 6	5	11,38	1,52	3,02 % de resistencia a la compresión por debajo de la muestra patrón.
Mortero Tipo 7	5	6,62	3,18	43,56 % de resistencia a la compresión por debajo de la muestra patrón.

Fuente: Elaboración propia 2025.



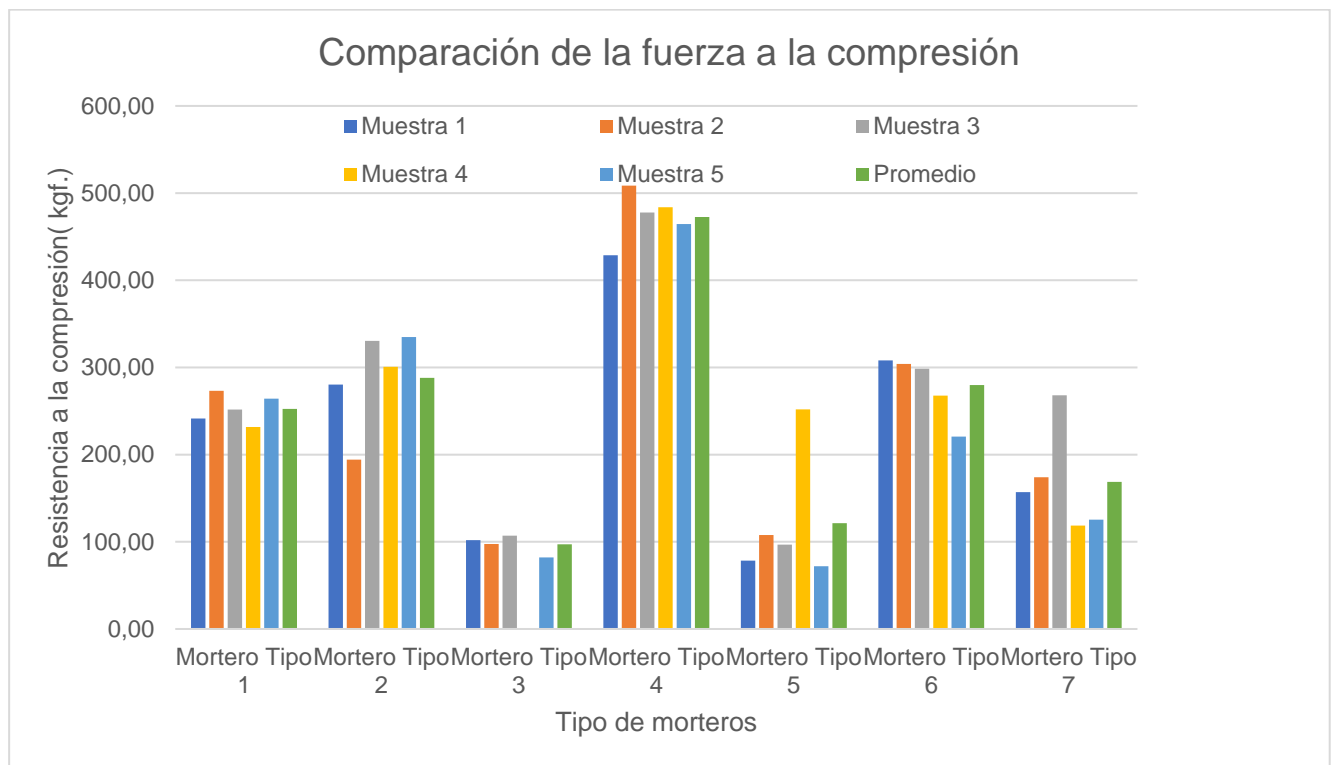
GRÁFICA 4: Resistencia a la compresión, comparación entre mezclas.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Tabla 13: Resumen de la fuerza de compresión.

Identificación de la mezcla	# de muestras	Máxima Fuerza(kgf.)					Promedio	Desviación estándar
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5		
Mortero Tipo 1	5	241,50	273,14	251,65	231,71	264,22	252,44	16,71
Mortero Tipo 2	5	280,27	194,30	330,42	300,79	334,86	288,13	57,00
Mortero Tipo 3	5	101,88	97,44	104,54	107,07	82,14	97,13	44,42
Mortero Tipo 4	5	428,73	508,54	477,68	483,78	464,42	472,63	29,30
Mortero Tipo 5	5	78,45	107,85	96,70	251,84	71,90	121,35	74,34
Mortero Tipo 6	5	308,02	304,13	298,49	267,63	220,66	279,78	36,69
Mortero Tipo 7	5	157,02	174,14	268,14	118,51	125,35	168,63	60,11

Fuente: Elaboración propia 2025.



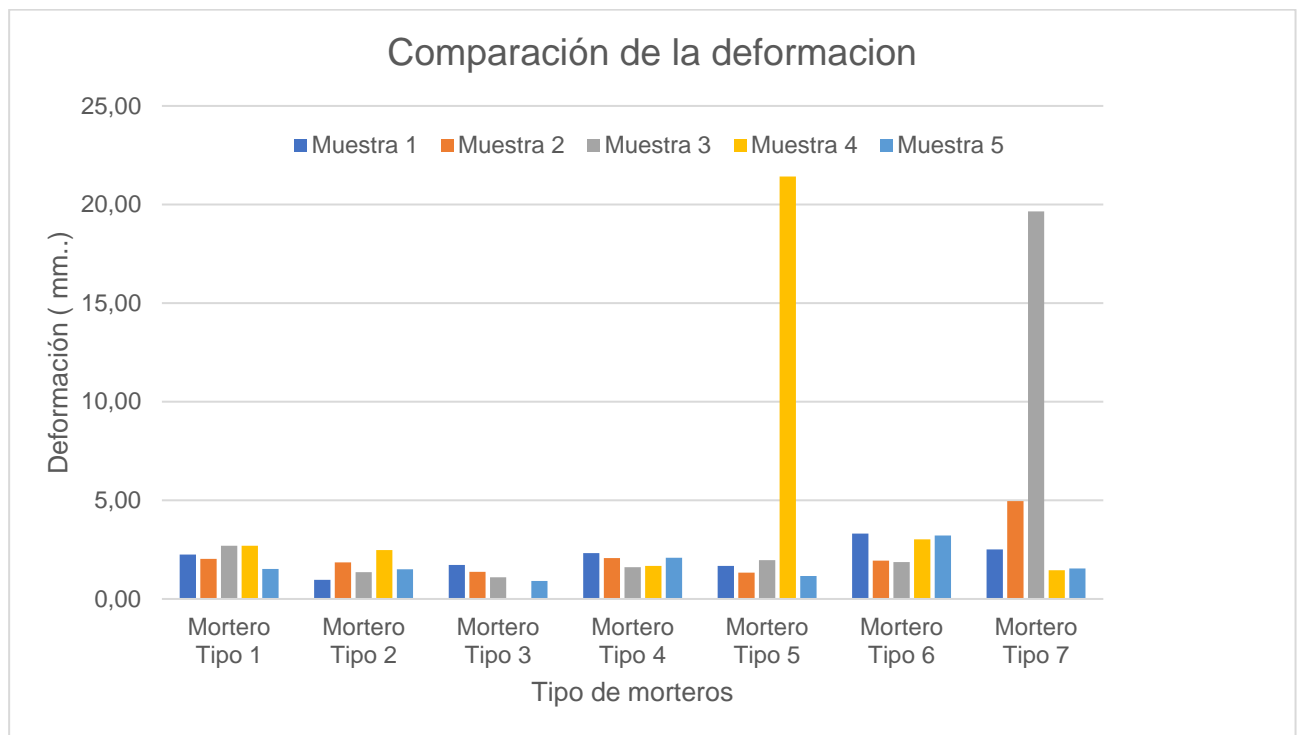
GRÁFICA 5: Comparación de la fuerza de compresión por mezcla.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Tabla 14: Comparación de la deformación por mezclas.

Identificación de la mezcla	# de muestras	Máxima deformación (mm..)					Promedio	Desviación estándar
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5		
Mortero Tipo 1	5	2,25	2,04	2,70	2,70	1,52	2,24	0,50
Mortero Tipo 2	5	0,97	1,85	1,36	2,48	1,50	1,63	0,57
Mortero Tipo 3	4	1,72	1,38	2,40	1,10	0,91	1,28	0,65
Mortero Tipo 4	5	2,33	2,07	1,61	1,68	2,09	1,96	0,30
Mortero Tipo 5	5	1,68	1,34	1,97	21,42	1,17	5,51	8,90
Mortero Tipo 6	5	3,31	1,94	1,87	3,02	3,22	2,67	0,71
Mortero Tipo 7	5	2,51	4,96	19,66	1,46	1,55	6,03	7,75

Fuente: Elaboración propia 2025.



GRÁFICA 6: Comparación de la deformación entre mezclas.

Fuente: Elaboración propia 2025.

4.9. Aplicación de la mezcla 4 para el terminado de la capa final del revoque.

Este resultado de máximo esfuerzo a la compresión indica que la dosificación de la mezcla 4 es la más óptima y por ende será la que se utilizará para construir la capa final o capa superficial de acabado final que es el objeto principal de la investigación llevada a cabo en esta oportunidad. Esta dosificación garantiza una mezcla de mejor calidad que las restantes 6 mezclas y garantiza un mejor comportamiento a la disgregación de las partículas por efecto de los agentes externos que actúan sobre la superficie.

4.9.1. Preparación de la mezcla

Manteniendo las proporciones en peso especificadas en la dosificación de la mezcla # 4 (829g de barro + 116g de cal + 232g baba de nopal + 14g fibra cabello + 240,3g de agua), se procede a preparar el mortero para la aplicación de la última capa o revestimiento superficial, teniendo en cuenta considerar material arcilloso pasante de la malla 200 (fino) y contenido de humedad en función de los valores logrados en la prueba de compactación (humedad óptima), para lograr una mortero con características óptima debe seguirse los procedimiento de mezclado descritos anteriormente en los títulos 2.8.4 procedimiento para la preparación de la mezcla en el cual se detalla pormenorizadamente por (Bozzano Ciavaglia, 2017) y 4.7.1 preparación de la mezcla tal como lo referencia (Minke G. , 2021). Una vez listo el material se dejará reposar por 48 horas, dónde la mezcla de los materiales y aglomerantes logran adquirir características de un buen manejo y mejor adherencia a la capa de barro del primer revoque, también, es importante para lograr la adherencia del revoque existente con la capa de acabado superficial o ultima capa se aplica humedecimiento previo, debe tenerse en cuenta el tiempo de fraguado del revoque el cual se estima en un tiempo de mínimo de 15 días.

4.9.2. Humedecer



Figura 112: Humedecimiento.

Fuente: Elaboración propia 2025.

Antes de la aplicación del nuevo mortero de tierra capa superficial , se procede a humedecer con la baba de nopal con la finalidad que sirva como elemento de fijación(pega) entre las superficies del revoque existente y la nueva capa de revestimiento superficial , esto se hace mediante la ayuda de una brocha o cualquier herramienta practica de utilidad para tal fin, una vez que se haya aplicado el producto en toda el área de manera uniforme se procederá a colocar el revestimiento final o capa superficial.

4.9.3. Aplicación de la mezcla

Una vez aplicado la baba de nopal para humedecer la superficie a revocar, seguidamente se procede con la aplicación del mortero preparado (mezcla 4), la cual se puede hacer de varias maneras brochas, rodillos, cepillos de albañilería, pistolas etc. y con diferentes herramientas en esta oportunidad se hizo mediante la utilización de llana de albañilería. La finalidad es lograr un revestimiento uniforme y homogéneo en toda la superficie, esto garantiza un acabado con apariencia aceptable visualmente.



Figura 113: Revoque final o capa superficial.

Fuente: Elaboración propia 2025.

4.9.4. Secado

Al finalizar con la parte del revoque final o capa de acabado final con un espesor de 3mm., se deja secar a la temperatura ambiente por un tiempo no menor a los 15 días, con la finalidad de lograr que el mortero alcance su mayor capacidad de resistencia al esfuerzo a la compresión y por ende mejor resistencia a la disgregación de las partículas por efectos de los agentes externos o intemperies.



Figura 114: Secado.

Fuente: Elaboración propia 2025.

4.9.5. Acabado final.

Una vez logrado el acabado final y alcanzar un fraguado adecuado la superficie toma un color blanco, generado por el uso de la cal en el mortero y presenta un acabado muy liso y sin mostrar ninguna fisura o grieta que se pueda visualizar a simple vista, tampoco se puede evidenciar ninguna disgregación de las partículas finas , estos nos da a entender que el mortero utilizado para la mezcla cumple con los requerimientos para proteger el revoque a la disgregación de las partículas por efecto de los agentes externos o intemperie tal como se puede visualizar en la Figura 115.



Figura 115: Acabado final.

Fuente: Elaboración propia 2025.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, que demuestran que la incorporación de aditivos naturales, tienen una influencia significativa en el comportamiento de las mezclas de revoque de tierra. Como se evidencia en las variaciones halladas en los esfuerzos de compresión de la Tabla 12, donde se comparan las diferentes mezclas con la mezcla patrón, se observan las siguientes variaciones:

La mezcla 2, presenta un aumento de 12,97 % de resistencia a la compresión por encima de la muestra patrón.

La mezcla 3 disminuye su capacidad a la resistencia a la compresión en un 65,80 % de por debajo de la muestra patrón.

La mezcla 4 mejora en un 72,59% de resistencia a la compresión por encima de la muestra patrón.

La mezcla 5 disminuye su capacidad a la resistencia a la compresión en 56,74 % por debajo de la muestra patrón.

La mezcla 6 disminuye en 3,02 % de resistencia a la compresión por debajo de la muestra patrón.

La mezcla 7 disminuye en un 43,56 % de resistencia a la compresión por debajo de la muestra patrón.

La mezcla correspondiente a la muestra n.º 4 presenta las mejores capacidades de soporte de esfuerzos de compresión, que son fundamentales para medir la capacidad de resistencia a la disgregación de las partículas superficiales y a la deformación. Por tanto, puede considerarse la mezcla óptima para utilizarla en los revoques superficiales, teniendo en cuenta las diferentes mezclas analizadas.

De las observaciones realizadas a los paneles se puede deducir que la mezcla 4 es la más adecuada como capa superficial de acabado final del panel, ya que presenta una superficie homogénea y de buena apariencia, sin daños aparentes.

5.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere profundizar en los estudios y realizar ensayos adicionales para evaluar otros parámetros, como la absorción de agua, la prueba de fricción y abrasión y la densidad. Además, se recomienda documentar los resultados con registros visuales y gráficos de los paneles durante un periodo de tiempo mucho mayor, someter la superficie a diferentes ensayos que demuestren la capacidad de disgregación de la mezcla aplicada y elaborar paneles con mezclas diferentes para facilitar el análisis comparativo.

Se deben realizar otras investigaciones futuras sobre el uso de otros estabilizantes para la tierra (cemento), con el fin de compararlos, ya que nuevas investigaciones indican que los estabilizantes sintéticos ofrecen mejores resultados en cuanto a adherencia, permeabilidad y acabados.

Incentivar y difundir el uso de esta mezcla entre los nuevos constructores, tanto profesionales como empíricos, debido a sus múltiples beneficios en cuanto a capacidad de resistencia a la compresión.

Difundir los resultados de la presente investigación con el objetivo de generalizar el uso de esta mezcla, que brindaría una alternativa de construcción respetuosa con el medioambiente y económica.

Se propone a los entes gubernamentales la creación de una base de datos y recopilación de estudios similares que puedan facilitar su difusión y conocimiento, y que sirvan de base para estandarizar y popularizar el uso de este tipo de acabados superficiales como actividad ecológica y sostenible.

6. BIBLIOGRAFÍA

- QUIZHPE VACACELA, P. F. (2016). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO BAHAREQUE EN GALLUCHAQUI, PARA LA VIVIENDA TRADICIONAL DE LA CULTURA SARAGURO. *UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO*.
- Cano-Martínez, M. N., Ramos-Venegas, P., Cabrera-Macedo, A., & Ojeda-Sánchez, J. A. (2023). Efecto en las propiedades térmicas de revoques de tierra estabilizados con fibras de gabazo de caña,. *Legado de Arquitectura y Diseño, Vol. 19, No. 35, enero - junio 2024. ISSN: 2007-3615, E-ISSN: 2448-749X, pp. 79-86*.
- Gárate Peralta, E. L., & Morales Loyola, J. A. (2016). Propuesta de un Panel Industrializado. *UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO*.
- García, G., Tamayo, J., & Malo , G. (2018). *Arquitectura Vernácula en Azuay y Cañar. Apuntes para la comprensión del proceso constructivo*. ISBN: 978-9978-14-413-8.
- Román, D., & Guzmán Mendoza. (2023). Bloques de concreto con adición de ceniza de caña de azúcar y concreto reciclado en Lambayeque, Perú. *Revista Pakamuros*, 102-120.
- Soto Toledo, K. H., & Monteros Cueva, K. (2024). Análisis y determinación de patologías constructivas en edificaciones de tierra de comunidades indígenas de los Andes, Ecuador. *European Public & Social Innovation Review*.
- "Casa Kaizen / Rama Estudio" . (2022). *Casa Kaizen / Rama Estudio*. Obtenido de ArchDaily en Español: <https://www.archdaily.cl/cl/972764/casa-kaizen-rama-estudio>> ISSN 0719-8914
- Abad Vega, M., Aguirre Deleg, J., & Fanegas paredes, F. (2012). *Diseño de Paneles Prefabricados de tierra*.
- Achig, M. C., Zúñiga, M., Van-Balen, K., & Abar, L. (2013). Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. *Maskana*.
- Altamirano León, J., Palacios de Sepúlveda, G., & Ordóñez Idrovo, M. (1986). Mejoramiento de las técnicas tradicionales de producción de vivienda rural. *Quilloac-Cañar*.
- Aranzaens Olazabal, R., & Velarde Rondan, R. S. (2021). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO CON ÁRIDOS RECICLADOS Y FIBRAS DE BAMBÚ, AREQUIPA 2021. *Repositorio de tesis UCSM*.
- Bernal-Guerrero, A. E. (2021). Educación emprendedora. Fundamentos y elementos para la transferencia e innovación pedagógica.
- Blondet, M., García, G. V., & Brzev, S. (2003). Construcciones de adobe resistentes a los terremotos. *Enciclopedia Mundial de la Vivienda*.
- Bozzano Ciavaglia, B. (2017). *ACABADOS Y REVESTIMIENTOS EN EL DISEÑO DE ARQUITECTURA DE TIERRA*.

- Broto, C. (2006). Tratado Broto de Construcción. Patología de los materiales de Construcción. *Barcelona, España: Estructure. Building Code Requirement for Structural Concrete ACI-318-2011.*
- Cabrera Cordova. (2019). *Transmitancia térmica de sistemas constructivos en tierra.* Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/>
- Calderon , A. (1985). *SARAGURO HUASI la casa "en la tierra del maiz".* Cuenca - Ecuador: Separacion de colore.
- Calle, A., Sánchez, A., Hernán, J., Tapia Abril, A., Ordoñez Alvarado, G., Aragón, M., & Heredia, E. (2016). Declaraciones consensuadas del Seminario-Taller: "Arquitectura Sostenible" Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador. . *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.*
- Carazas Aedo, W. &. (2002). *Bahareque: Guía de construcción parasísmica.*
- Cárdenas Haro, X. R., Cardenas Alvarez, A. A., & Sarmiento Aviles, J. (2018). EL ALIVIANAMIENTO EN EL TAPIAL. Papel presentado en IV Encuentro PRECOM3OS 2017, CUENCA.
- Casa experimental de Tapial . (2025). "Casa experimental de Tapial/Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser" . Obtenido de ArchDaily en Español. : <https://www.archdaily.cl/cl/943431/casa-experimental-de-tapial-estudio-de-arquitectura-y-planificacion-kaiser>>
- Castillo Rodríguez , A. P., & García Navarro, J. (2023). *Compuestos de yeso con adición de fibras textiles posconsumo.* Obtenido de Informes de la Construcción: <https://doi.org/10.3989/ic.6205>
- CRAterre. (2012). *TALLER MATERIAS PARA CONSTRUIR.* (CRAterre) Obtenido de [http:// craterre.org](http://craterre.org)
- Cuitiño, G., Esteves, A., Maldonado, G., & Rotonda. (2015). Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. *Informes de la Construcción.*
- Farfán, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador . Editorial Abya-Yala.* Editorial Abya-Yala.
- Fratini, F., Pecchioni, E., Rovero, L., & Tonietti. (2011). The earth in the architecture of the historical centre of Lamezia Terme (Italy):Characterization for restoration. *Applied clay science.*
- GADIC Cañar. (2025). *Página Oficial del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cañar.* Obtenido de <https://www.canar.gob.ec>
- Gaitan Castillo, M. G. . (2020). Sistemas de aislamiento acústico para el control del ruido en los talleres de música, danza, teatro y pintura de un centro cultural. *Cajamarca-2019.*
- Galarza Viera, J. L. (2020). Fabrica de tierra estabilizada con adición de fibra del bagazo de caña aplicado a viviendas rurales. *Repositorio Institucional Univeridad Politecnica de Madrid.*
- García Villar, G. (2023). Evaluación de la adherencia de capas de agarre para revoques de tierra sobre paredes de técnica mixta. Memorias Del Seminario Iberoamericano De Arquitectura Y Construcción Con Tierra - SIACOT. *SIACOT.*
- García Villar, G. (2023). *Variabilidad de la adherencia de revoques sobre paneles de tierra.* Obtenido de Informes de la Construcción: <https://doi.org/10.3989/ic.6211>
- García, G., Caldas, V., & Vázquez, M. (2020). Errores Comunes Durante la Intervención en la Arquitecturavernacula en Tierra. *REHABEND.*

- Garzón, L. E., & Martins Neves, C. M. (2007). Investigar, formar, capacitar y transferir.: Los grandes desafíos de la arquitectura y construcción con tierra. . *Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural-Journal of Cultural Heritage Studie*.
- Guachun Acebedo, D. I. (2024). Prototipo de tapial prefabricado alivianado adaptado a las características del suelo de la parroquia El Cabo.
- Guerrero Baca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra: Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes: . Revista de estudios sobre patrimonio cultural-Journal of Cultural Heritage Studies*.
- Guerrero Baca, L. F. (2020). *El uso de tierra modelada en la intervención de componentes constructivos de adobe*. Obtenido de Intervención: .<https://doi.org/10.30763/intervencion.236.v2n22.15.2020>
- Henneberg, A. (2007). LESIONES QUE SUFREN LOS MUROS DE BAHAREQUE. *Tecnología Constructiva* .
- Henneberg, A. (2011). CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL BAHAREQUE EN EL ESTADO ZULIA. *TC*.
- Hernanz Jiménez, M. . (2023). *Arquitectura sismorresistente*. . Obtenido de Más allá de las fronteras.
- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). de l'article/du chapitre earth construction. *A comprehensive guide. distributeur Craterre-Eag*.
- INPC. (2025). *Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador*. Obtenido de <https://www.patrimoniocultural.gob.ec> › informe-de-ge...
- Lasheras, J. C., VILLERMAUX, E., & Hopfinger, E. J. (1998). Break-up and atomization of a round water jet by a high-speed annular air jet. . *Journal of Fluid Mechanics*.
- MAGAP. (2015). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <http://www.agricultura.gov.ec>.
- Maldonado Valverde, A. F. (2017). Estrategias para la conservación de la cultura constructiva de bahareque en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.
- Minke, G. (2005). Manual de construcción de viviendas sismorresistentes de tierra . X-change.
- Minke, G. (2021). Manual de construcción en tierra Geront Minke. *CONSTRUCCIONES UCE, UNIDOS CONSTRUIMOS ECUADOR® Ing. Paulina Viera Arroba*.
- Monclus, J., Bambó, R., & Medina, C. D. (2022). Sobre teorías urbanísticas, regeneración urbana y espacios abiertos. *Exploraciones de PUPC. Article in VLC Arquitectura Research Journal.*<https://doi.org/10.4995/vlc.2022.17777>.
- Pesántez Moyano, M. P. (2012). *Confort térmico en el área social de una vivienda unifamiliar en Cuenca-Ecuador*.
- Pineda Uribe, J. C. (2017). Características y patologías constructivas del bahareque tradicional en la vereda San Pedro del municipio de Anserma (Caldas) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Prieto, L. F. (2023). *Casa de tierra*. Obtenido de ArchDaily en Español: <https://www.archdaily.cl/cl/1006555/casa-de-tierra-lara-fuster-prieto>> ISSN 0719-8914
- PROTIERRA. (2020). PROTOCOLO DE ENSAYOS DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUELOS.

- Salas Serrano, J., Ferrero, A., & Lucas Alonso, P. (2012). Utilización de componentes neutros de construcción en Latinoamérica. *Revista INVI*,.
- Sanchis Mullor, F. (2009). *LA ARQUITECTURA DE TIERRA. EVOLUCIÓN A TRAVÉS DE LA HISTORIA*. *Universitat Politècnica de València*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/14222>. Obtenido de Sanchis Mullor, F.J. (2009). *LA ARQUITECTURA DE TIERRA. EVOLUCIÓN A* [Thttps://riunet.upv.es/handle/10251/14222](https://riunet.upv.es/handle/10251/14222)
- Segama Manrique, C. C. (2020). Uso de tierra para el revestimiento de muros de material rústico y su influencia estética en las edificaciones del distrito de Chongos Bajo al 2020. *Repositorio Institucional Contineal , tesis digital*.
- Serrano Lara, M., & Naudon Muñoz, S. (2017). Arquitectura contemporánea con pertinencia local en San Pedro de Atacama, Chile. *Memorias del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. SIACOT*.
- Serrano, M. R., Barquín, H. S., & Serrano, A. R. (2024). SDel agave a la arquitectura en tierra.: Aprovechamiento de fibras naturales de los desechos de la agroindustria en la fabricación del adobe biocompósito. . *Ge-conservacion*.
- Silva, A., & Uría, G. (2024). *Recuperación de morteros de la época colonial: para su aplicación en la restauración*.
- Vacacela Albuja, N. P. (2015). *PANELES DE BAHAREQUE PREFABRICADO Y APLICACIÓN A UNA VIVIENDA*. *Universidad Estatal de Cuenca*.
- Yepez Tambaco, D. A. (2012). Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable.

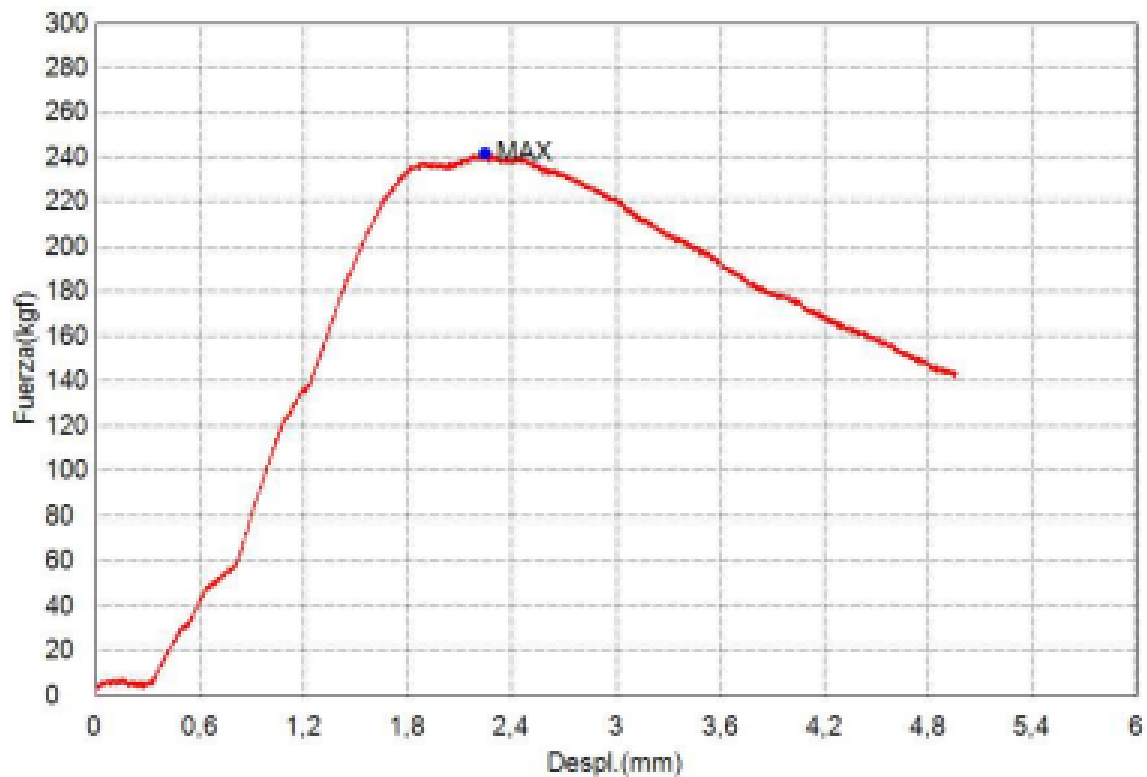
7. ANEXOS

- Ensayos de compresión mezcla 1.

Muestra 1 mezcla 1

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1257.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

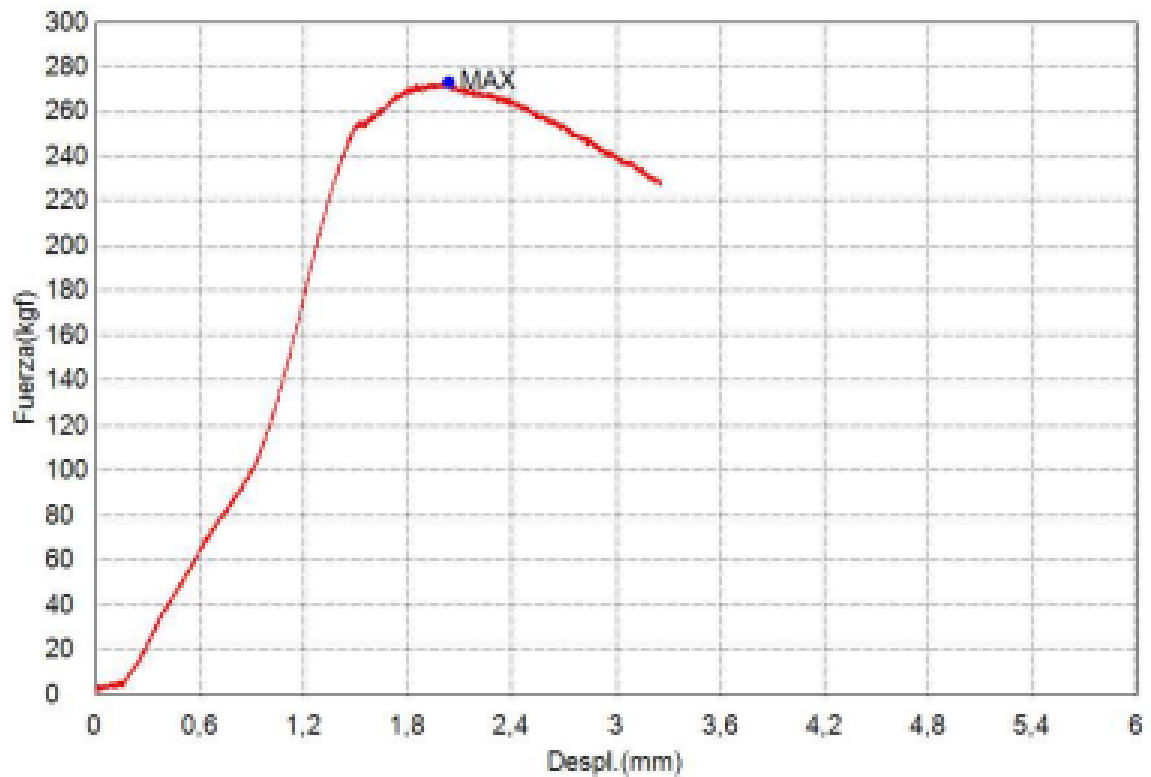
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	241,499	11,9259	2,24963	4,99917
Media	241,499	11,9259	2,24963	4,99917
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 2 mezcla 1

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1257_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

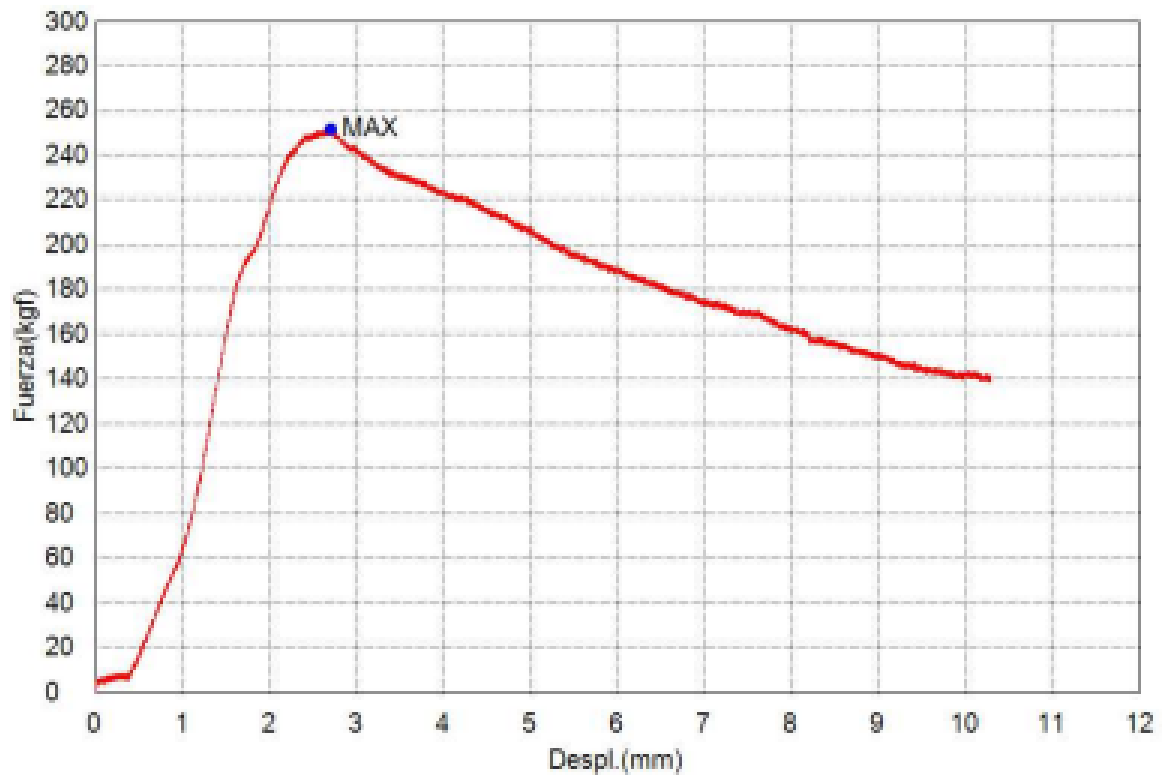
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	273,136	12,3647	2,03663	4,33325
Media	273,136	12,3647	2,03663	4,33325
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 3 mezcla 1

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1312.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

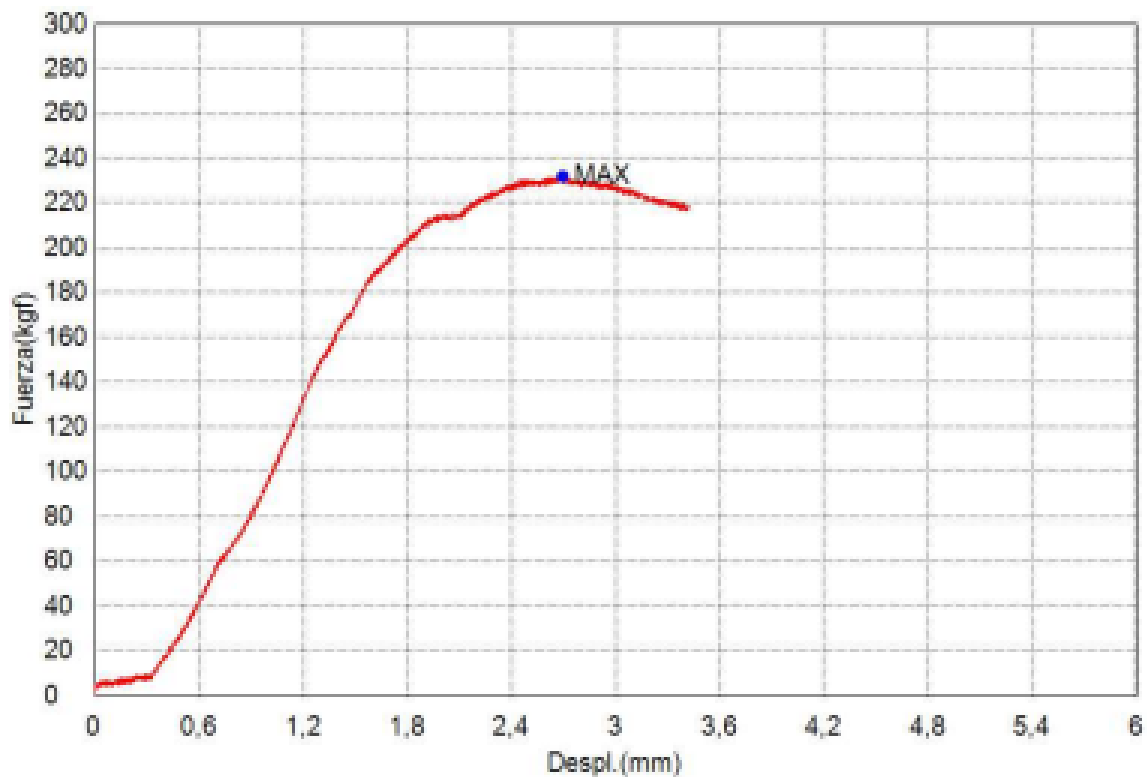
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	251,645	11,3918	2,69863	5,74176
Media	251,645	11,3918	2,69863	5,74176
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 1

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1317.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

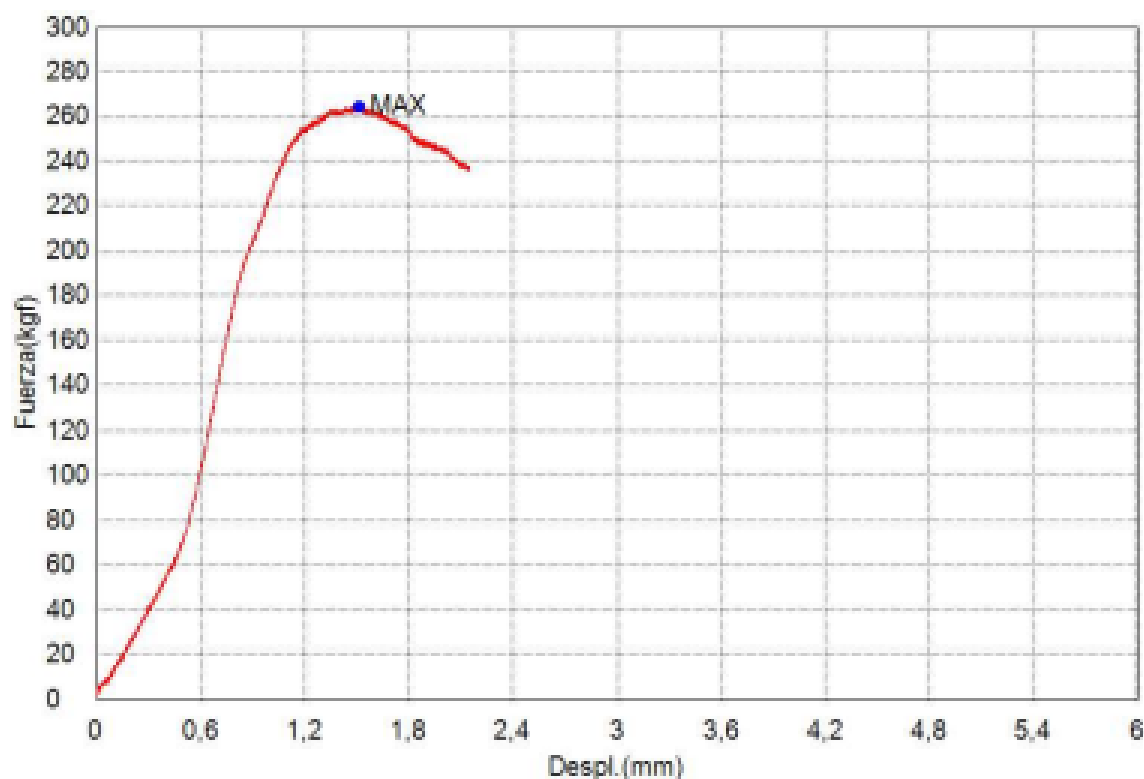
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	231,709	10,4893	2,69663	5,73750
Media	231,709	10,4893	2,69663	5,73750
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 1

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1320.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	264,222	12,4869	1,51788	3,29973
Media	264,222	12,4869	1,51788	3,29973
Desviacion Estandar	-	-	-	-
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

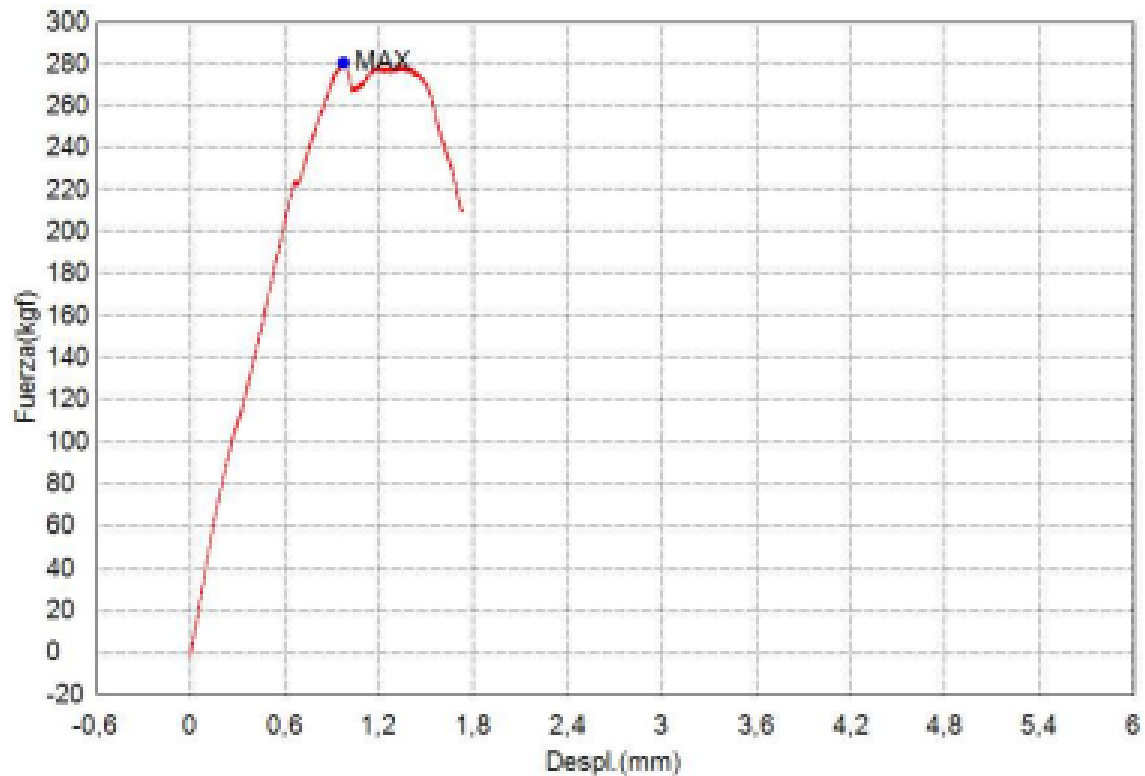


- Ensayos de compresión mezcla 2.

Muestra 1 mezcla 2

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1323.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

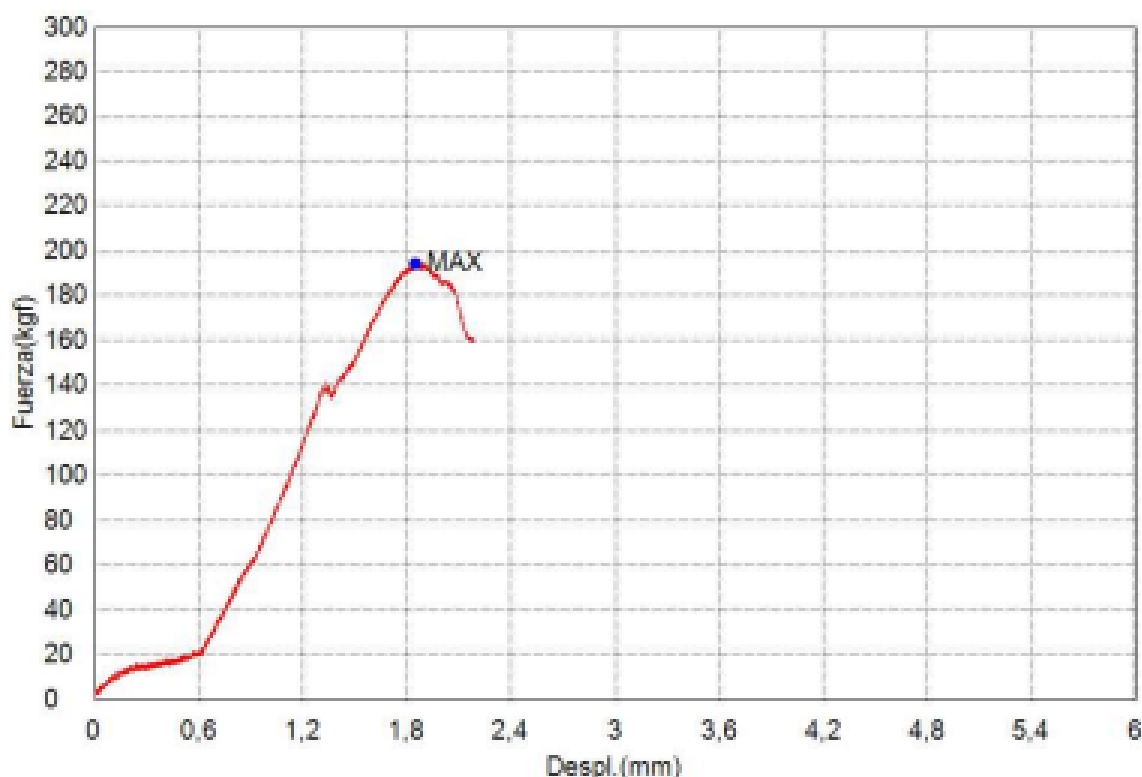
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	280,268	12,6876	0,97138	2,06676
Media	280,268	12,6876	0,97138	2,06676
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 2 mezcla 2

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1328_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

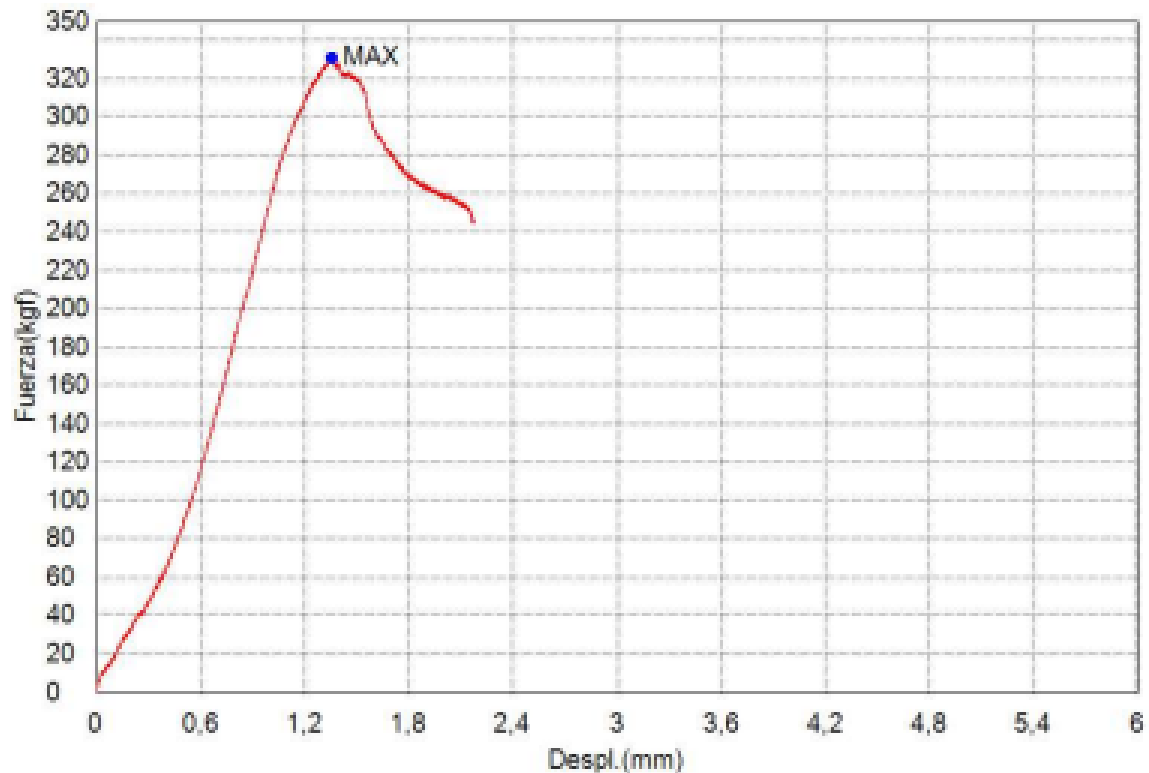
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	194,301	9,18246	1,85250	4,02717
Media	194,301	9,18246	1,85250	4,02717
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 3 mezcla 2

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1332_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

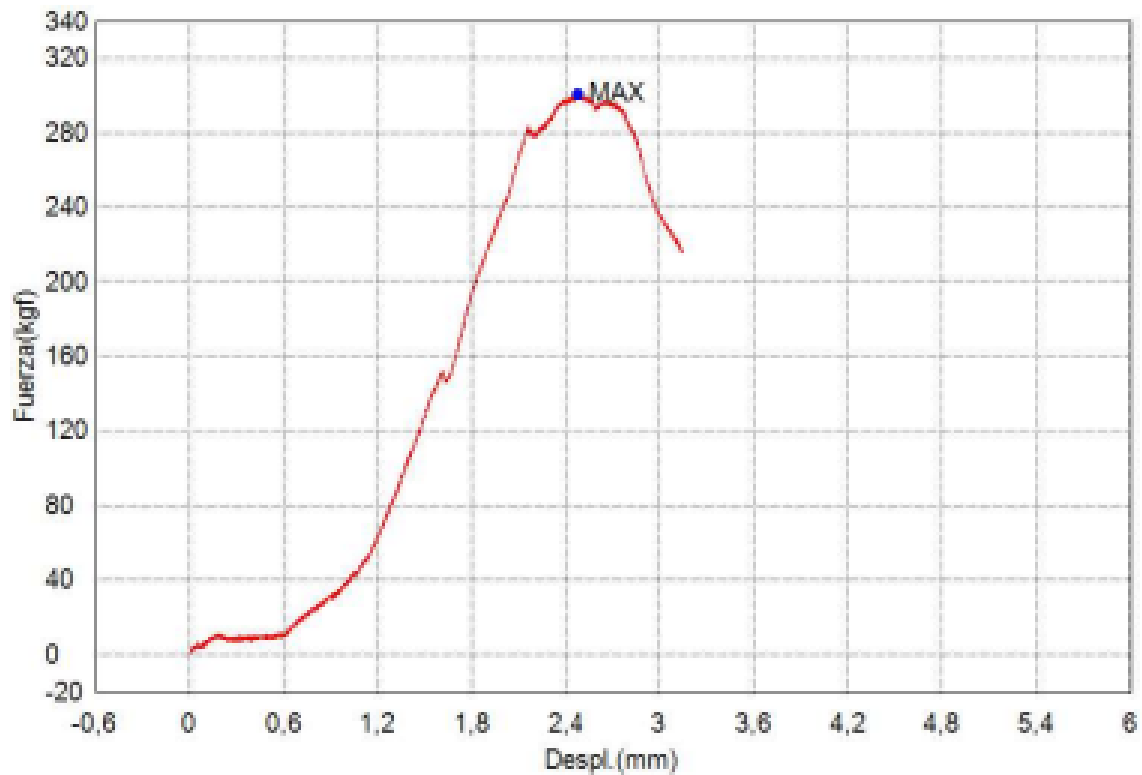
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	330,415	14,9577	1,35725	2,88777
Media	330,415	14,9577	1,35725	2,88777
Desviacion Estandar	-,-	-,-	-,-	-,-
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 2

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1336.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

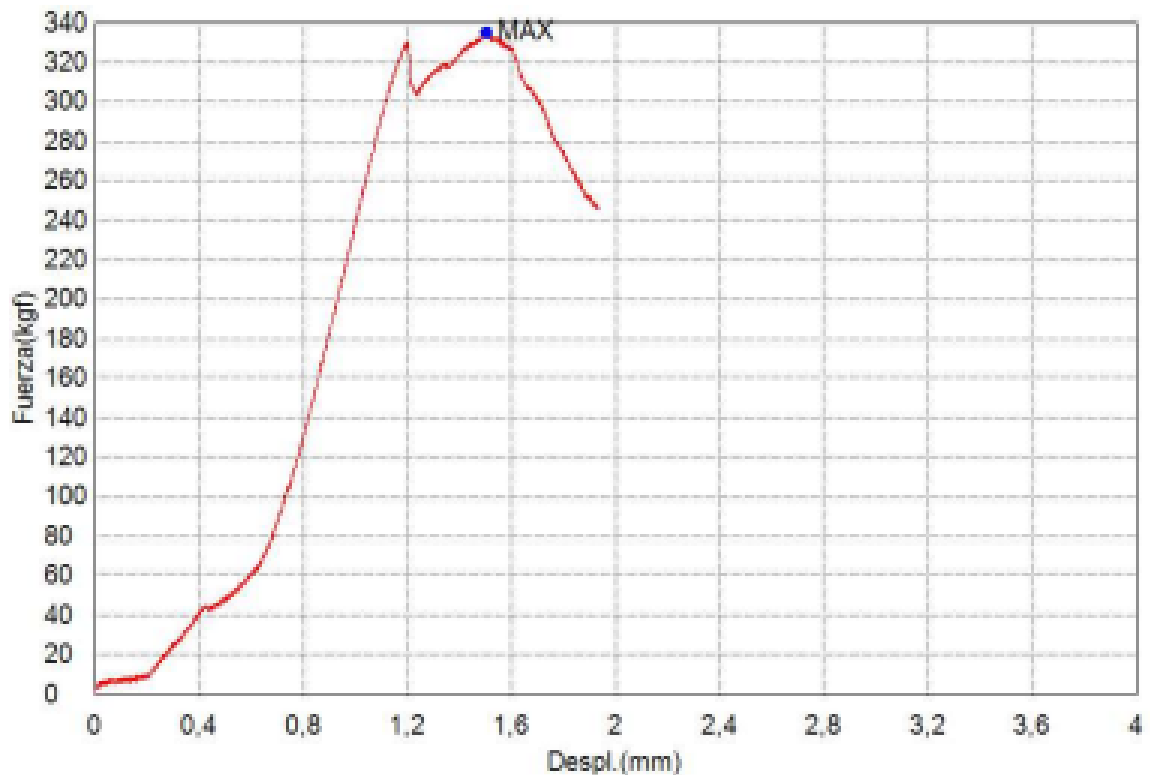
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
I_1	300,787	13,6164	2,48038	5,27739
Media	300,787	13,6164	2,48038	5,27739
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 2

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1339_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	334,856	15,8250	1,50438	3,27038
Media	334,856	15,8250	1,50438	3,27038
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

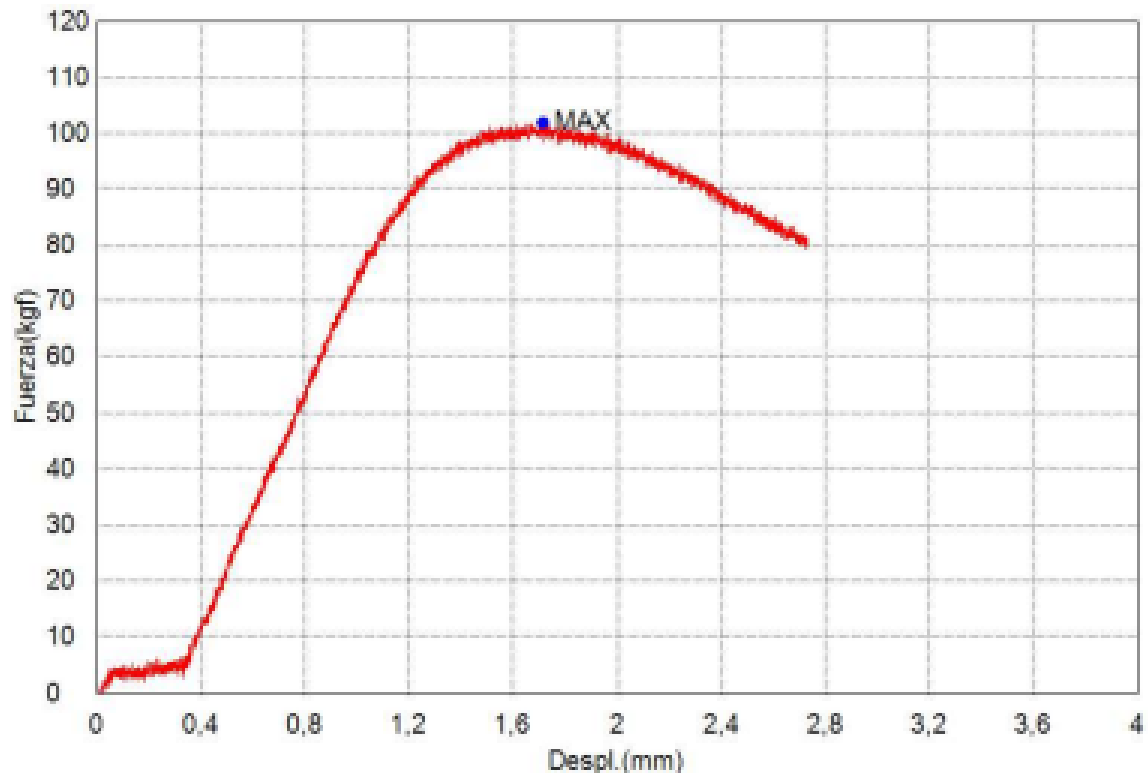


- Ensayos de compresión mezcla 3.

Muestra 1 mezcla 3

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1342.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

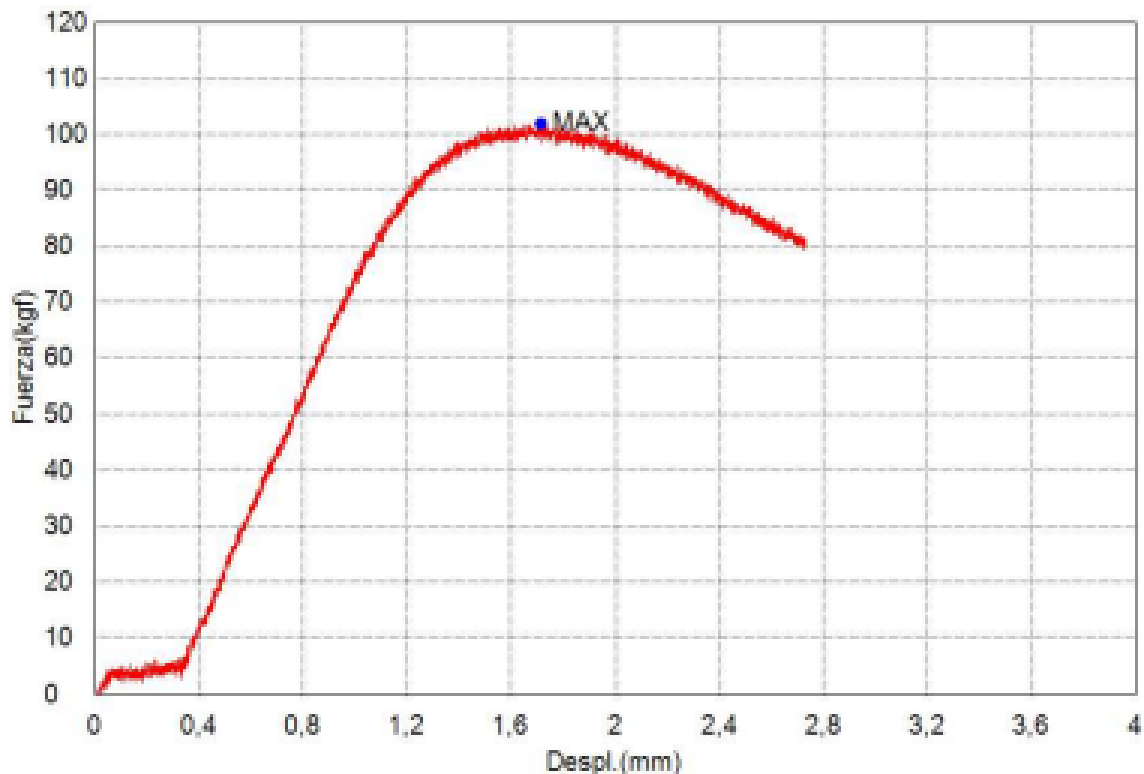
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	101,883	4,24337	1,72050	3,51123
Media	101,883	4,24337	1,72050	3,51123
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 2 mezcla 3

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1342_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

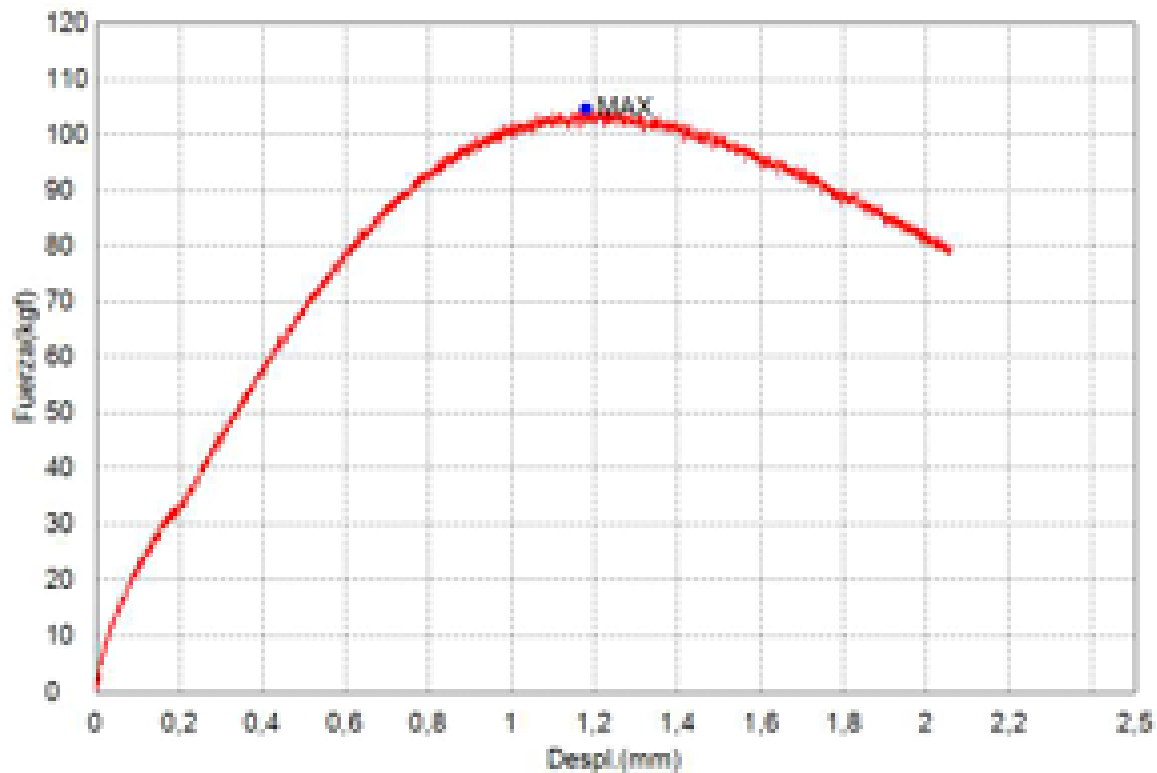
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	101.883	4.24337	1.72050	3.51123
Media	101.883	4.24337	1.72050	3.51123
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



Muestra 3 mezcla 3

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1348.etux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	6/8/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	N° de partidas:	1
N° de muestras:	1		

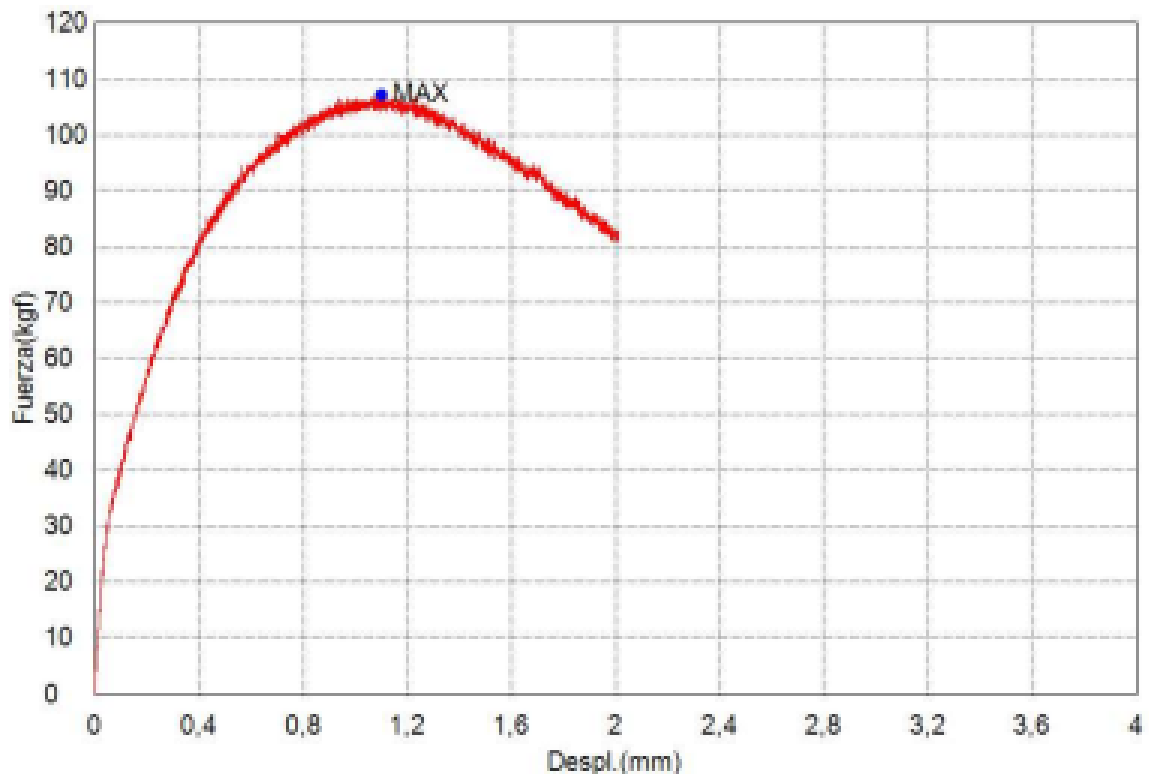
Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Area Unidad kgf	Max_ESFUERZO Calc. at Entire Area kgf/cm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Area mm	Max_Deformacion Calc. at Entire Area %
1_1	104,541	4,35407	1,17860	2,40714
Media	104,541	4,35407	1,17860	2,40714
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 3

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1351.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

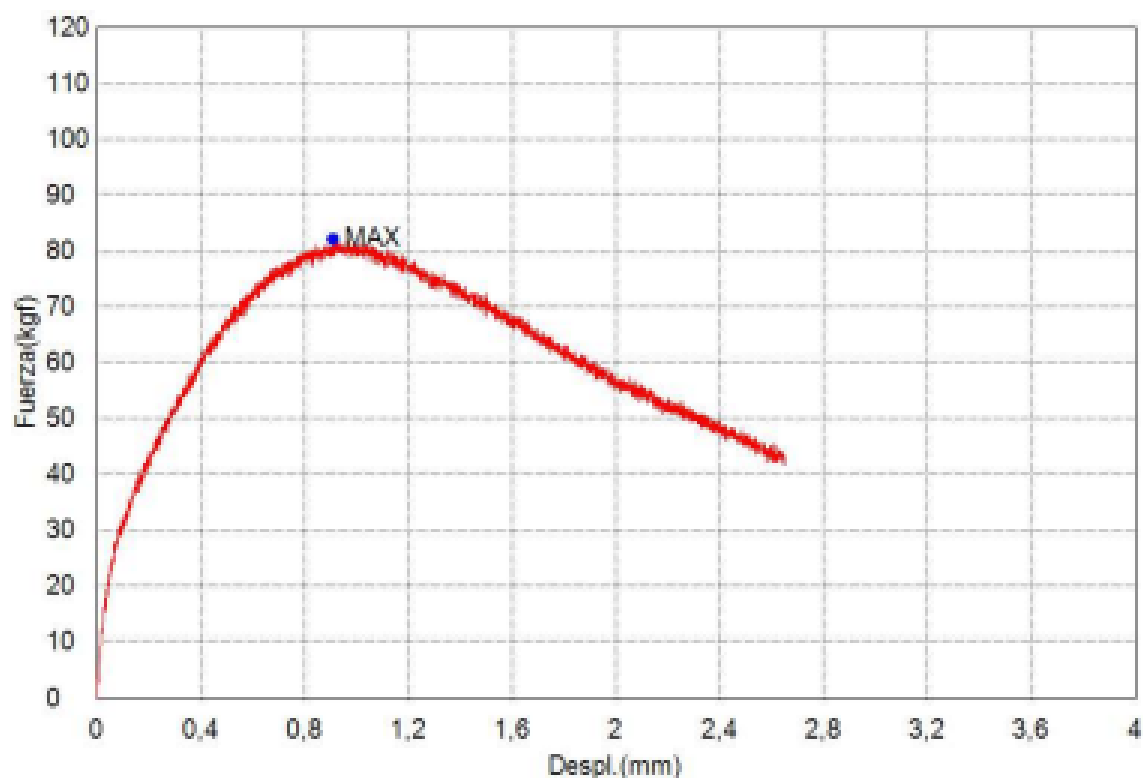
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	107,070	4,45938	1,10013	2,24515
Media	107,070	4,45938	1,10013	2,24515
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 3

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1353_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	82,1419	3,28568	0,91025	1,82050
Media	82,1419	3,28568	0,91025	1,82050
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

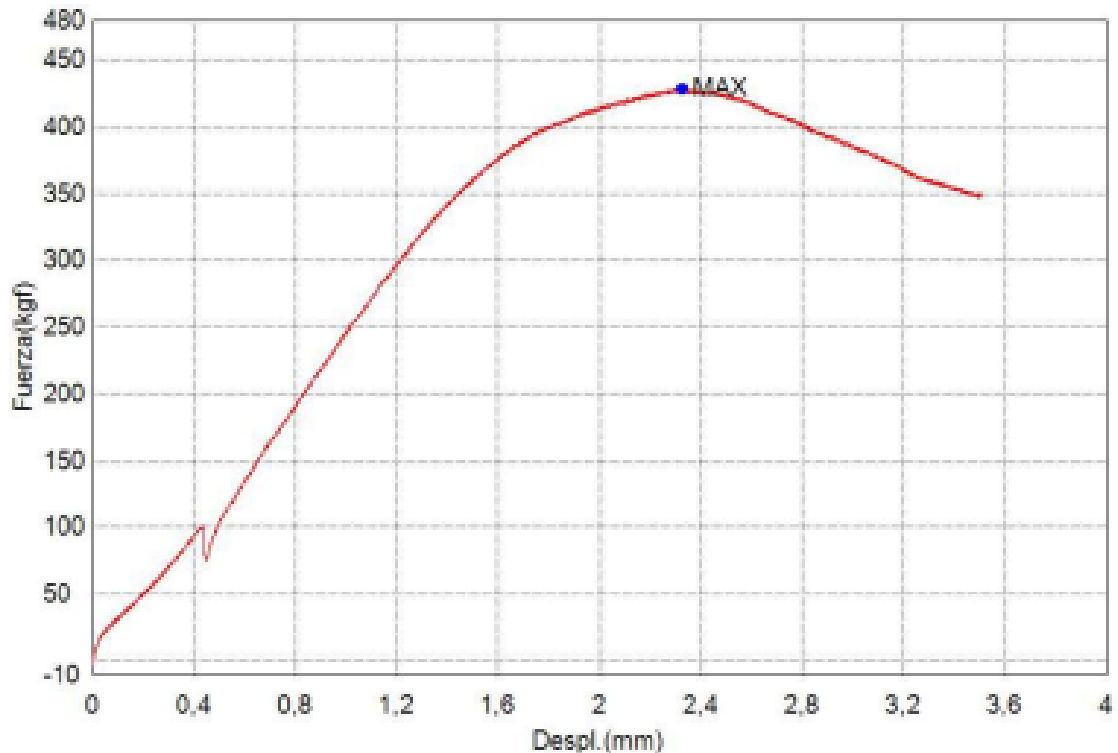


- Ensayos de compresión mezcla 4.

Muestra 1 mezcla 4

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1353_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

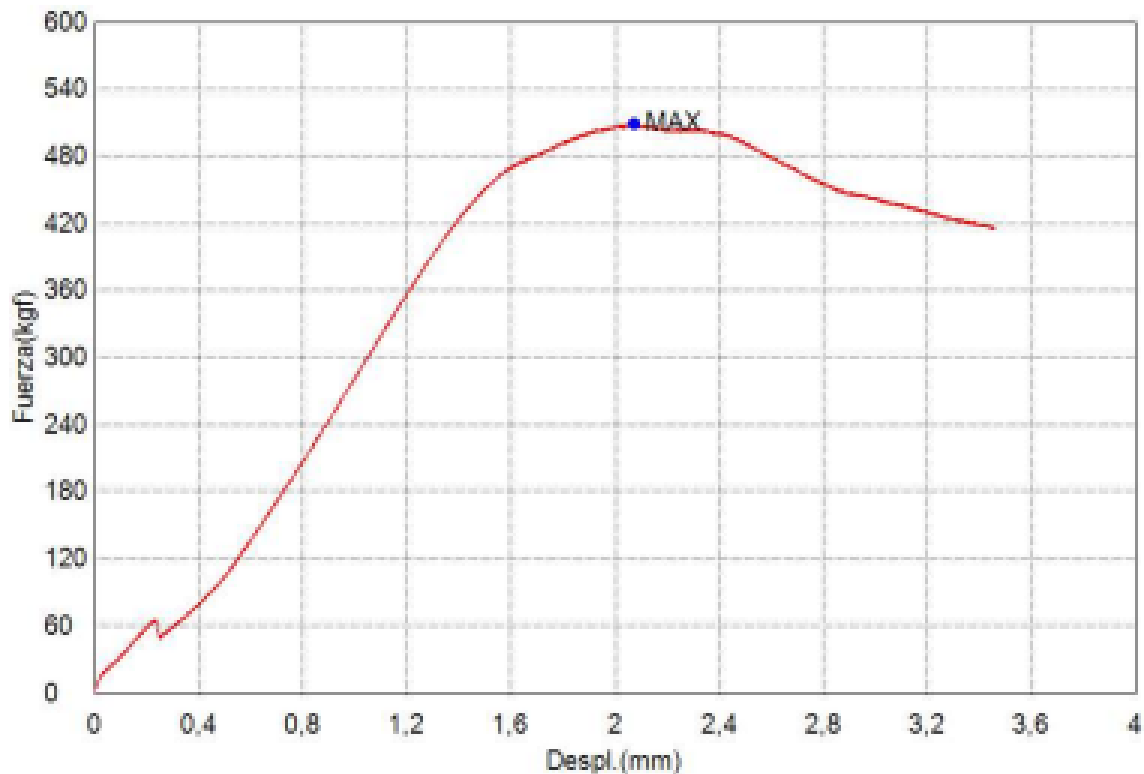
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
I_1	428,733	17,1493	2,32888	4,65775
Media	428,733	17,1493	2,32888	4,65775
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 2 mezcla 4

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1353.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

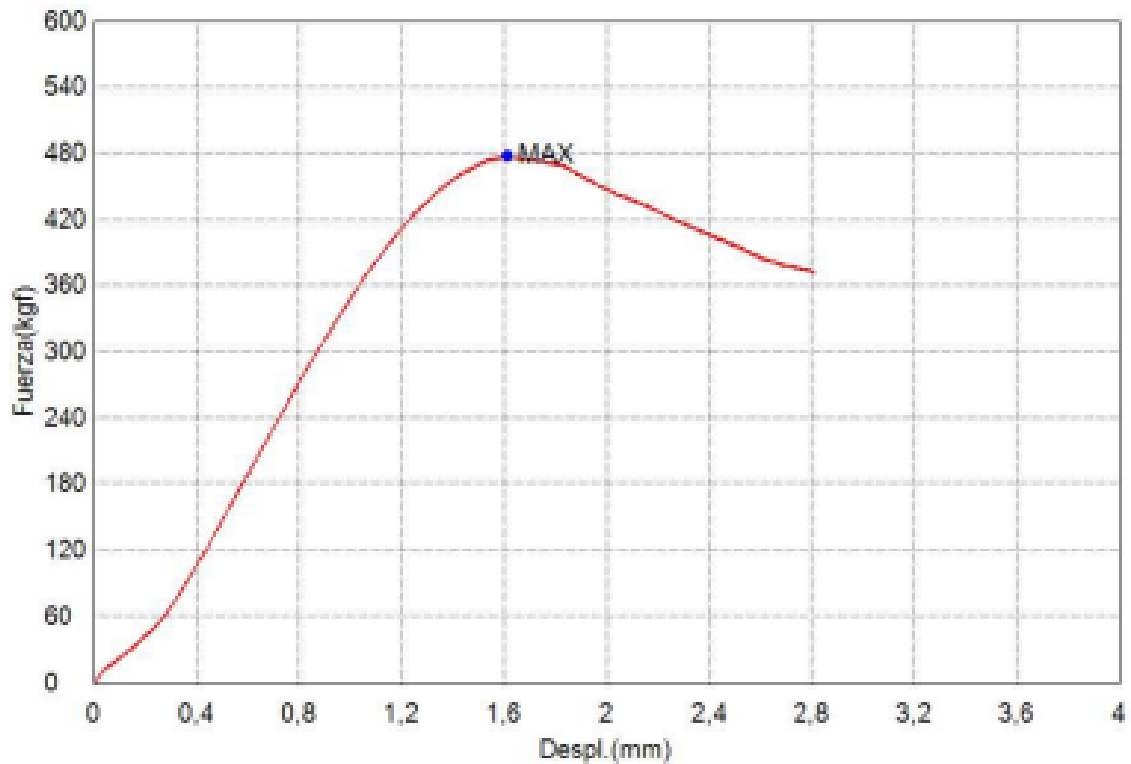
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	508,541	20,3416	2,06988	4,13975
Media	508,541	20,3416	2,06988	4,13975
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 3 mezcla 4

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1533.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

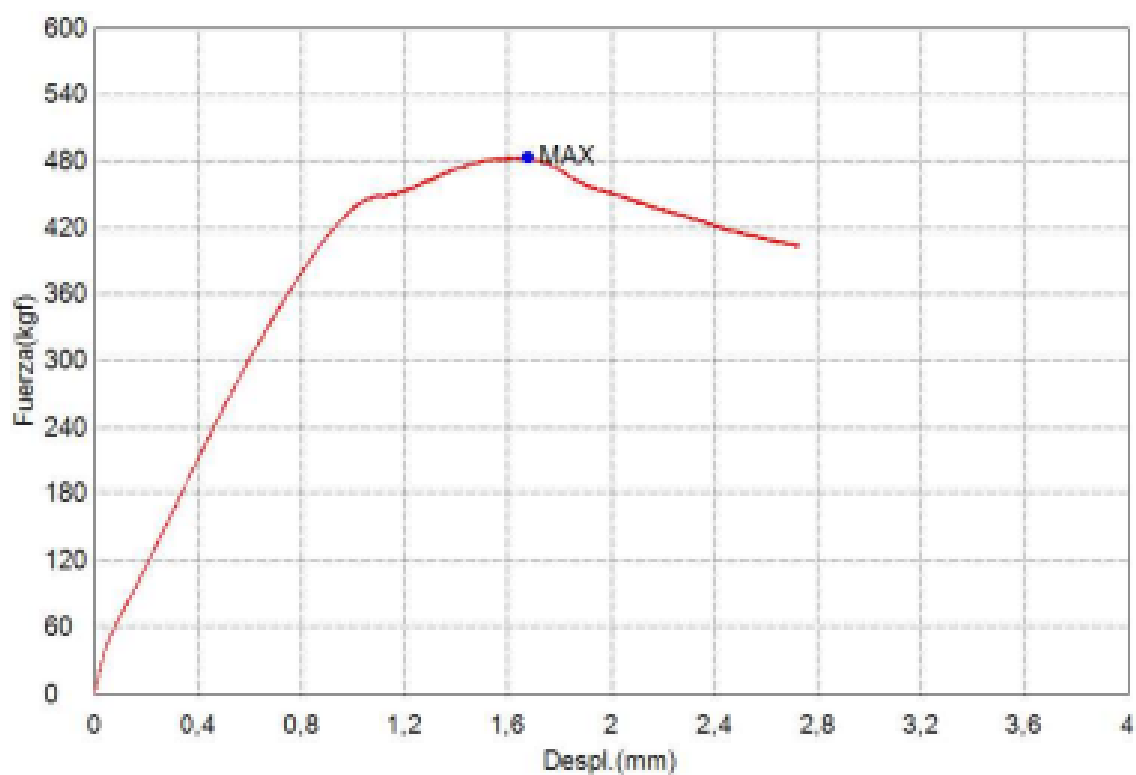
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	477,681	22,5747	1,61463	3,51006
Media	477,681	22,5747	1,61463	3,51006
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 4

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1536.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nºde partidas:	1
Nºde muestras:	1		

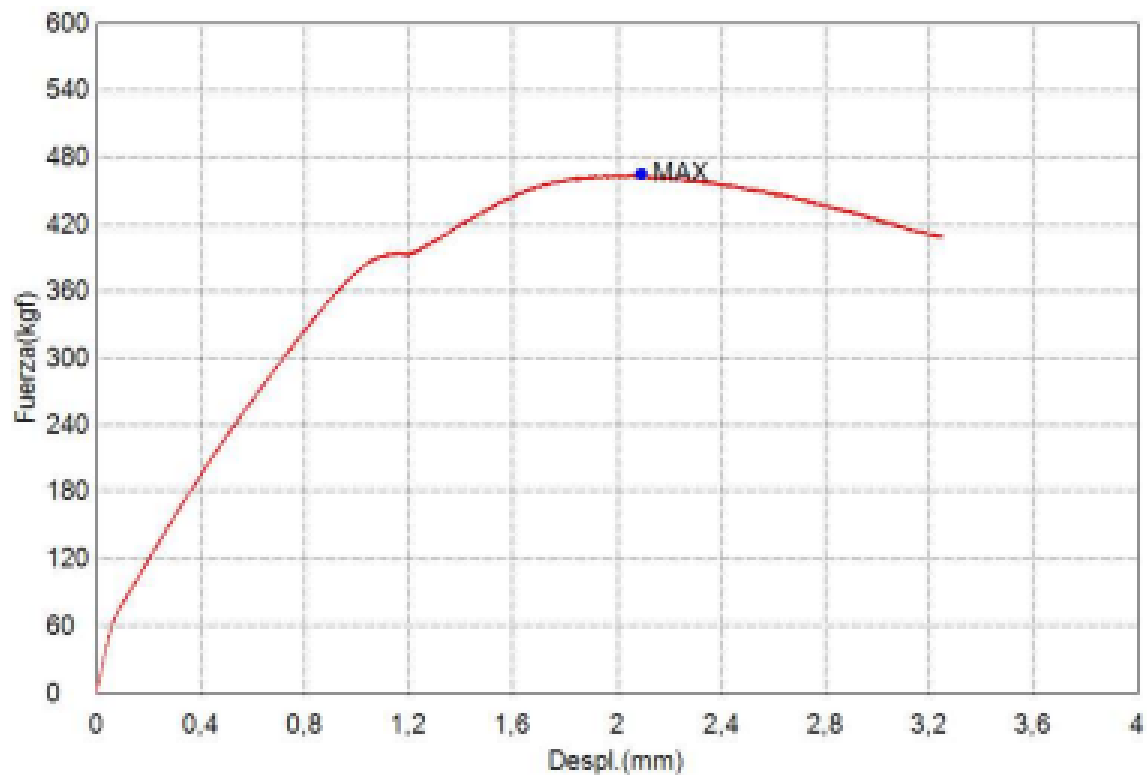
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	483,775	20,1489	1,87625	3,42092
Media	483,775	20,1489	1,87625	3,42092
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 4

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1539_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	N° de partidas:	1
N° de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
I_1	464,423	21,0241	2,08988	4,44654
Media	464,423	21,0241	2,08988	4,44654
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



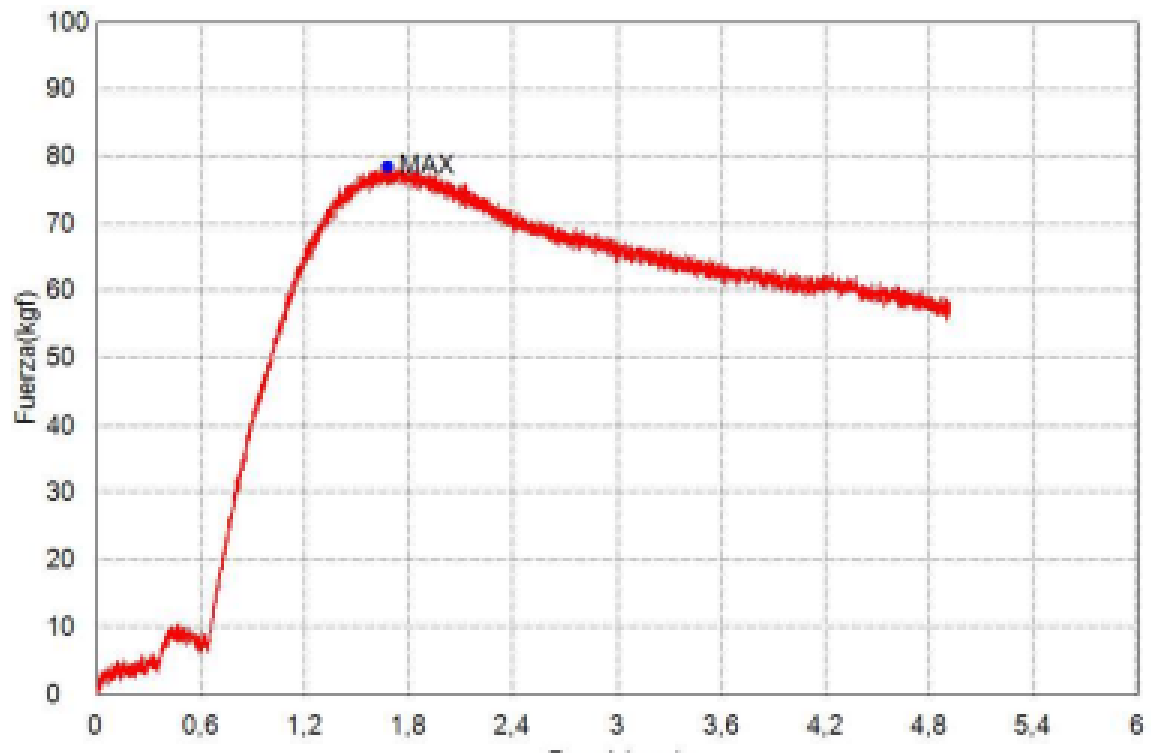
Nota: Corresponde a la mezcla óptima.

- Ensayos de compresión mezcla 5.

Muestra 1 mezcla 5

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1543.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

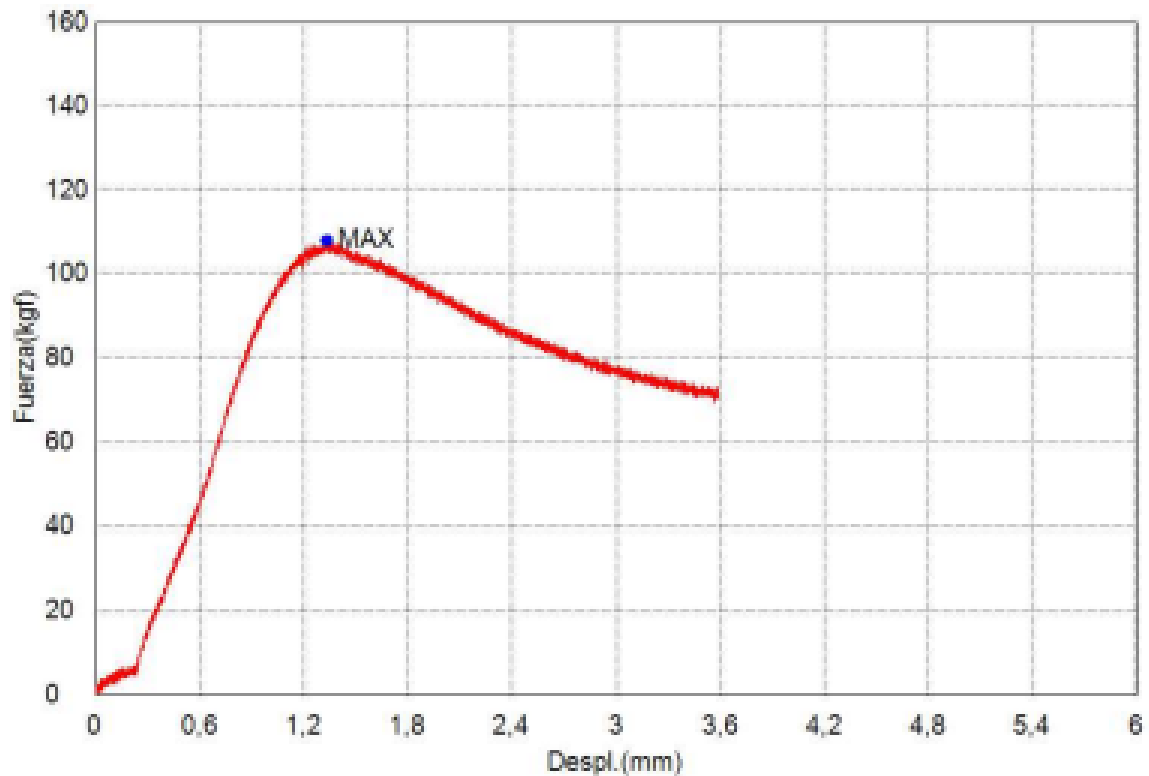
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
I_1	78,4465	3,55122	1,67900	3,57234
Media	78,4465	3,55122	1,67900	3,57234
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 2 mezcla 5

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1546.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	N° de partidas:	1
N° de muestras:	1		

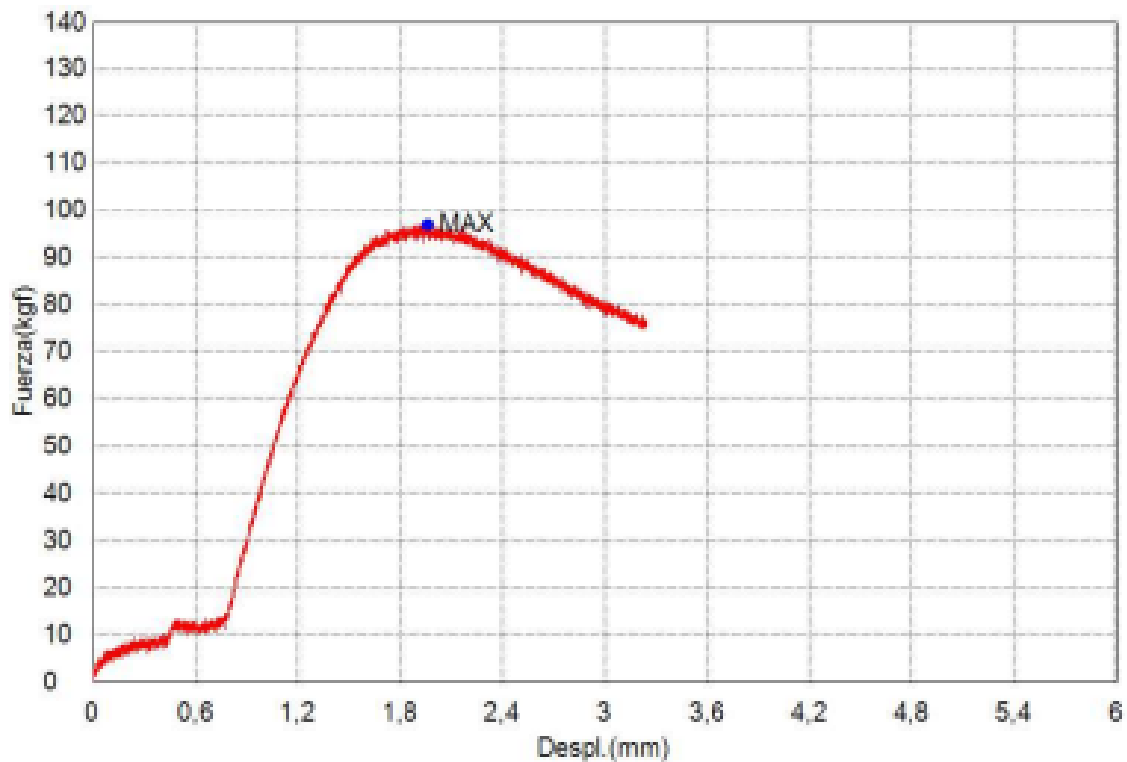
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	107,848	4,68089	1,33625	2,78385
Media	107,848	4,68089	1,33625	2,78385
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 3 mezcla 5

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1551.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	N° de partidas:	1
N° de muestras:	1		

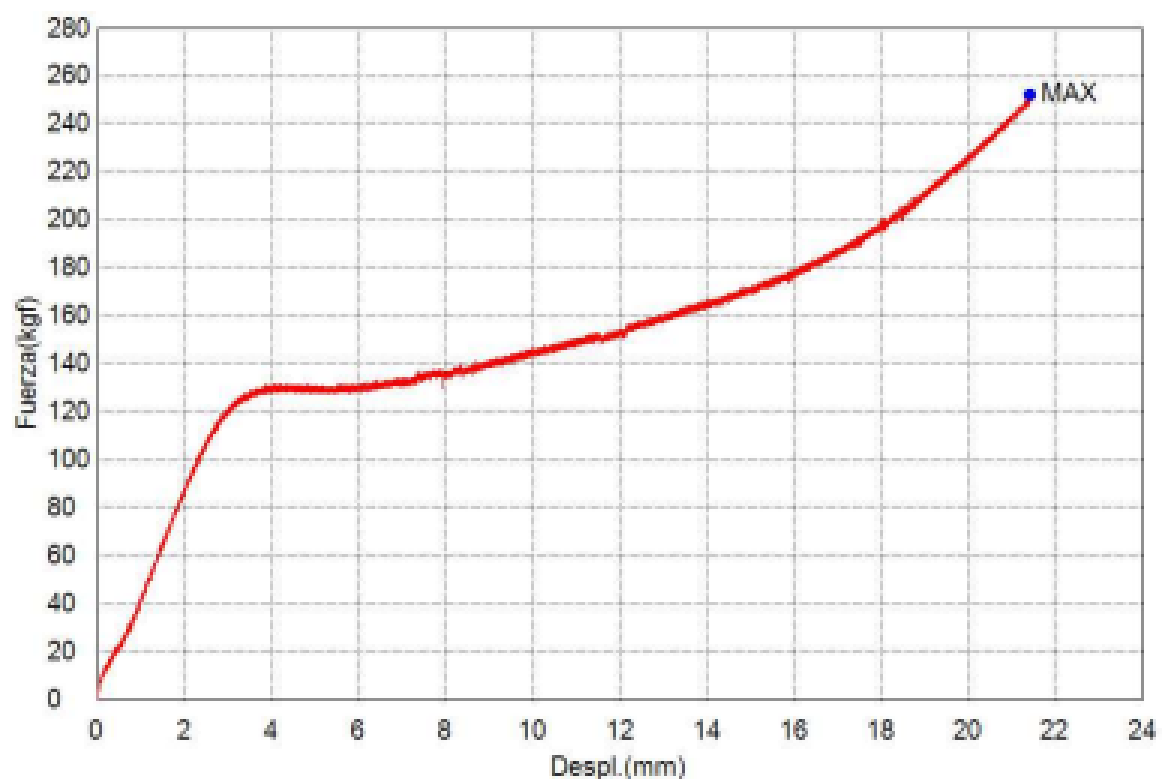
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	96,6966	4,19690	1,96625	4,08635
Media	96,6966	4,19690	1,96625	4,08635
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 5

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1607.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

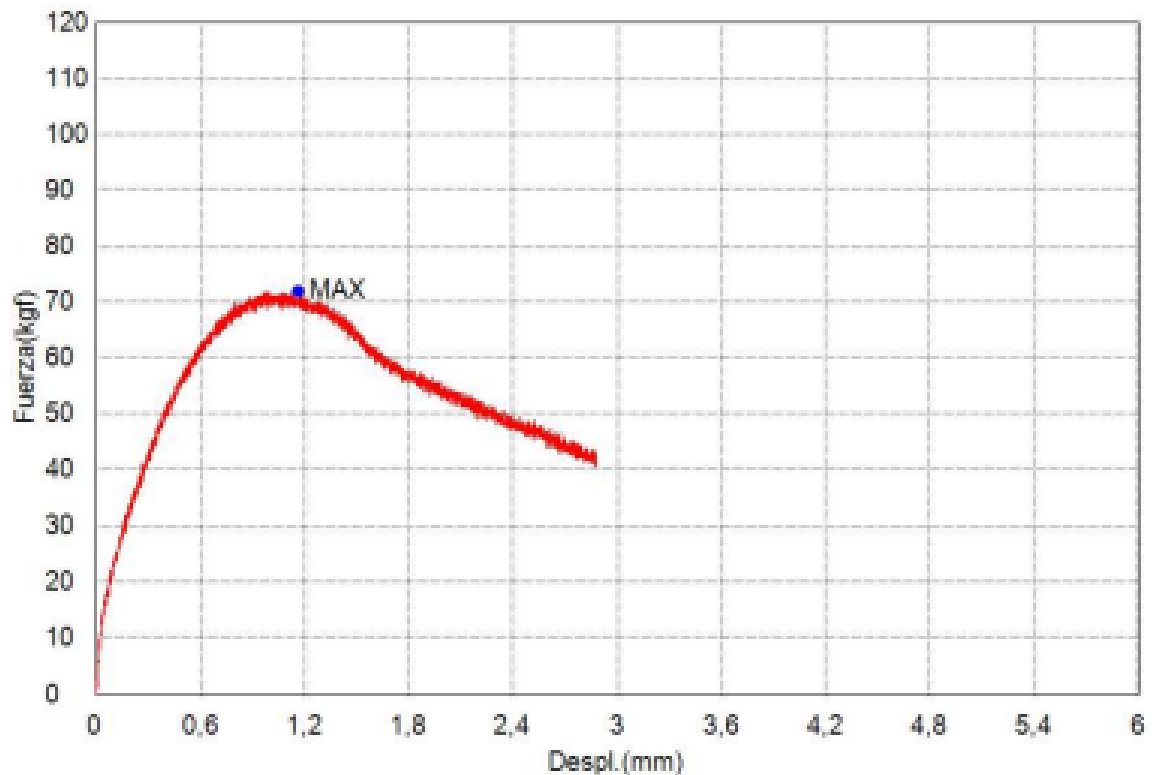
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	251,839	10,0736	21,4189	42,8378
Media	251,839	10,0736	21,4189	42,8378
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 5

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1610.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	71,8985	2,87594	1,16650	2,33300
Media	71,8985	2,87594	1,16650	2,33300
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

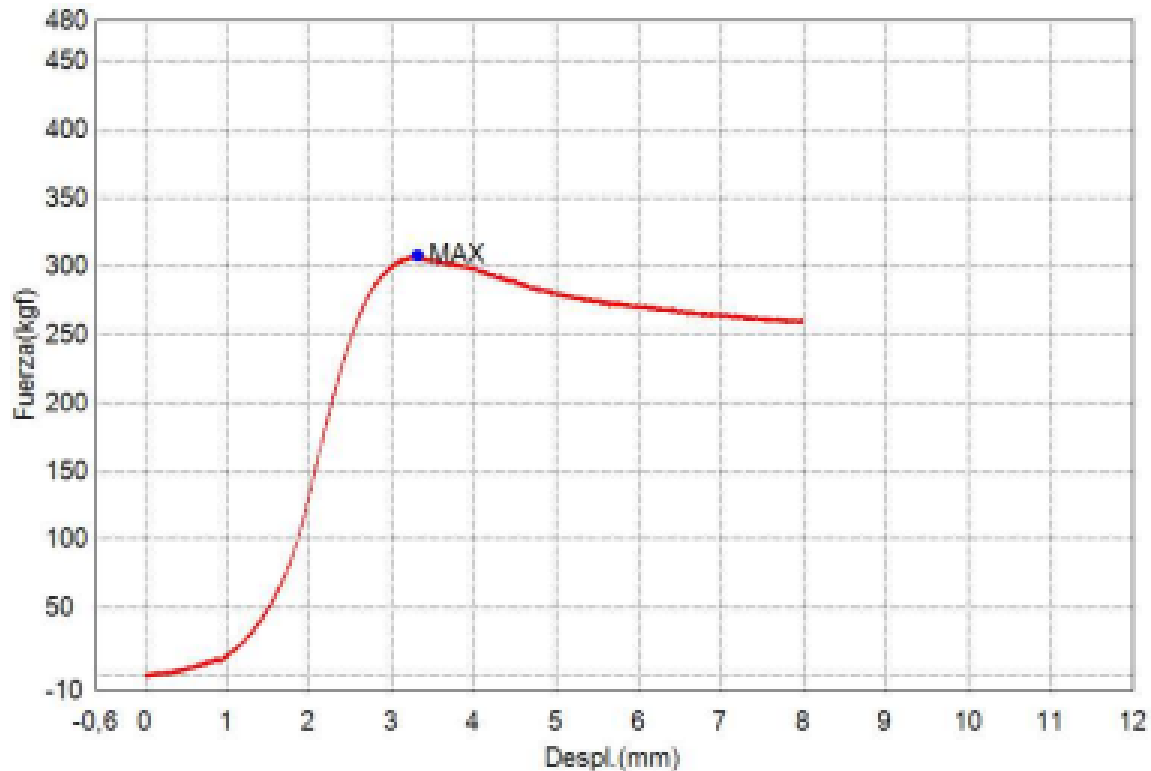


- Ensayos de compresión mezcla 6.

Muestra 1 mezcla 6

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1620.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

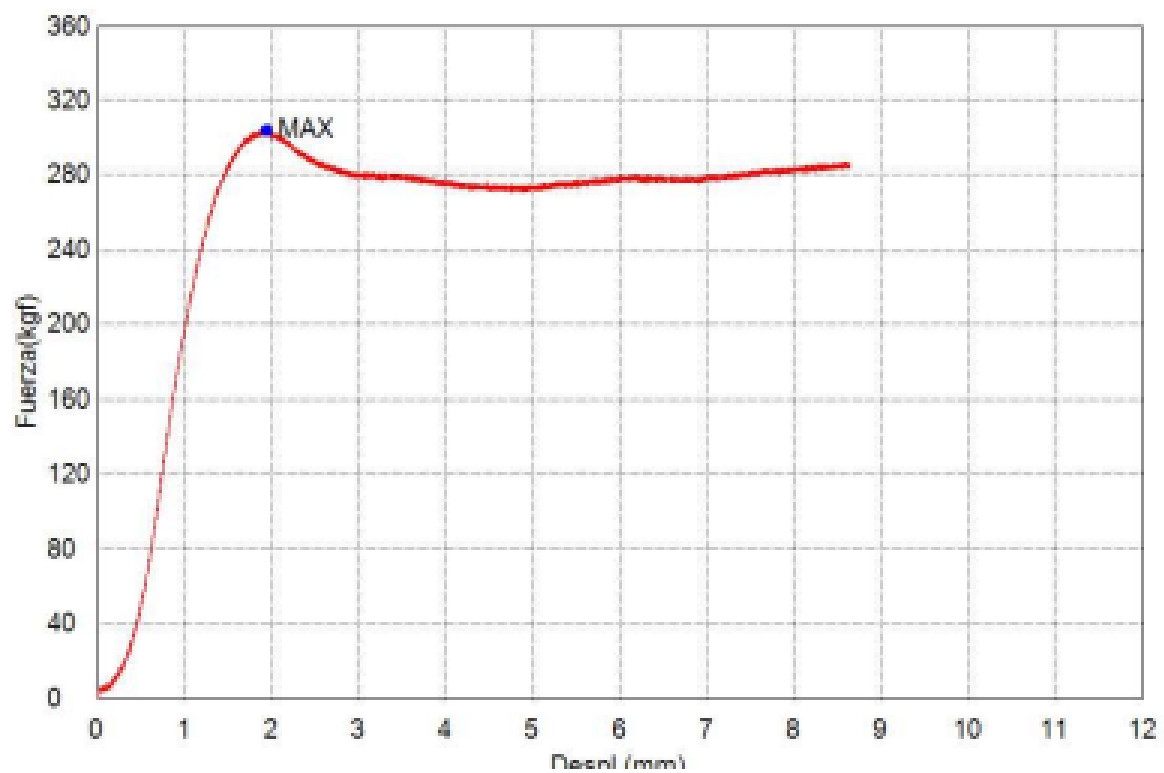
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	308,016	12,3206	3,31188	6,62375
Media	308,016	12,3206	3,31188	6,62375
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 2 mezcla 6

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1628_xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

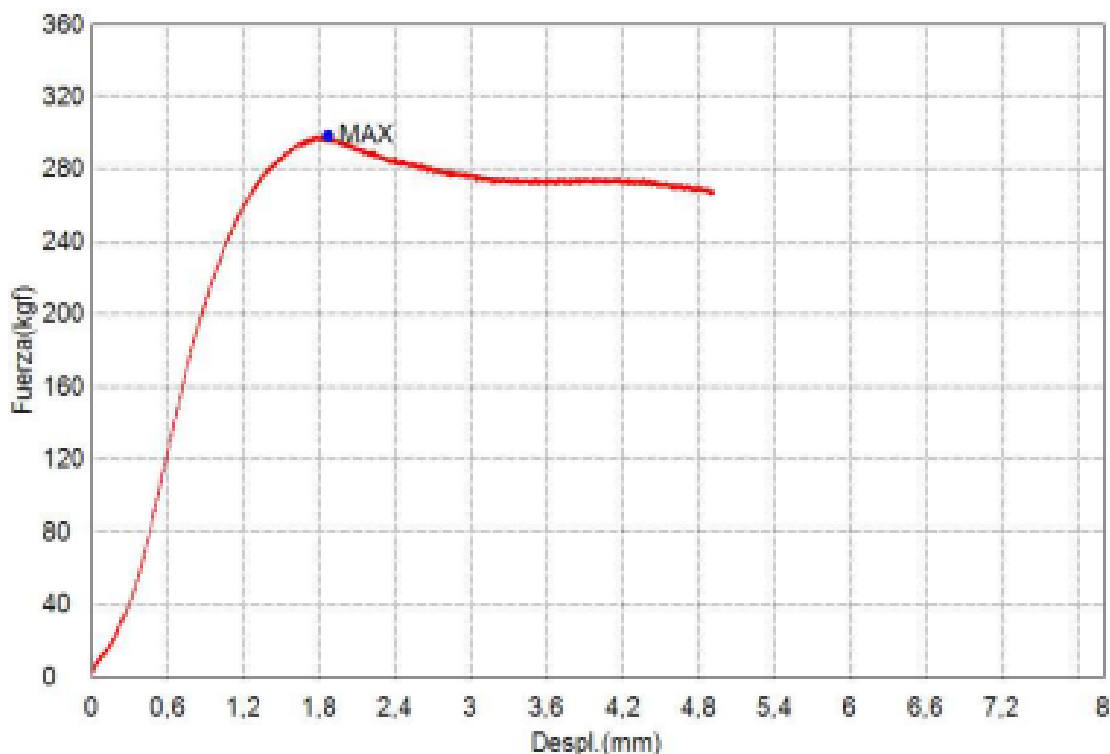
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	304,126	12,1650	1,94463	3,88925
Media	304,126	12,1650	1,94463	3,88925
Desviacion Estandar	-,-	-,-	-,-	-,-
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 3 mezcla 6

Nombre de archivo de ensayo	20250728_1632.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

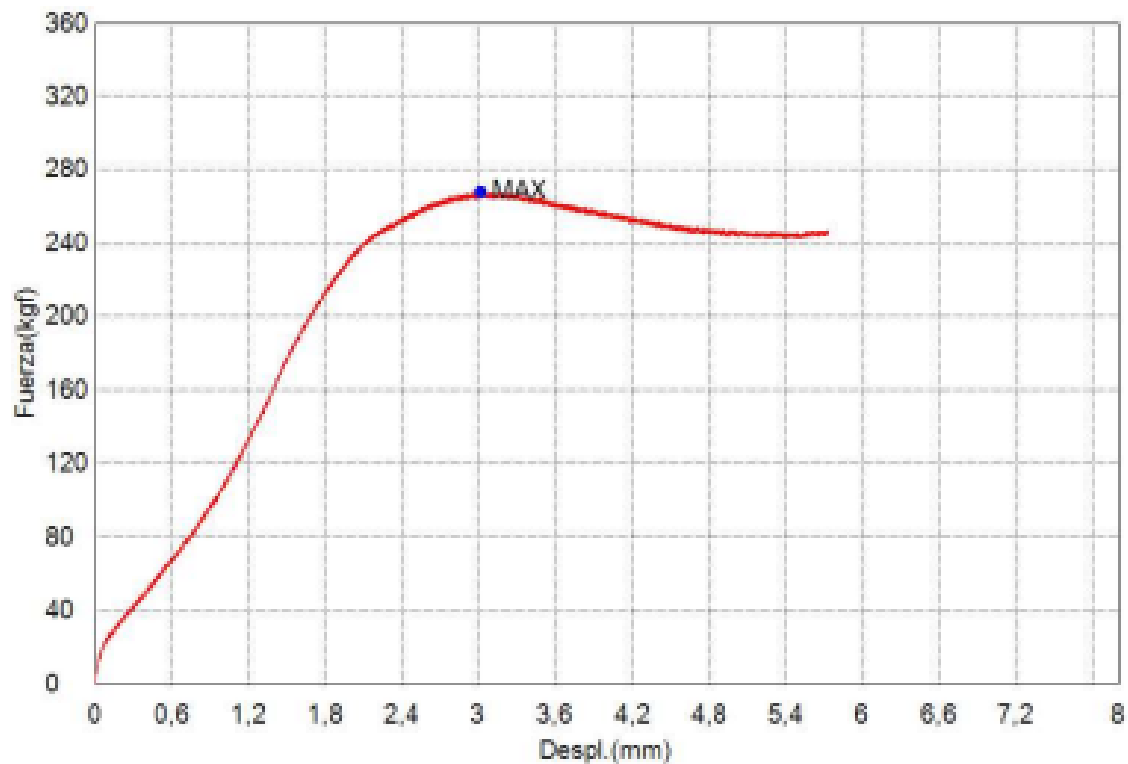
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	298,486	12,4317	1,86650	3,80918
Media	298,486	12,4317	1,86650	3,80918
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 6

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1638.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

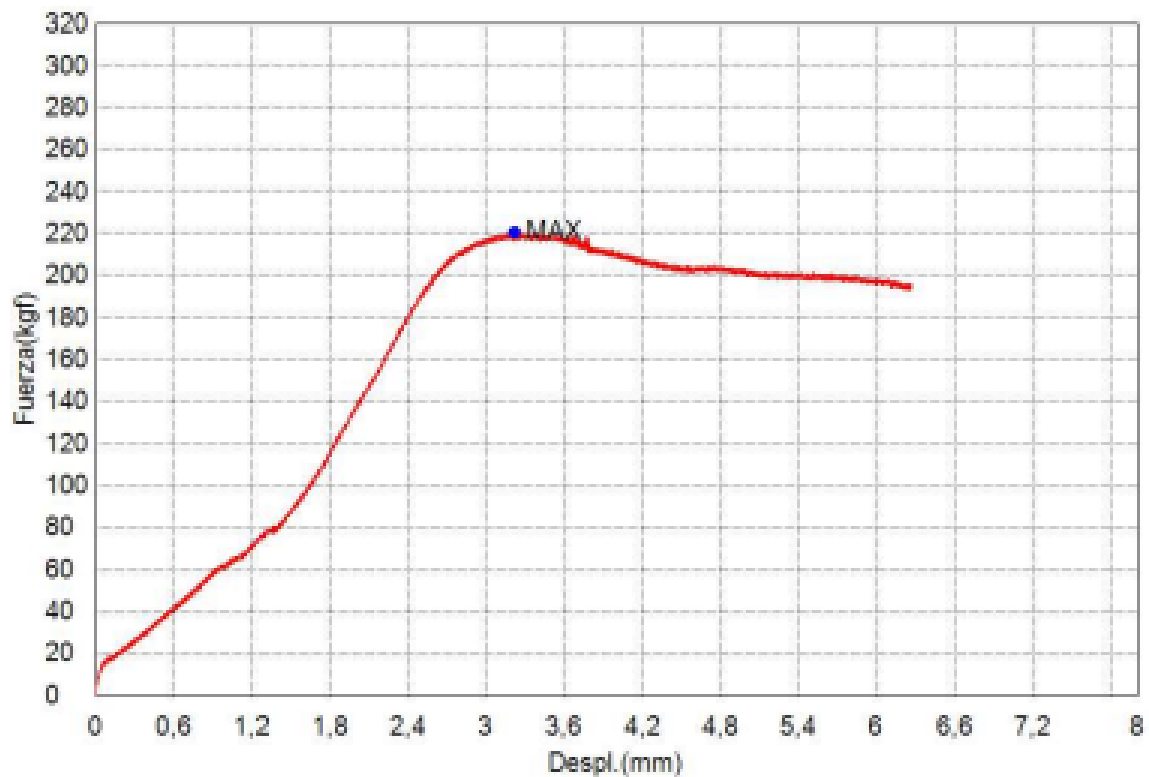
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	287,626	11,1464	3,01988	6,16301
Media	287,626	11,1464	3,01988	6,16301
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 6

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1643.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	220,655	8,82620	3,22150	6,44300
Media	220,655	8,82620	3,22150	6,44300
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

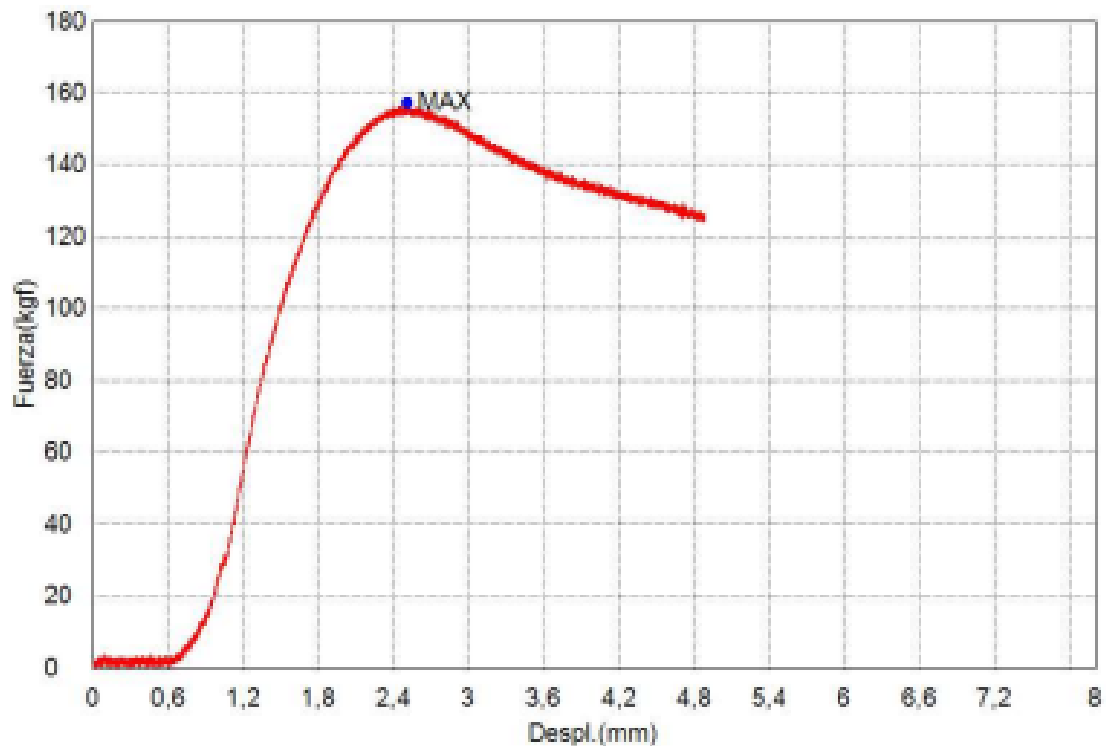


- Ensayos de compresión mezcla 7.

Muestra 1 mezcla 7

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1647.txt	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

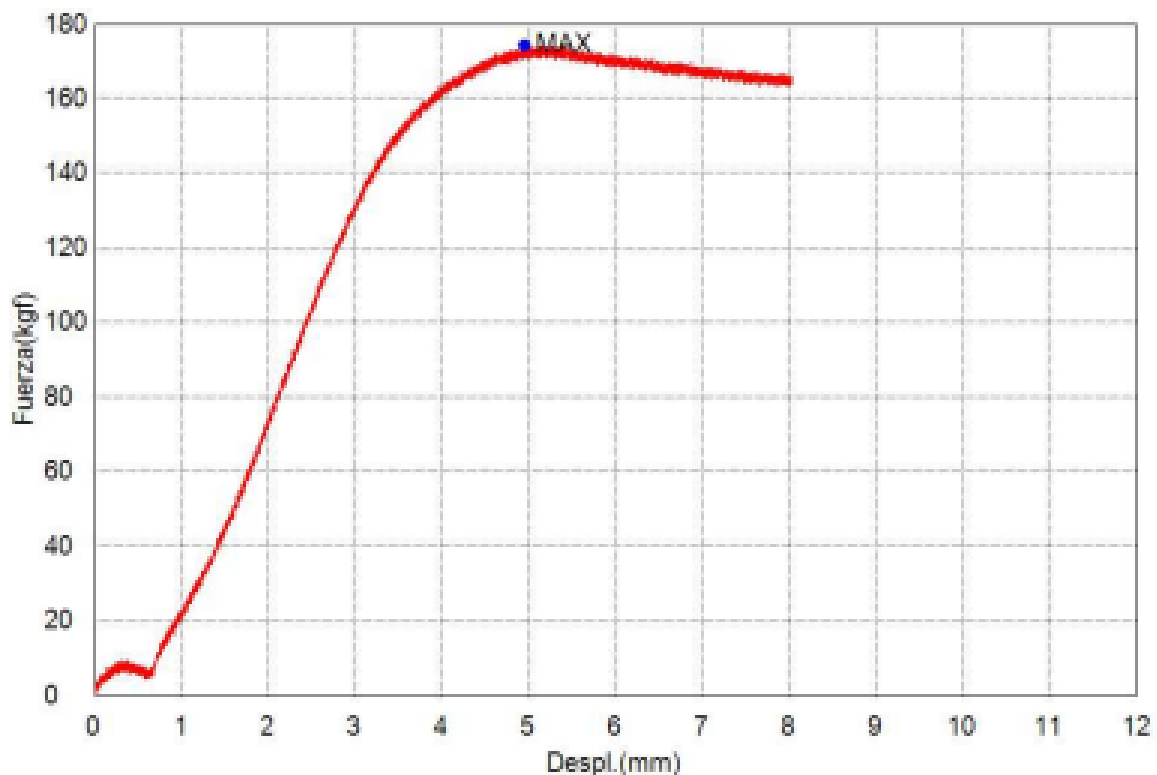
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	157.023	6.53989	2.50938	5.12117
Media	157.023	6.53989	2.50938	5.12117
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



Muestra 2 mezcla 7

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1654.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

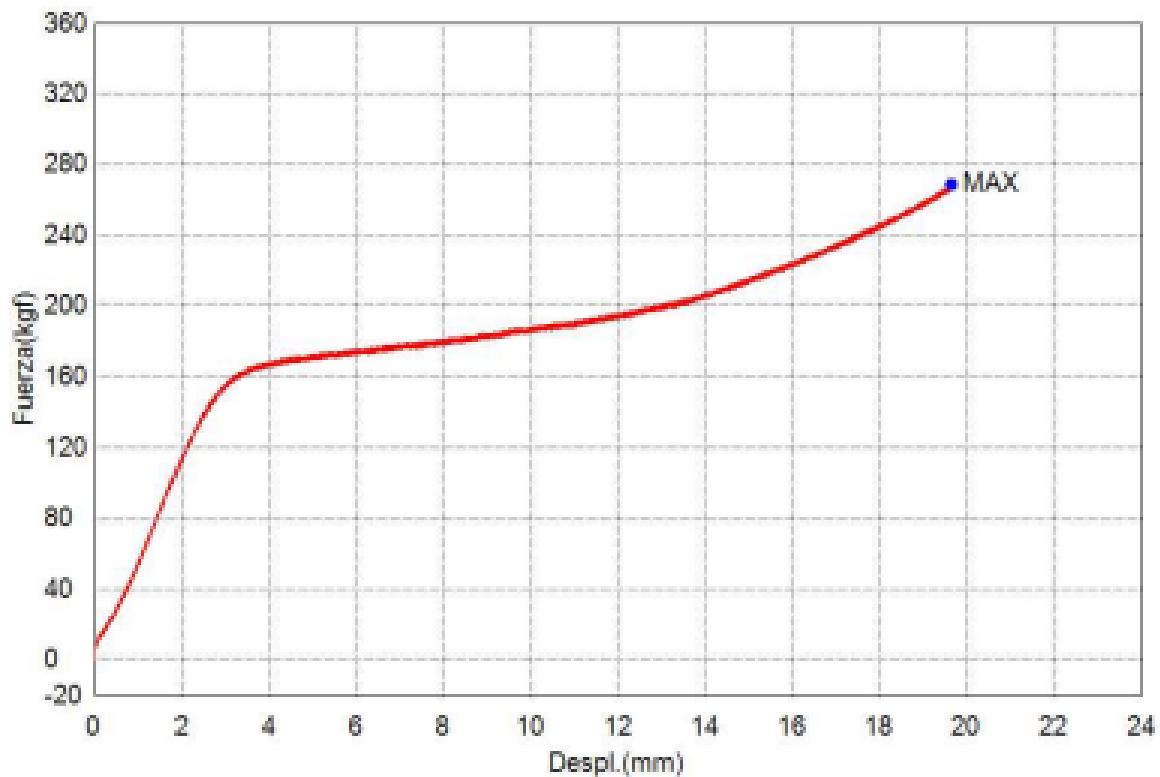
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	174.138	6.96553	4.95925	9.91850
Media	174.138	6.96553	4.95925	9.91850
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



Muestra 3 mezcla 7

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1708.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	N° de partidas:	1
N° de muestras:	1		

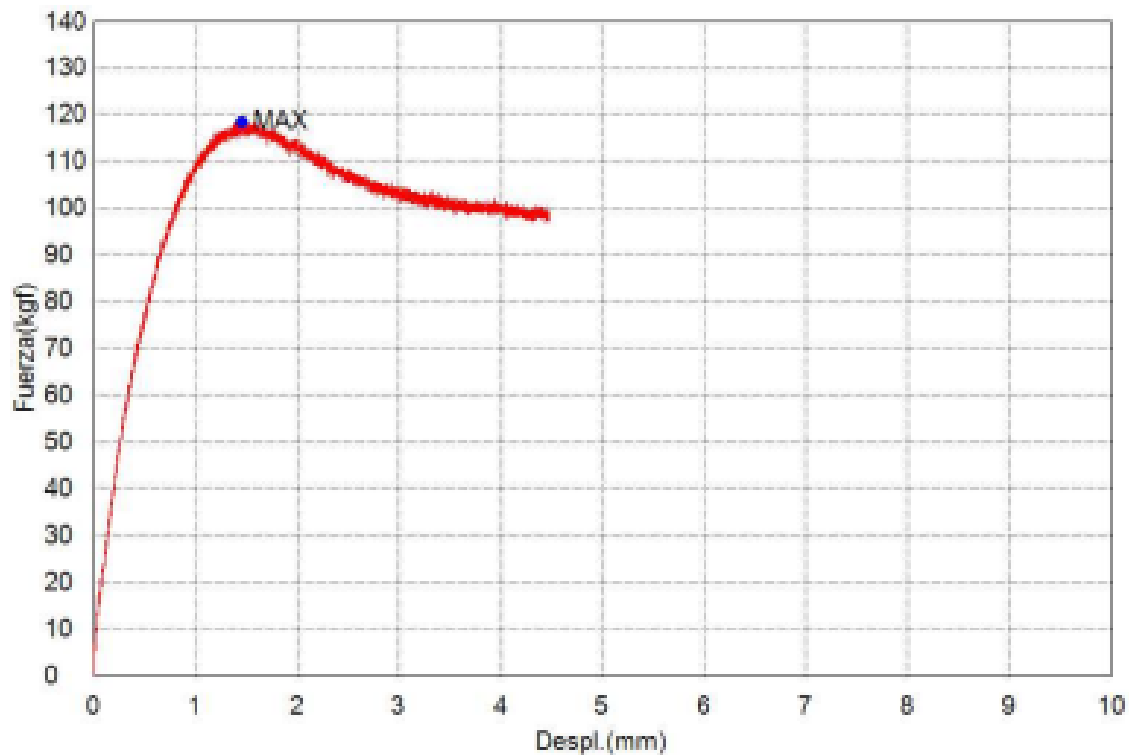
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	268,144	11,6382	19,6550	40,9479
Media	268,144	11,6382	19,6550	40,9479
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 4 mezcla 7

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1713.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

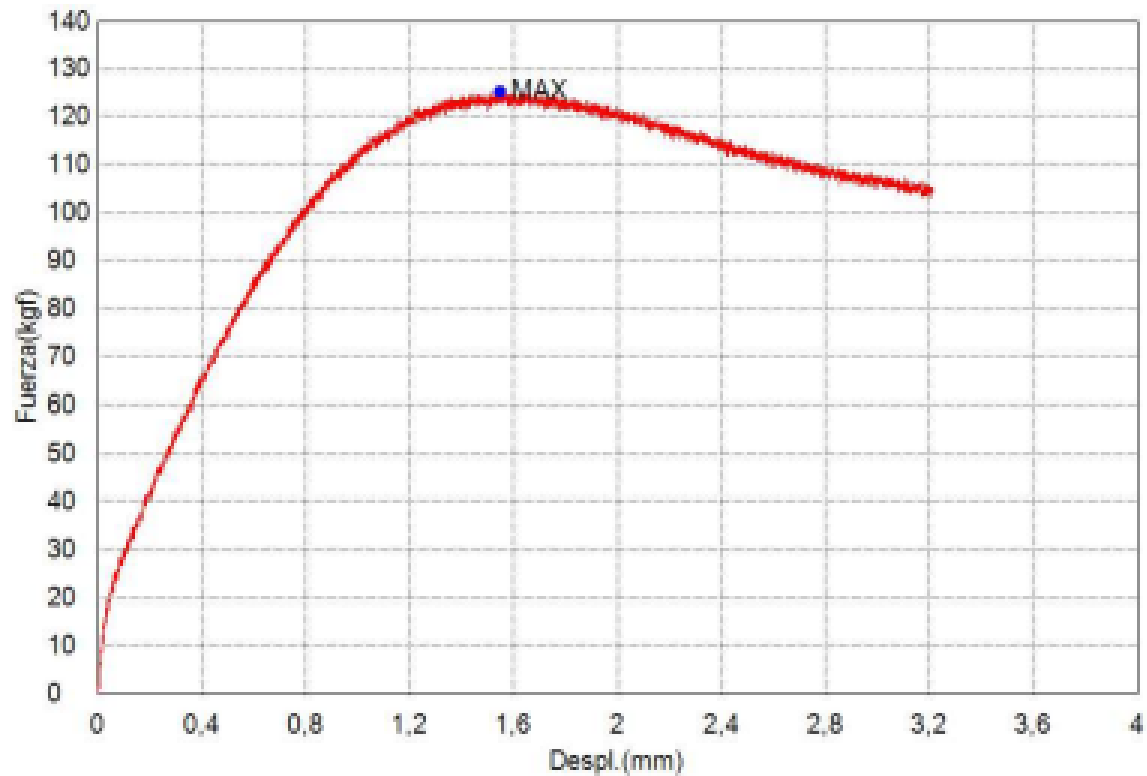
Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	118,513	4,74050	1,45888	2,91775
Media	118,513	4,74050	1,45888	2,91775
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



Muestra 5 mezcla 7

Nombre de archivo de ensayo	_20250728_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Operador		Fecha de informe	28/7/2025
Fecha de ensayo	28/7/2025	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Compresion	Velocidad	1,5mm/min
Forma	Plana	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Max_Fuerza	Max_ESFUERZO	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	125,352	5,44064	1,54800	3,22500
Media	125,352	5,44064	1,54800	3,22500
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Maximiliano Punín Pichasaca portador de la cédula de ciudadanía N.º 0301863437. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Analizar el revoque de tierra, resistente a la disgregación de sus partículas finas” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 05 de noviembre de 2025



Maximiliano Punín Pichasaca

0301863437