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

FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TERROCEMENTO CON TIERRAS DE LA PARROQUIA COJITAMBO, DEL CANTÓN AZOGUES.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTA

AUTOR: MIRIAM CAMILA BELTRÁN RODRÍGUEZ

DIRECTOR: ARQ. ANDRÉS VENEGAS TOMALÁ, MGS.

AZOGUES - ECUADOR

2021

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

FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TERROCEMENTO CON TIERRAS DE LA PARROQUIA COJITAMBO, DEL CANTÓN AZOGUES.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTA

AUTOR: MIRIAM CAMILA BELTRÁN RODRÍGUEZ

DIRECTOR: ARQ. ANDRÉS VENEGAS TOMALÁ, MGS

AZOGUES - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Universidad Católica de Cuenca	DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	CÓDIGO: F – DB – 34 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página **1** de **1**

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Miriam Camila Beltrán Rodríguez portadora de la cédula de ciudadanía Nº**0302062542**. Declaro ser el autor de la obra: **"Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues"**, 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.

Azogues, **10 de diciembre de 2021**

Camila Beltrán

Miriam Camila Beltrán Rodríguez

C.I. **0302062542**

Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario

Universidad Católica de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA

Universidad Católica de Cuenca

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

El trabajo de titulación denominado: "FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TERROCEMENTO CON TIERRAS DE LA PARROQUIA COJITAMBO, DEL CANTÓN AZOGUES", ha sido revisado y autorizado para su presentación.



Arq. Andrés Venegas Tomalá, Mgs.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la facultad de Arquitectura, por los conocimientos y experiencias compartidas, de manera especial al arquitecto Andrés Venegas, por el apoyo y contribución en todas las fases de la realización del presente trabajo de titulación.

A todas aquellas personas que con su ayuda o conocimientos colaboraron con este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes son el pilar fundamental de mi vida,

a mis hermanos, quienes a su manera son mi mayor ejemplo a seguir,

a mi prometido, quien es mi motivación constante,

por todo su amor y apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente trabajo trata acerca de la fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues; su objetivo es la caracterización de los suelos y la validación de sus propiedades, con la finalidad de proporcionar un mampuesto aplicable a sistemas constructivos sostenibles, fundamentados en los materiales propios del lugar; se desarrolla como una alternativa frente a la nueva imagen arquitectónica que se ha introducido en la zona, puesto que, invade el paisaje rural, provocando que la construcción en tierra se haya desvalorizado. Esta tesis de carácter experimental, analiza cuatro suelos extraídos de diferentes zonas, que fueron escogidas mediante la sectorización de construcción en tierra; se toma como guía las distintas normativas internacionales, que son la base para comprobar la calidad del material. Asimismo, se utilizan instrumentos teóricos sobre los antecedentes de la construcción en tierra, la historia del BTC, las generalidades del mismo y los ensayos necesarios para comprobar las características de la tierra y del bloque una vez fabricado. Por ultimo, se fabrican los bloques y se concluye que es factible su elaboración en la parroquia Cojitambo, debido a que, se verifica la calidad de la tierra por el cumplimiento de las normativas, por lo tanto, constituye una alternativa viable de construcción con tierra.

Palabras Clave: Bloque de terrocemento, caracterización de los suelos, construcción con tierra, normativas, sistema constructivo sostenible.

Universidad Católica de Cuenca

Abstract

BELTRAN RODRIGUEZ MIRIAM CAMILA

This study involves the manufacturing of terrocement blocks using local soils from the Cojitambo parish in Azogues; its objective is aimed at identifying the soils and testing their properties, in order to supply a masonry that can be applied to sustainable building methods based on local materials; it is being developed as a solution to address new architectural trends in the region, since they invade rural landscapes, thereby reducing the importance of earthen buildings. This experimental thesis analyzes four soils extracted from different areas, which were chosen through ground building division; the guidelines are based on international standards, which are the basis for verifying the quality of the material. In addition, theoretical background knowledge on soil building, the history of BTC, its main features, and the required tests to verify the soil and block characteristics once they have been manufactured are included in the study. In conclusion, it is feasible to manufacture terrocement blocks in Cojitambo, since their quality and fulfillment of the standards are proven; therefore, they represent a viable option for earthen building.

Keywords: **terrocement block, soil characterization, earth construction, regulations, sustainable construction system.**

Azogues, 15 de diciembre de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.

CENTRO DE IDIOMAS COORDINACIÓN AZOGUES

Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

AGRADECIMIENTO.....**5**

DEDICATORIA.....**5**

RESUMEN.....**6**

ABSTRACT.....**7**

ÍNDICE DE CONTENIDO.....**8**

ÍNDICE DE TABLAS.....**10**

ÍNDICE DE FIGURAS.....**11**

ÍNDICE DE MAPAS.....**12**

ÍNDICE DE ANEXOS.....**12**

ÍNDICE DE GRÁFICOS.....**12**

INTRODUCCIÓN.....13

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....14

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:.....14

DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:.....14

JUSTIFICACIÓN:.....15

OBJETIVOS:.....15

GENERAL:.....*15*

ESPECÍFICOS:.....*16*

HIPÓTESIS.....16

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO.....**18**

1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....18

1.1.1. Construcción en tierra a nivel mundial.....*18*

1.1.2. Construcción en tierra a nivel nacional.....*20*

1.1.3. Construcción en tierra a nivel local.....*23*

1.1.4. Historia del bloque de terrocemento.....*25*

1.2. GENERALIDADES DEL MATERIAL 26
1.2.1. Ventajas y limitaciones del bloque de terrocemento 26
1.2.2. Componentes del bloque de terrocemento 27
1.2.3. Proceso de fabricación del bloque de terrocemento 28
1.3. ENSAYOS EMPÍRICOS 29
1.3.1. Ensayos organolépticos 29
1.3.2. Ensayos de campo complementarios 30
1.4. NORMATIVA 32
1.4.1. Obtención de la materia prima 34
1.4.2. Dosificación de los componentes 35
1.4.3. Forma y dimensión de los bloques 36
1.4.4. Ensayos de propiedades del suelo 36
1.4.5. Ensayos físicos y mecánicos 39
CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LA TIERRA 43
2.1. SECTORIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA EN COJITAMBO. 43
2.1.1. Zona 1: Angaloma 44
2.1.2. Zona 2: San José alto 45
2.1.3. Zona 3: Usno 46
2.1.4. Zona 4: Cojitambo Centro 46
2.2. PROPIEDADES DE LA TIERRA 47
2.2.1. Proceso de ensayos organolépticos: 47
2.2.2. Proceso de ensayos complementarios: 49
2.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE TIERRA 53
2.3.1 Proceso de ensayos de propiedades del suelo 53
CAPÍTULO III: FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE TERROCEMENTO Y ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS 62
3.1. FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE TERROCEMENTO 62
3.1.1. Consideraciones previas a la fabricación 62
3.1.2. Dosificaciones 63
3.1.3. Tamizaje 64
3.1.4. Secado 64

3.1.5. Proceso de Fabricación 65

3.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS BTC 68

3.2.1. Proceso de ensayo de resistencia a la compresión seca 68

3.2.2. Proceso de ensayo de abrasión 70

3.2.3. Proceso de ensayo de capilaridad 71

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS 73

3.3.1. Análisis de resultados del ensayo de resistencia a la compresión seca 73

3.3.2. Análisis de resultados del ensayo de abrasión 74

3.3.3. Análisis de resultados del ensayo de capilaridad 75

CONCLUSIONES 76

RECOMENDACIONES 78

REFERENCIAS 79

ANEXOS 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y limitaciones del bloque de terrocemento 26

Tabla 2. Normas y reglamentos por contenidos. 32

Tabla 3. Ensayos para la obtención de la materia prima. 34

Tabla 4. Dosificación para bloques de terrocemento según varios autores. 35

Tabla 5. Dimensiones del bloque según la normativa. 36

Tabla 6. Resistencia a compresión seca (MPa). 41

Tabla 7. Ensayo de capilaridad según la normativa. 40

Tabla 8. Ensayo de abrasión según la normativa. 39

Tabla 9. Tipos edificatorios por cada zona. 44

Tabla 10. Ensayo de olfato. 47

Tabla 11. Ensayo de gusto o mordedura. 47

Tabla 12. Ensayo de lavado o tacto. 48

Tabla 13. Ensayo de vista. 48

Tabla 14. Ensayo de color. 49

Tabla 15. Ensayo de corte 50

Tabla 16. Ensayo de adhesión. 51
Tabla 17. Ensayo de Cinta de barro. 51
Tabla 18. Ensayo de Resistencia seca. 52
Tabla 19. Ensayo mecánico de los componentes por medio de cribado. 53
Tabla 20. Análisis de contenido de materia orgánica. 55
Tabla 21. Ensayo de consistencia de suelo límite líquido 57
Tabla 22. Ensayo de consistencia de suelo límite plástico 57
Tabla 23. Análisis de contenido de humedad del suelo y arena 58
Tabla 24. Evidencia fotográfica del tamizaje. 64
Tabla 25. Evidencia fotográfica del secado. 65
Tabla 26. Evidencia fotográfica de la homogeneización de los materiales. 65
Tabla 27. Evidencia fotográfica de la obtención del contenido de humedad. 66
Tabla 28. Evidencia fotográfica del prensado. 67
Tabla 29. Evidencia fotográfica del almacenaje y curado de los bloques. 68
Tabla 30. Ensayo de resistencia seca 71
Tabla 31. Ensayo de capilaridad 70
Tabla 32. Ensayo de abrasión. 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Línea de tiempo de la construcción con tierra en el mundo. 19
Figura 2. Sistemas constructivos en tierra en Ecuador. 22
Figura 3. Composición del suelo. 27
Figura 4. Proceso de fabricación del BTC. 29
Figura 5. Triangulo de Ferret. 31
Figura 6. Carta de colores de Gardner. 37
Figura 7. Registro fotográfico de la zona 1. 45
Figura 8. Registro fotográfico de la zona 2. 45
Figura 9. Registro fotográfico de la zona 3. 46
Figura 10. Registro fotográfico de la zona 4. 46
Figura 11. Molde. 63

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Arquitectura en tierra a nivel mundial. 18
Mapa 2. Sistemas constructivos en tierra en Ecuador 20
Mapa 3. Construcción en tierra en la parroquia Cojitambo. 24
Mapa 4. Zonas de estudio 43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de granulometría (Zona 1). 83
Anexo 2. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 1) 84
Anexo 3. Ensayos físicos y mecánicas (zona 1)..... 85
Anexo 4. Ensayo de granulometría (Zona 2). 86
Anexo 5. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 2) 87
Anexo 6. Ensayos físicos y mecánicas (zona 2)..... 88
Anexo 7. Ensayo de granulometría (Zona 3). 89
Anexo 8. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 3) 90
Anexo 9. Ensayos físicos y mecánicas (zona 3)..... 91
Anexo 10. Ensayo de granulometría (Zona 4). 92
Anexo 11. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 2) 93
Anexo 12. Ensayos físicos y mecánicas (zona 1)..... 94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis de resultados del ensayo de resistencia a la compresión seca..... 73
Gráfico 2. Análisis de resultados del ensayo de abrasión 74
Gráfico 3. Análisis de resultados del ensayo de capilaridad..... 75

INTRODUCCIÓN

La parroquia Cojitambo, presenta una arquitectura generalmente edificada con tierra, que forma parte del patrimonio vernáculo de la zona, no obstante, debido al surgimiento de nuevos materiales industrializados, que se han convertido en contaminantes ambientales y visuales, se puede observar que dicha arquitectura ha sido desvalorizada, olvidada y destruida; asimismo, la pérdida de tradición constructiva, ha permitido que la tierra como material haya sido desplazada.

Conforme a lo expresado se desarrolla el presente trabajo investigativo sobre la fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues; la cual se desarrolla en 3 etapas. La primera fase del documento contiene un análisis teórico y normativo donde se detalla la construcción en tierra alrededor del mundo, información del bloque de terrocemento, la normativa internacional y los ensayos necesarios para comprobar las características de la tierra y del bloque una vez fabricado. En la segunda fase, se definen las zonas para la extracción de la materia prima, para lo cual, se parte de un análisis del territorio, para obtener un registro de los asentamientos basados en tierra, por lo tanto, se obtienen 4 sectores. Se realiza una caracterización de la tierra de cada sector, inicialmente mediante ensayos organolépticos y complementarios, que son de tipo empírico y sirven para generar una primera aproximación de las propiedades de los suelos, posteriormente, se verifican dichas características por medio de ensayos de laboratorio. La tercera y ultima fase contiene el proceso de producción de los bloques y sus propiedades físicas y mecánicas, que son verificadas tomando como fundamento las normativas internacionales.

La línea hipotética que sigue la investigación plantea: la factibilidad de la fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, la cual, esta sujeta a comprobación experimental; en caso de que los bloques cumplan la normativa, quedará respaldada.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la parroquia Cojitambo por efectos de la migración y la globalización, la sociedad ha introducido una nueva imagen arquitectónica sin identidad, que invade la arquitectura rural tradicional y su paisaje. Dicha situación ha provocado que la construcción con tierra se haya desvalorizado y destruido, tal como se puede evidenciar en los datos del censo de población y vivienda realizado en 2010; donde del 100% de material que se empleó en paredes, solo el 3,9% fue elaborado con tierra, frente al 96,1% de construcción con ladrillo y bloque.

Los materiales de construcción industrializados contaminan el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción y procesado de materias primas, hasta el final de su vida útil; sin embargo, han desplazado a los sistemas constructivos tradicionales que son naturales, propios de la biosfera, procedentes de un entorno inmediato y de producción simple. Adicionalmente, la de planificación territorial en las áreas rurales, ha permitido un desarrollo desordenado y con poca consciencia ambiental.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:

Se plantea fabricar bloques de terrocemento, con suelos de la parroquia Cojitambo, la identificación de las zonas de extracción de la materia prima, se realiza a través de un muestreo sectorizado basado en la densificación de construcción en tierra, se caracterizan los suelos mediante ensayos de: granulometría, contenido de materia orgánica, limite líquido y plástico, con la finalidad de realizar los bloques y verificar sus propiedades físicas y mecánicas en base a la normativa internacional.

DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

La zona de estudio es Cojitambo, una parroquia rural del cantón Azogues, en la provincia del Cañar, cuenta con una extensión territorial de 42 km2 y tiene gran valor paisajístico debido al cerro del mismo nombre y a las ruinas existentes en el sector, su arquitectura vernácula representa la historia del pueblo, constituyendo un patrimonio único.

JUSTIFICACIÓN:

La tierra como material constructivo es más sostenible comparado con materiales industriales como hormigón armado, ladrillo o acero, debido a la cantidad energética que estos requieren para su producción y transporte, que además de no ser renovables, son contaminantes (Rotondaro, 2007). Los bloques de terrocemento, son un sustituto eficiente del ladrillo convencional, puesto que es un bloque uniforme fabricado con la mezcla de tierra y un material estabilizante; es térmico, regula la humedad y la acumulación de calor. Además, su elaboración es sustentable, pues se lleva a cabo a través de un prensado mecánico a diferencia de los ladrillos convencionales, que se fabrican mediante hornos que generan emisión de gases contaminantes.

Se pretende fabricar bloques con tierras de la parroquia Cojitambo, mediante el análisis de muestras obtenidas por sectorización basada en la densificación de construcción en tierra y verificar que los bloques cumplan con los requerimientos establecidos en normas internacionales. Es importante obtener un material que sea amigable con el entorno de la zona de estudio y realizar la transferencia de tecnología y conocimiento al sector. Es factible la realización de la investigación debido a que se cuenta con los equipos necesarios para los ensayos, que serán facilitados por el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues, y el material será de fácil obtención puesto a que es abundante en el entorno de estudio.

OBJETIVOS:

GENERAL:

- Fabricar bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, a través de la caracterización de los suelos y la validación de sus propiedades, con la finalidad de ofrecer un sistema constructivo sostenible fundamentado en los materiales propios del lugar.

ESPECÍFICOS:

- Conocer el marco teórico y legal relacionado al tema de la investigación, por medio del análisis de diversas fuentes bibliográficas, con el propósito de comprender sobre la historia, componentes, fabricación y normativa del bloque de terrocemento.
- Identificar las zonas de extracción de muestras dentro de la parroquia Cojitambo, mediante la observación de densificación de construcción en tierra, para la obtención de la materia prima y el análisis de las características de los suelos.
- Caracterizar los suelos de la parroquia Cojitambo a través de los ensayos de laboratorio descritos en la normativa internacional con la finalidad de conocer las propiedades de la tierra con la cual se fabricarán bloques de terrocemento.
- Fabricar bloques de terrocemento, verificando el cumplimiento de las propiedades físicas y mecánicas establecidas en la normativa internacional, con la finalidad de evidenciar que es una alternativa sostenible de construcción en tierra y transferir las tecnologías y conocimiento al sector.

HIPÓTESIS

Se plantea fabricar bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, a través de la caracterización de suelos de 4 zonas, con el fin de conocer sus propiedades y obtener un bloque que cumpla con la normativa internacional que será comprobada por medio de los ensayos de laboratorio, con el propósito de ofrecer una alternativa de material, que sea sostenible y se fundamente en los materiales propios del lugar.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

1.1. Antecedentes históricos.

La tierra como material de construcción fue empleada desde tiempos prehistóricos, en viviendas y en edificaciones monumentales como templos o palacios. La técnica constructiva se expandió a más lugares debido a las invasiones y conquistas, por lo cual existe evidencia de arquitectura en tierra en todos los continentes (Ver mapa 1). En la actualidad se estima que del 100% de la población mundial, un 30% aún vive en construcciones de tierra y la justificación de su uso radica en su asombrosa abundancia, puesto que el 74% de la corteza terrestre es tierra, lo cual determina su fácil y extensa disponibilidad y como resultado su bajo precio (Toirac, 2008).

Mapa 1.

Arquitectura en tierra a nivel mundial.



Fuente: "Patrimonio de la Humanidad", Grandreau y Delboy (2010). Elaboración: "Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina del Ecuador" Lenin Jara Calderón (2017)

1.1.1. Construcción en tierra a nivel mundial

Los primeros vestigios de construcción en tierra se encuentran en Mesopotamia, datan del neolítico con 6.000 a 10.000 años de antigüedad. Otro ejemplo importante en Asia es una de las siete maravillas del mundo moderno, la "Gran Muralla China" (500 a.C.) que está constituida en su mayoría con

tierra apisonada que fue enchapada con piedras naturales. Además, la Ciudad de Shibam (200 a.C.) cuenta con edificios que alcanzan hasta 65 metros de altura, con muros de 2m a 0,4 m de ancho (Yuste, 2010).

La construcción con tierra en África, se evidencia en más de 300 mezquitas en la región del Río Níger, la más significativa es la "Gran Mezquita de Djenné", considerada uno de los mayores edificios sagrados en adobe del mundo, junto con el casco antiguo de Djenné fue declarado patrimonio de la humanidad por la Unesco en 1988 (López, 2018).

En Europa los sistemas constructivos en tierra se expandieron desde el Occidente hacia el Oriente por las fortificaciones micénicas (Del Pino & Estramil, 2014). El 15% del patrimonio de países como Bélgica, Francia y Alemania fueron construidos en tierra, y en España más del 30%, un ejemplo es la Alhambra construida entre 1238 y 1492, compuesta por tapial en gran parte de los edificios, torres y murallas (Ver Fig. 1).

En América, existieron construcciones en tierra en casi todas las culturas precolombinas, como la pirámide del sol de Teotihuacán (años 300-900) construida con 2 millones de toneladas de tierra apisonada (Tapia, 2018). Otro ejemplo destacado es la ciudad de Chan-Chan (años 1000 a 1470) ubicada en Perú cerca de Trujillo, es la ciudadela de adobe más grande de América, contando con 20 kilómetros cuadrados (Yuste, 2010).

Figura 1.

Línea de tiempo de la construcción con tierra en el mundo.



Fuente: Varios autores Elaboración: Propia

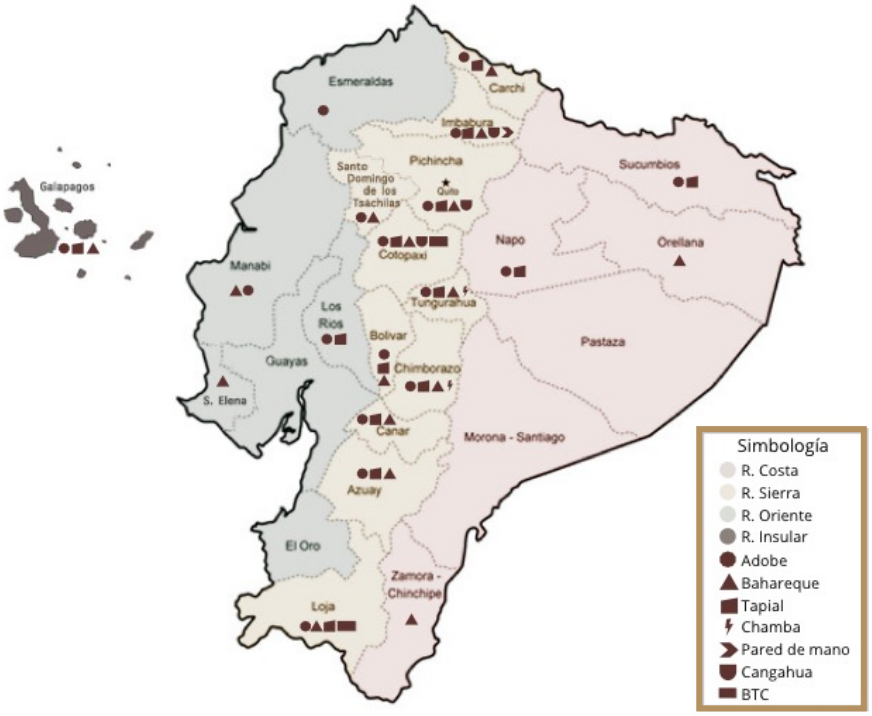
1.1.2. Construcción en tierra a nivel nacional

La arquitectura vernácula en Ecuador, forma parte del patrimonio arquitectónico del país, es un ejemplo de técnicas constructivas apropiadas, las cuales dependen directamente de las características meteorológicas y geográficas que son propias de cada región, en general se utilizan materiales y recursos cercanos que sean de fácil acceso, obteniendo viviendas que brinden confort térmico e integración con el entorno (Rivas, 2017). De acuerdo a Lafebre (2013) la arquitectura vernácula de Ecuador se manifiesta, bajo dos tendencias, la primera se genera como resultado del mestizaje entre la cultura precolombina y la española, mientras que la segunda responde a las etnias que, con su lenguaje, forma de vivir, vestir y construir, intentan conservar su cultura.

Los sistemas constructivos difieren en cada zona del país, sin embargo, las cuatro regiones del Ecuador han sido parte de la evolución constructiva en tierra (Lara, 2017), existen siete técnicas que se han desarrollado en el país a lo largo del tiempo (ver mapa 2) y son descritas a continuación:

Mapa 2.

Sistemas constructivos en tierra en Ecuador.



Fuente: Varios autores. Elaboración: Propia

Adobe: Es una pieza para construcción constituida de barro y reforzada con fibras vegetales, generalmente con paja; en su fabricación se forman bloques en moldes de madera o metal y posteriormente se secan con el sol. Las dimensiones deben permitir una fácil maniobrabilidad para el constructor, habitualmente puede ser entre 19-30 cm de ancho, 45-61 cm de longitud y 10-16 cm de alto. El adobe puede ser utilizado como mampuesto o de igual manera se puede reforzar para construir muros portantes. Se ha utilizado especialmente en la sierra ecuatoriana debido a que se adapta adecuadamente a climas fríos y templados (Yepez, 2012).

Bahareque o quincha: Es una técnica constructiva de paredes conformadas con una estructura de caña guadua o madera que se cubre con barro, paja y carrizo. Se realiza un entramado con elementos horizontales (soleras) y con elementos verticales (pie derechos), se coloca el carrizo de manera horizontal y la mezcla de barro para rellenar la pared. Existe construcción con bahareque en la región insular, costa, sierra y oriente, debido a que es la técnica más fácil, rápida y económica de realizar. Además, ha sido el sistema constructivo en tierra más empleado en la zona fría de Ecuador (Cárdenas & Sarmiento, 2017).

Tapial: Consiste en la construcción de muros portantes de tierra apisonada, para su fabricación se instala un encofrado paralelo a una distancia de 40 a 50 cm, se coloca el barro y se compacta por medio de golpes con el pisón, generando capas que se deben secar para continuar levantando el muro. En Ecuador, casi toda la región Sierra registra construcciones con tapial, sin embargo, existe limitada evidencia de esta técnica (Cárdenas & Sarmiento, 2017).

Chamba: La técnica constructiva se realiza apilando porciones de hierba con tierra enraizada, que se ubican en hileras, las dimensiones son de 30 x 20 x 12 cm aproximadamente, se deben secar por varios días y posteriormente se coloca la hierba en la parte inferior y la tierra en la parte superior, con la finalidad de que la parte vegetal siga penetrando en la tierra y se trabe con el tiempo (Serrano, 2020). La técnica chamba se puede fabricar únicamente en la zona del páramo, con altitudes mayores a 2.500 m.

Pared de mano: Es una técnica similar al tapial, sin embargo, no se utiliza encofrado en su fabricación; se amontona el barro, se pisa o amasa la mezcla, después se deja secar y se sigue construyendo por capas, por último, se perfila la superficie del muro con una pala. Este sistema constructivo se utiliza en la provincia de Imbabura para realizar cerramientos, tiene una durabilidad de 8 a 10 años (Serrano, 2020).

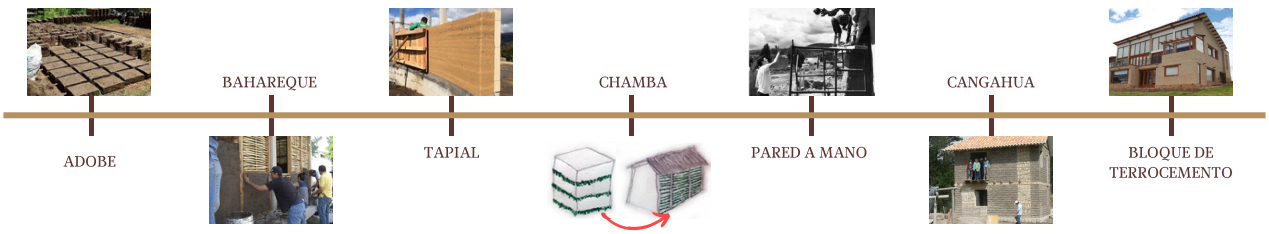
Cangahua: Son paredes que se forman con porciones de tierra que se extraen en terrenos duros y de compactación homogénea, se van apilando y se rellenan con barro, los muros tienen un espesor de 40 a 60 cm. El sistema constructivo está presente en las provincias de Cotopaxi, Imbabura y Pichincha, un ejemplo de su empleo es en complejo arqueológico de "Cochasquí".

Bloque de terrocemento: Son bloques de construcción uniformes, que se fabrican con tierra, agua y un estabilizante, como el cemento o cal, se mezclan los componentes y se comprimen con una prensa mecánica. En Ecuador hay una fábrica semi-industrial de BTC en la ciudad de Saraguro, provincia de Loja. Asimismo, en Cotopaxi, se ha elaborado este material en la empresa FUDESMA ubicada en Latacunga.

Las posibilidades de construcción en tierra en Ecuador son múltiples (ver fig. 2.), la arquitectura en barro ha delineado la fisonomía de poblados tanto urbanos como rurales, generando trabajo y estableciendo su identidad cultural, no obstante, se encuentra en peligro de olvido puesto que se ha introducido materiales ajenos al entorno, con la creencia errónea de que las casas de barro son más costosas y que tienen menor valor en términos constructivos (INPC, 2008).

Figura 2.

Sistemas constructivos en tierra en Ecuador.



Elaboración: Propia

1.1.3. Construcción en tierra a nivel local

La provincia del Cañar forma parte de las 24 provincias del país, pertenece a la región Sierra y se ubica mayoritariamente en la Cordillera de los Andes, por consiguiente, posee un relieve irregular y cuenta con un clima que varía desde frio primaveral hasta subtropical. La arquitectura vernácula de la provincia de Cañar, tiene características particulares en cada localidad, de todas formas, una constante que es el "barro", que se evidencia en las tradicionales construcciones de: bahareque, tapial y adobe los cuales fueron utilizados como respuesta a los materiales propios del lugar y a la necesidad de disminuir la inclemencia del clima en los habitantes (INPC, 2008).

Ahora bien, en las parroquias rurales del cantón Azogues, la arquitectura vernácula constituye un testimonio histórico del pueblo y representa también un legado patrimonial único, que tiene fuerte connotación en su identidad cultural (Torres Balarezo, 2018), un ejemplo es Cojitambo, donde las construcciones ancestrales surgieron de la necesidad de un refugio, generando un proceso espontaneo conocido como "arte comunal del pueblo" y formando una respuesta constructiva lógica mediante el aprovechamiento de los recursos del medio que son: piedra, madera y barro (Rivas, 2017). Dentro del Sistema de Patrimonio Cultural Ecuatoriano (SIPCE), se encuentran registrados 32 bienes inmuebles con tipología vernácula, que corresponden a la parroquia rural de Cojitambo; la cifra es baja debido a que las viviendas han sufrido un acelerado proceso de destrucción y abandono.

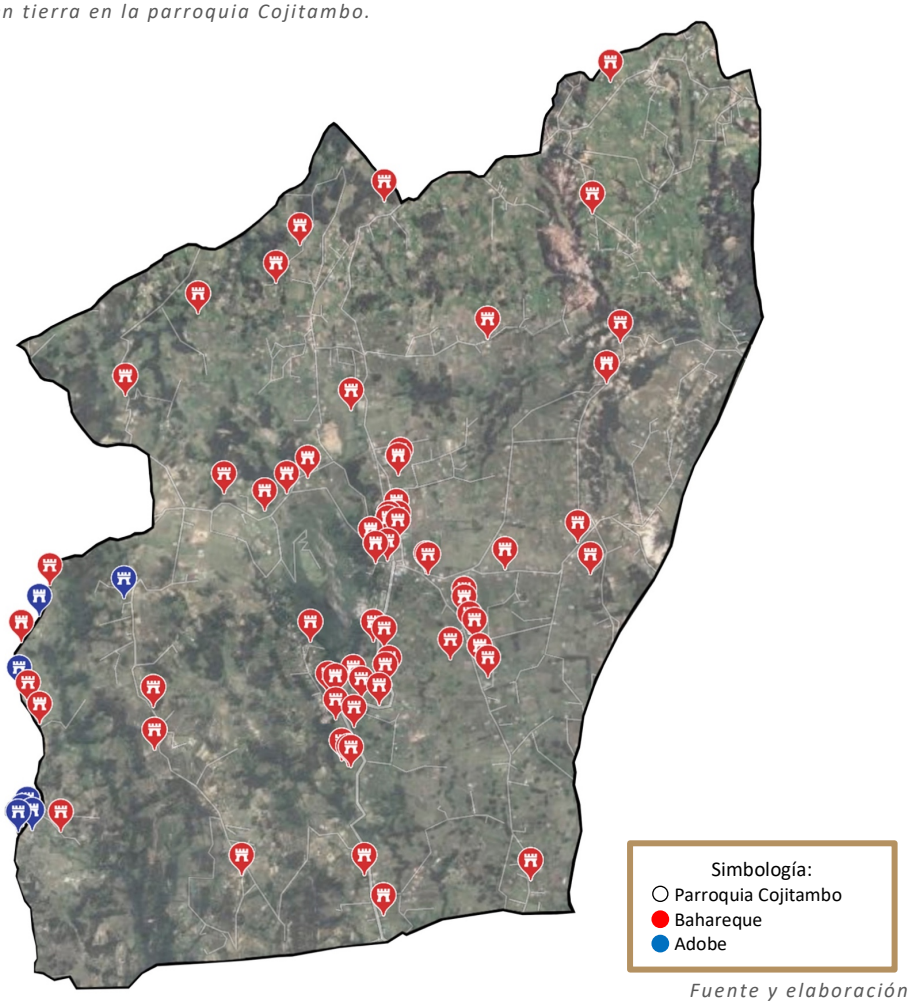
Una obra representativa de la parroquia es la "Casa hacienda", que está emplazada en una zona con un referente histórico importante (Usno), remonta hacia el siglo XIX, el sistema constructivo utilizado son muros portantes de adobe conjuntamente con una estructura de madera rellena con bahareque (Cabrera, 2013), la importancia de dicho bien inmueble radica en que, la construcción está realizada en tercios, la disposición de aleros permite una ventilación constante y su cimentación se generó de manera que se eviten filtraciones y desmoronamientos (Urgilés, 2021), sin embargo, en el presente se halla deteriorada y abandonada.

Las viviendas vernáculas de Cojitambo corresponden a dos sistemas recurrentes que son: el pétreo y bahareque (Mogrovejo & Mogrovejo, 2019), igualmente, se pueden encontrar viviendas edificadas con adobe en la comunidad de Angaloma, que evidentemente son minoría, pero representan una posibilidad de construcción con tierra en la zona (ver mapa 3).

Actualmente, debido a la migración y globalización han surgido nuevas tipologías de vivienda producto de las remesas de migrantes, que se han edificado con materiales ajenos al medio, que inciden en el paisaje rural, provocando que la construcción con tierra se haya desvalorizado, y como consecuencia se encuentren en proceso de degradación y desaparición.

Mapa 3.

Construcción en tierra en la parroquia Cojitambo.



Fuente y elaboración: Propia.

1.1.4. Historia del bloque de terrocemento

El sistema constructivo en tierra que fue pionero y actualmente el más utilizado de todos, es el adobe, sin embargo, como producto de la evolución se generan otros materiales, empleando aditivos y estabilizantes para modificar sus características mecánicas y con ello mejorar su resistencia y durabilidad. Existen varios países que trabajan para desarrollar las técnicas constructivas a base de tierra cruda, como son: Brasil, Argentina, Chile, Colombia o Perú, los cuales mantienen investigaciones constantes acerca del bloque de suelo-cemento y su normalización (Cid J. , 2012).

A partir de 1930 se empiezan a realizar estudios metódicos y científicos acerca de la estabilización de suelos con varios aglomerantes, especialmente con cemento, generando un nuevo material denominado terrocemento o suelo cemento (Pinto, 2016). Posteriormente, en 1950, el Centro Interamericano de la Vivienda ubicado en Colombia, inventó la máquina para prensar CINVA-RAM, denominada así por las siglas del centro de investigación y por el apellido del fabricante, el chileno Raúl Ramírez (Jové, Solano, & Hernán, 2013). En abril de 1976, se crea la CETA-RAM con fundamento del diseño original de CINVA-RAM, con la finalidad de producir bloques huecos, su nombre se debe al Centro de Experimentación en Tecnología Apropiada de Guatemala(CETA), para el cual fue elaborado y en honor al autor original (Lou Ma, 1981).

La máquina CINVA-RAM opera de manera manual, es la prensa portátil más antigua y ha alcanzado renombre a nivel internacional al ser un ejemplo para elaborar otras prensas manuales con los mismos principios. Básicamente consta de un molde que contiene un pisón, el cual comprime la mezcla para formar el bloque y por último se retira el bloque compactado. La CINVA-RAM, así como la CETA-RAM son de gran simplicidad mecánica, tienen bajo costo, un mantenimiento sencillo, y son capaces de moldear hasta 600 unidades en 8 horas; se deduce que la vida útil de las prensas en condiciones normales, seria de por lo menos 100.000 bloques (Lou Ma, 1981).

1.2. Generalidades del material

El bloque de terrocemento, es un elemento de albañilería hecho con tierra pulverizada, cemento y agua que se mezcla y compacta por comprensión para cohesionar las partículas. Una vez prensado se desmolda inmediatamente y se cura para hidratar el cemento; es posible fabricar BTC de diferentes formas y tamaños, debido a que depende del molde que se utilice (Neves & Obede Borges, 2011).

1.2.1. Ventajas y limitaciones del bloque de terrocemento

La construcción con BTC, tiene múltiples ventajas, sin embargo, también presenta limitaciones (Ver tabla 1).

Tabla 1.

Ventajas y limitaciones del bloque de terrocemento

Ventajas y limitaciones del bloque de terrocemento	
Ventajas	**Limitaciones**
La materia prima para la fabricación del bloque puede ser obtenida del mismo lugar de la construcción, por lo tanto, reduce los costos del transporte del material.	La compactación del bloque debe darse inmediatamente después de humedecer la mezcla, para evitar el fraguado del cemento.
Disminuye el tiempo de construcción	Se requiere mayor mantenimiento, debido a que la tierra es sensible al contacto con los agentes atmosféricos.
La tierra cruda reduce el impacto ambiental, debido a que no necesita combustibles para su fabricación, no emite contaminantes y requiere menos procesos de transformación.	Ausencia normativa nacional.
Estimula al uso de la tierra como material constructivo.	Es necesario combinar el BTC con otras técnicas constructivas con la finalidad de mejorar su comportamiento sismo-resistente.
Con un adecuado diseño y aplicación, ayuda a generar espacios confortables y a disminuir el gasto energético necesario para la climatización de los espacios.	La fabricación es más lenta que en el caso de otros materiales estandarizados.
El BTC, se reintegra de manera total con el entorno, debido a que se fabrica con elementos naturales.	El costo de la producción del BTC, depende del precio de la maquinaria que se adquiera para elaborarlo.
Los materiales constituidos con tierra son aislantes térmicos y aislantes sonoros.	

Fuente: Varios autores. Elaboración: Propia

1.2.2. Componentes del bloque de terrocemento

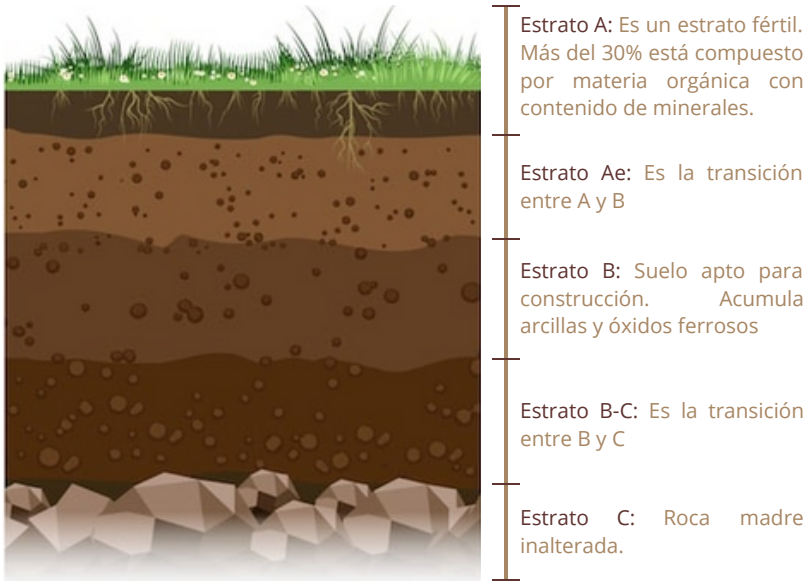
Suelo:

El suelo es el componente principal del bloque de terrocemento, es el de mayor volumen y el más complejo. Su formación se genera a partir de varias acciones climáticas y atmosféricas, proceso conocido como meteorización, que ocasiona la erosión de la roca madre generando gravas, arenas y limos (Pinto, 2016). La tierra como materia prima de construcción se puede clasificar en: suelos gruesos conformados por arenas y gravas; y suelos finos constituidos por arcillas y limos (Toirac, 2008). Asimismo, es importante conocer los estratos del suelo, puesto que no todos deben ser usados para la construcción (Ver fig. 2).

Generalmente se descarta el primer estrato, Gernot Minke (2001), indica que el suelo debe ser extraído a partir de 40 cm de profundidad, puesto que cuando es menor suele presentar materia orgánica y humus (producto de la descomposición de las plantas) y la tierra para construcción debe encontrarse libre de dichos componentes.

Figura 3.

Composición del suelo.



Fuente: Construcción con tierra: Análisis, conservación y mejora. (Hernández, 2016)

Cemento:

El cemento es utilizado como estabilizante para modificar las propiedades del suelo y mejorar su durabilidad, su función es ser un conglomerante de arenas, arcillas y limos, además el hidrato de calcio que se forma al mezclar cemento con agua, genera reacciones químicas que disminuyen la porosidad y plasticidad del suelo; aumentando la resistencia y durabilidad del material (Pinto, 2016). Por otra parte, su volumen varía debido a que absorbe agua y pierde humedad, y como consecuencia aparecen fisuras, que incluso pueden desintegrar o disgregar el bloque, por lo tanto, es necesario curar el bloque después de su fabricación. Todos los cementos son aptos para fabricar bloques de terrocemento, no obstante, el más utilizado es el portland normal tipo I, debido a que es el más comercial y presenta mejores resultados de resistencia que el tipo II. (Mejía, 2018)

Agua:

El agua que se usa para producir el terrocemento debe estar limpia, no puede contener: ácidos, álcalis o materia orgánica, por lo tanto, es ideal el agua dulce o el agua potable, la función del agua es hidratar el cemento para aglutinar las partículas sólidas y facilitar la compactación por medio del lubricado. El agua puede ser utilizada para curar el cemento hasta 43 días después de la fabricación del bloque en suelos plásticos y 28 días después en suelos granulares (De la Fuente, 1995).

1.2.3. Proceso de fabricación del bloque de terrocemento

Preparación de la mezcla

Como primer paso se debe preparar el suelo, por medio del pulverizado y tamizado la tierra seca, a continuación, se pesa la materia prima de acuerdo a su dosificación previamente establecida, se unen los materiales secos hasta obtener una coloración uniforme y por último se añade el agua poco a poco hasta conseguir la humedad óptima para el prensado (Neves & Obede Borges, 2011).

Compactación de la mezcla

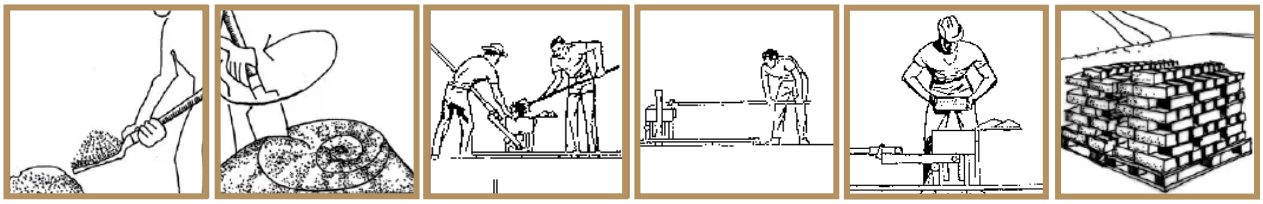
La mezcla se coloca en la prensa de manera inmediata o hasta máximo 2 horas, para evitar la pérdida de agua. La compactación produce aglutinamiento de las partículas por presión, generando mayor densidad y aumentando la durabilidad y resistencia a compresión axial (f´m), además, disminuye la tendencia al agrietamiento y permeabilidad (Pinto, 2016).

Curado del bloque

Una vez prensado se desmolda el bloque inmediatamente, y se ubican los BTC en una superficie protegida del sol, viento y lluvia que sea plana y lisa. Después de 6 horas y durante los primeros 7 días, se debe humedecer los bloques con regados continuos, para hidratar el cemento y mejorar la resistencia del bloque (Pinto, 2016). La función del curado es evitar la pérdida repentina de agua y disminuir la contracción o deformación del material. Se pueden acomodar los bloques en pilas de hasta 1,5 m de altura y cubrirlos con una lona plástica para mantener la humedad (Neves & Obede Borges, 2011).

Figura 4.

Proceso de fabricación del BTC.



Fuente: Técnicas de construcción con tierra (Neves & Obede Borges, 2011)

1.3. Ensayos empíricos

Las propiedades de la tierra se relacionan directamente con: su color, forma, textura y tamaño (Hernández, 2016). Se pueden realizar ensayos en el sitio que no son exactos, pero son útiles para estimar la composición del barro y establecer si la tierra es aceptable para su aplicación (Minke, 2001).

1.3.1. Ensayos organolépticos

Como una primera aproximación de la calidad de la tierra, se realizan ensayos que son elementales y pueden realizarse in situ. Gernot Minke (2001), señala tres ensayos de campo que son:

olfato, gusto y tacto; Hernández Josune (2016), además, agrega a los anteriores el ensayo de vista; los ensayos organolépticos son descritos a continuación:

Ensayo de olfato

La tierra apta para construcción es inodora, se deben descartar suelos que contengan materia orgánica por medio del olfato, puesto que, desprenden mal olor al humedecerse o calentarse (Minke, 2001).

Ensayo de gusto o mordedura

Se debe tomar una porción tierra y al colocarlo en la boca se identifica que: la tierra es arenosa cuando se mueve generando una sensación desagradable, mientras que la tierra arcillosa es pegajosa y tiene la textura de harina (Minke, 2001).

Ensayo de lavado o tacto

Humedecer una muestra tierra y frotar la mezcla entre las manos, en caso de sentir las partículas claramente, es un indicador de que se trata de tierra arenosa o gravosa, por otra parte, si la mezcla se siente pegajosa y las manos se pueden limpiar fácilmente al secarse, el suelo es limoso. Mientras que, si la mezcla es pegajosa y se necesita agua para limpiarse, se trata de una tierra arcillosa (Minke, 2001).

Ensayo de vista

Se puede recorrer los alrededores, si aparecen grietas en los suelos húmedos es tierra con alto contenido de arcilla. Si se observa que no existe cohesión y se pueden notar los granos es un suelo arenoso (Hernández, 2016).

1.3.2. Ensayos de campo complementarios

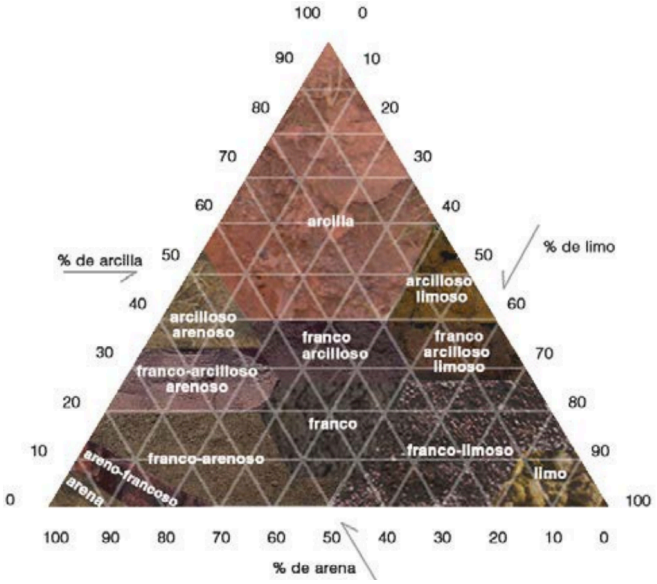
Además de los ensayos organolépticos existen ensayos de campo que necesitan instrumentos para realizarse, pero de igual manera son empíricos e inexactos.

Ensayo de color

Con el color se pueden identificar determinadas composiciones, y con ello se puede distinguir características elementales del suelo. Se definen en base a la comparación de colores estándar basados en el triángulo de Ferret (Ver fig. 5) (Hernández, 2016).

Figura 5.

Triangulo de Ferret.



Fuente: Construcción con tierra: Análisis, conservación y mejora. (Pocero, J. 2016)

Ensayo de corte

Se mezcla una porción de tierra con agua para realizar una esfera, y por medio de un instrumento plano se divide por la mitad. Si se identifica una superficie brillosa es una tierra arcillosa y si la superficie es opaca o mate indica un barro limoso (Minke, 2001).

Ensayo de adhesión

Hacer una esfera de barro e introducir una espátula, si quedan restos de partículas adheridas y cuesta introducir la espátula, se trata de un suelo arcilloso; en caso contrario la tierra es arenosa (Hernández, 2016).

Conjuntamente con los ensayos indicados, se pueden realizar los citados por la normativa peruana, que son: Cinta de barro y resistencia seca (Ver tabla 3).

1.4. Normativa

La tierra es un material de construcción universal y milenario, no obstante, su normativa es dispersa y escasa, lo cual deriva en problemas constructivos y desconfianza al edificar con barro. De acuerdo a Cid et al. (2011), existen 55 documentos alrededor del mundo referentes a normas y reglamentos de construcción en tierra cruda, sin embargo, debido al interés de la investigación se analizan los relacionados con el bloque de tierra comprimida y el bloque de suelo cemento (Ver tabla 2).

Tabla 2.

Normas y reglamentos por contenidos.

País Grupo	Norma Reglamento	REF.	EST.	Técnica	Campo de aplicación
Brasil 1	NBR 8491, 1986	7	X	Bloque comprimido macizo	Condiciones exigibles para recibir los bloques
	NBR 8492, 1986	8			Ensayos de resistencia a compresión y absorción de agua para bloques
	NBR 10832, 1989	9			Procedimiento de fabricación con prensa manual/hidráulica
	NBR 10833, 1989	10		Bloque comprimido macizo y perforado	
	NBR 10834, 1994	11		Bloque comprimido perforado sin función estructural.	Condiciones de recepción
	NBR 10835, 1994	12			Dimensión y morfología de los de los bloques
	NBR 10836, 1994	13			Análisis de resistencia a compresión y absorción de agua
	NBR 12023, 1992	14		Bloques suelo-cemento	Instrucciones para analizar el bloque.
	NBR 12024, 1992	15			
	NBR 12025, 1990	16			
	NBR 13554, 1996	17			
	NBR 13555, 1996	18			
Colombia 2	NTC 5324, 2004	20	X	B. macizos de suelo-cemento para paredes.	Propiedades y metodologías de ensayo a los bloques macizos suelo-cemento.
EEUU 3	NMAC, 1474, 2004	21		Adobe, Bloques de tierra comprimida y tapial	Leyes de construcción
EEUU 4	ASTM E2392 M-10	22		Tapial y adobe	Guía para construir con tierra.
España 5	UNE 41410 :2008	23		Bloques de tierra comprimida	Descripción y metodologías de ensayos.
Francia 6	XPP13-901, 2001	24		Bloques de tierra comprimida	Terminología, dimensiones y métodos de ensayo
India 7	IS 2110:1980.	25	X	Pared in-situ de suelo-cemento	Especificaciones para muros menores de 3,2 m de alto y 0,30 m de ancho. Muros de carga o>0,20 m particiones.
	IS 1725:1982	26	X	B. de tierra comprimida y estabilizada	Exigencias y ensayos para bloques.
	IS 13827:1993	27		Adobe, tapial	Pautas para mejorar la resistencia sísmica de las construcciones de tierra

Sigue>

<Viene

País Grupo	Norma Reglamento	REF.	EST.	Técnica	Campo de aplicación
Kenya 8	KS 02-1070:1, 1999	30	X	Bloques de suelo estabilizados con cemento o cal	Requerimientos para el bloque
Nueva Zelanda 9	NZS 4297, 1998	32		Adobe, bloque comprimido, tierra vertida, tapial	Diseño estructural y de durabilidad de las construcciones de tierra
	NZS 4298, 1998	33			Propiedades de los materiales y detalles de construcción de tierra cruda. Instrucciones de ensayos.
	NZS 4299, 1999	34		Adobe, bloque comprimido, tapial	Exigencias de diseño y construcción para adobe, bloques comprimidos o tapial que no necesitan diseño específico.
Perú 10	NTE E 0.80, 2000	34		Adobe	Exigencias para la construcción de adobe simple y adobe estabilizado
Perú 11	NTPE 331.201, 1979	36	X	Adobe estabilizado con asfalto	Descripciones y requisitos
	NTPE 331.202, 1979	37			Procedimientos de ensayo
	NTPE 331.203, 1979	38			Muestreo y recepción
Regional África 12	ARS.670, 1996	39		Bloques de tierra comprimida	Terminología BTC.
	ARS 671, 1996	40			Clasificar los BTC
	ARS 672, 1996	41			Clasificación de morteros de tierra
	ARS 673, 1996	42			Definir formas de albañilería
	ARS 674, 1996	43			Requerimientos de BTC ordinarios
	ARS 675, 1996	44			Requerimientos aplicables a BTC vistos
	ARS 676, 1996	45			Requerimientos de morteros ordinarios
	ARS 677, 1996	46			Requerimientos de morteros vistos
	ARS 678, 1996	47			Requerimientos para albañilería revestida
	ARS 679, 1996	48			Requerimientos para albañilería vista
	ARS 680, 1996	49			Fabricación BTC
	ARS 681, 1996	50			Morteros tierra.
	ARS 682, 1996	51			Construcción
	ARS 683, 1996	52			Pruebas requeridas
Sir Lanka 13	SLS 1382-1:2009	53	X	Bloques de tierra comprimida	Requisitos
	SLS 1382-2:2009	54		Bloques de tierra comprimida	Ensayos
	SLS 1382-3:2009	55		Bloques de tierra comprimida	Guía sobre producción, diseño y construcción
Túnez 14	NT 21.33:1996	56		Bloques de tierra comprimida	Especificaciones para BTC ordinarios, particularidades geométricas, fisicoquímicas.
	NT 21.35:1996	57			Definiciones y clasificación de BTC

Fuente y elaboración: Las normativas de construcción con tierra en el mundo (Cid, Mazarrón, y Cañas, 2011).

Revisar la normativa es importante, puesto que en el documento se definen las exigencias necesarias de seguridad y calidad en la construcción, no obstante, debido a que en Ecuador no existe un reglamento acerca de la construcción en tierra, se utilizan normas internacionales, de las cuales aquellas que se tomarán como referencia en función de la investigación son: la brasileña, colombiana, peruana y española, puesto que utilizan cemento como estabilizante del bloque comprimido.

1.4.1. Obtención de la materia prima

La extracción de la tierra en las normas se determina por medio de ensayos empíricos e imprecisos que no se han sustentado en pruebas preliminares (Minke, 2001). La normativa peruana menciona dos ensayos para conseguir una aproximación de la calidad del suelo (ver tabla 3), siendo la única normativa que detalla dicha información; los ensayos que se indican comprenden la presencia de arcillas.

Tabla 3.

Ensayos para la obtención de la materia prima.

Normativa peruana (NTE E 0.80, 2000)		
Ensayo	**Procedimiento**	**Resultado**
Prueba "Cinta de barro" (Presencia de arcillas)	Utilizar una porción de barro húmedo para realizar un cilindro de 12 mm de diámetro, colocar en una mano, aplastar paulatinamente entre los dedos, hasta conseguir un diámetro de 4mm, posteriormente se deja descolgar lo más que se pueda.	Si la cinta obtiene entre 20 cm y 25 cm de longitud, la tierra es arcillosa y si se parte a los 10 cm o menos, la tierra tiene poco contenido de arcilla.
Prueba "Resistencia seca" (Presencia de arcillas)	Tomar barro para hacer cuatro esferas sin que se deformen significativamente, dejar secar las bolitas durante 48 h, posteriormente presionarlas fuertemente con el dedo pulgar e índice.	Si se rompe, quiebra o agrieta, se debe desechar el suelo, salvo que se mezcle con arcilla o tierra muy arcillosa. En caso, que luego de la prueba no se rompa, quiebre o agriete ninguna de las bolitas, puede ser usado como materia prima de construcción.

Fuente: Normativa peruana (NTE E 0.80, 2000) Elaboración: Propia

1.4.2. Dosificación de los componentes

La dosificación de los componentes consiste en definir el contenido óptimo de cemento y agua para un tipo de suelo, con la finalidad de que la mezcla cumpla con los requerimientos de durabilidad, flexibilidad y resistencia. La dosificación ha ido cambiando conforme se estudia al material, por lo tanto, no se puede afirmar que un criterio sea mejor que el anterior, en cierto modo son complementarios, existe variedad de autores y normativas que definen las proporciones de los materiales, como se demuestra en la tabla 4.

Tabla 4.

Dosificación para bloques de terrocemento según varios autores.

Autor	Límite Líquido	Índice de plasticidad	Composición granulométrica	Materia Orgánica	Agua	Cemento
De la fuente, E. (1995)	<50	<25	Arcillas: < 15% Arenas: 55-80% Finos: 20-45% Aprox. 50% pasa Nº 200	Máximo 2%	Suelo plástico 10-20% Suelos Granulares 10%	10 – 15% por razones económicas
Borges Obede (2011)	≤ 45	≤ 18	Arenas: >50% 100% pasa Nº 4			
C. de investigación hábitat y energía (2006)	<45	<18	Arcillas: 5-35% Arenas: 40-80% Limos: 0-20% 100% pasa Nº 4 15-7-% pasa Nº 40 10-50% pasa Nº 200	≤ 2%	Alrededor del 12%	8-12% en peso por razones económicas. No usar si las arcillas >20%
Bestraten, S. Et. Al. (2011)	20-50	0-30				
Chaverri, J. (1983)		2.5-22	Arcillas: 5-20% Arenas: 20-80%			4-20%
Sánchez, J. (1982)	<40	2.5-22	Arcillas-Limos: 25-55% Arenas: 45-75%			
Roseto, O.			Arcillas: 5-10% Arenas: 60-80% Limos: 10-20%			
ICPA			Arcillas: 5-10% Arenas: 70-85% Limos: 10-20%			
Houben			Arcillas: 20-30% Arenas: 40-70% Limos: 0-30%			
CINVA			Arcillas-Limos: 20-55% Arenas: 45-80%			
MERRIL			Arcillas-Limos: <50% Arenas: >50%			
Normativa Brasileña	≤ 45	≤ 18	100% pasa Nº 4 10 a 50% pasa Nº 200			

Sigue>

<Viene						
Autor	**Límite Líquido**	**Índice de plasticidad**	**Composición granulométrica**	**Materia Orgánica**	**Agua**	**Cemento**
Normativa Colombiana	Indica diagrama de límites y granulometría					
Normativa Española	25-50	Indica diagrama de límites y granulometría	Arcilla ≥ 10%	M. orgánica ≤ 2% Sales solubles ≤ 2%		≤15%
Normativa Peruana			Arena: 55-70% Arcilla: 10-20% Limo: 15-25%			

Fuente: Varios autores. Elaboración: Propia.

1.4.3. Forma y dimensión de los bloques

Los bloques de terrocemento, se moldean por prensado utilizando moldes que permiten versatilidad en cuanto a forma y dimensiones. En general el bloque tiene forma prismática, y puede ser macizo o con perforaciones.

Tabla 5.

Dimensiones del bloque según la normativa.

Dimensiones del bloque				
Parámetro:	Brasileña	Colombiana	Española	Peruana
Bloque macizo (LxExh)(cm)	20x9,5x5 23x11x5 (un sentido de prensado)	29,5x14x9,5 22x22x9,5 (no indica el prensado)	BTC(común) 29,5x14x9,5 BTC (cara vista) 22x22x9,5 30x14,5x10,5	No cita
Bloque hueco (LxExh)(cm)	39x9x14 39x13x14 39x19x14 (doble sentido de prensado)	No cita	No cita	No cita

Fuente: Varias. Elaboración: Propia.

1.4.4. Ensayos de propiedades del suelo

Análisis granulométrico de suelos por tamizado

El ensayo se realiza con la finalidad de establecer de manera cuantitativa los tamaños de las partículas de la tierra que se expresan en el porcentaje con respecto al peso seco total. Se coloca la tierra en estado natural en el horno durante 24 horas, posteriormente, se mezcla y homogeniza para realizar un cuarteo; el peso a utilizar depende del grosor de la partícula más grande que se encuentre en la muestra, en caso de partículas mayores a 3/8" (9,5 mm) se utilizan 500 g y si son mayores a 4,76 mm se realizará el

análisis con 115 g del peso seco. Una vez establecida la cantidad a utilizar, se coloca la tierra en una bandeja llena de agua hasta que los terrones se ablanden, a continuación, se lava la muestra sobre el tamiz Nº 200, con abundante agua, y lo que se retiene en el tamiz se coloca en el horno nuevamente. Por ultimo, se pasa el material seco sobre varios tamices que se ubican de mayor a menor apertura, uno encima de otro, sobre un vibrador que combina movimientos oscilantes y vibratorios, para que la tierra se ubique en el tamiz correspondiente. Se quitan los tamices para pesar cada uno y establecer la relación al total inicial y realizar una curva aritmética que contenga los datos de la cantidad de material que se retiene y del que paso por cada tamiz, organizados por números con la equivalencia de la apertura de la malla en mm (Mejía, 2018).

Análisis de contenido de materia orgánica.

En los suelos a veces se manifiestan impurezas orgánicas, las cuales perjudican la hidratación del cemento y por consecuencia la resistencia del bloque, por lo cual, es necesario estimar el contenido orgánico de la tierra. El análisis se realiza con una prueba colorimétrica, que es detallada en la norma ASTM C40, la cual se realiza con agua, hidróxido de sodio y la muestra de tierra. Se mezcla todo el material agitando la probeta y se reposa durante 24h con el objetivo de que las partículas por precipitación y decantación se depositen en capas y definan la composición. Se compara la coloración con la carta de colores de Gardner (Ver fig. 6) y como resultado se debe obtener un color más claro que el Nº3, en caso contrario el suelo debe ser descartado.

Figura 6.

Carta de colores de Gardner.



Fuente: Norma ASTM C87-C40

Ensayo de consistencia de suelo límite líquido

El ensayo sirve para conocer el contenido de humedad expresado en porcentaje del tierra secada al horno, cuando esta en límite entre plástico y líquido. Para realizar el ensayo se utiliza la tierra del tamiz Nº 40, y se humedece hasta formar una pasta, posteriormente, se coloca en la maquina Casagrande en forma de circulo y se separa con un ranurador en dos partes, a continuación, se aplican golpes para que la apertura se cierre. Se procede a tomar una muestra de la sección donde se cerró el canal, se pesa el material y se seca durante 24 h en el horno, al sacarlo se enfría 10 minutos y se vuelve a pesar. El ensayo debe realizarse con aproximadamente 4 contenidos de humedad diferentes y disminuir la cantidad de golpes para el cierre del canal, se realizan los cálculos y se promedian para conocer el limite liquido del suelo.

Ensayo de consistencia de suelo límite plástico

Para realizar el ensayo de límite plástico se toma la tierra del tamiz Nº 40, y se humedece hasta formar una masa y, a continuación, se rueda con los dedos en una superficie lisa, para formar cilindros de aproximadamente 3.33 mm de diámetro, se dobla, amasa y genera el cilindro nuevamente hasta que el cilindro no pueda ser reconstruido. Se pesan las partes resultantes y se colocan en el horno durante 24h. El ensayo se realiza en base a 4 muestras, se pesa el material seco y se realizan los cálculos correspondientes para determinar el límite plástico.

Análisis de contenido de humedad del suelo

El ensayo se elabora en tres recipientes donde se colocan 100 gr de tierra en estado natural, posteriormente se coloca en un horno de convección a 275 °F durante 24 horas, después, se pesa y compara para definir el porcentaje de agua evaporada. Por ultimo, se calcula y promedia los resultados obtenidos.

1.4.5. Ensayos físicos y mecánicos

Los ensayos señalados en las normativas son: de capilaridad, abrasión y resistencia a la compresión, los cuales se indican a continuación:

Ensayo de resistencia a la compresión seca

El ensayo sirve para establecer la capacidad de la carga máxima a compresión que el bloque puede soportar antes de fracasar o disgregarse. Para realizar el ensayo se ubican los bloques en un horno de convección para que se sequen, hasta que la diferencia entre la masa sea menor a 0,1 del peso originario. Posteriormente, se mantienen a temperatura ambiente durante 2 horas para pesar y medir las dimensiones efectivas y la superficie de las unidades. Se coloca en la prensa el centro de la probeta para afirmar continuidad del esfuerzo de carga y se usa una carga uniforme con una velocidad continua de 0.02 mm/s, para evitar movimientos bruscos.

Tabla 6

Resistencia a la compresión seca (MPa).

Resistencia a la compresión seca (MPa)				
Parámetro:	Brasileña	Colombiana	Española	Peruana
Resistencia a la compresión seca (MPa)	No cita	B. suelo-cemento: 20: 2 B. suelo-cemento: 40: 4 B. suelo-cemento: 60:6	BTC 1: 1,3 BTC 3: 3 BTC 5: 5	No cita

Fuente: Varias. Elaboración: Propia

La norma colombiana NTC 5324, clasifica a los bloques según su resistencia mecánica mínima a la compresión seca elevada a la sección bruta y expresada en MPa, que pueden ser: BSC 20/BSC 40 /BSC 60. Por otra parte, la norma española UNE 41410, los clasifica como: BTC: 1/BTC 3/BTC 5.

Ensayo de abrasión

El ensayo sirve para determinar el porcentaje de material perdido después de condiciones reguladas de fricción en cierto tiempo. Para el ensayo los bloques se conservan en un lugar protegido de humedad 24 horas antes y se pesa cada probeta estableciendo la masa antes del ensayo (Mo). Luego, se ubica el bloque sobre una bandeja, se coloca un cepillo de metal (máximo 2mm) sobre el bloque, como carga perpendicular y luego se mueve de manera lineal 20 veces. Por ultimo se pesa la probeta (M1) y se

toman las dimensiones para obtener la superficie de desprendimiento (s). La resistencia a la abrasión esta relacionada con la resistencia seca de los bloques. Se realizan los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\text{Ca } (\text{cm}^2/\text{g}) = \frac{S}{mo - m1}$$

Donde:

Ca= Coeficiente de abrasión

S= Superficie de desprendimiento (cm2)

mo= Masa antes del ensayo (g)

m1= masa luego del ensayo

Tabla 7.

Ensayo de abrasión según la normativa.

Ensayo de abrasión				
Parámetro:	Brasileña	Colombiana	Española	Peruana
Resistencia a la abrasión mínima (cm^2/g)	No cita	B. suelo-cemento: 20: 2 B. suelo-cemento: 40: 5 B. suelo-cemento: 60:7	No cita	No cita

Fuente: Varias. Elaboración: Propia.

Ensayo de capilaridad

El ensayo debe realizarse a tres bloques enteros, los cuales deben conservarse en el laboratorio 24 previas al ensayo, se deben registrar los datos de cada bloque como son sus dimensiones y peso, posteriormente se coloca el bloque el horno durante 24 h con una temperatura de 70 ºC ± 5º C, en la posición que van a tener en obra y de manera que el aire caliente circule alrededor de todas las caras. Las probetas deben mantenerse en el horno, controlando los pesos hasta que la diferencia del peso sea menor al 0,01%. Los bloques se deben enfriar 6 horas hasta que la oscilación de temperatura no supere los ± 3° C. Se pesa y se ubica la probeta encima de cuñas en una bandeja que permita sumergir los bloques en agua hasta 5 mm de altura. Haciendo uso de una pipeta se puede controlar el incremento de agua para mantener el nivel por la absorción. Pasado los 10 minutos se retira la probeta y se limpia, por último, se pesa el bloque en gramos. Para realizar los cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cb = \frac{1000M}{S\sqrt{t}} \; o \; Cb = \frac{100(P1 - Po)}{S\sqrt{10}}.$$

Donde:

Cb= Coeficiente de capilaridad

M= Masa del agua que se absorbió en el ensayo (g)

t= Duración de la inmersión (minutos)

S= Superficie de la cara sumergida (cm^2)

Tabla 8.

Ensayo de capilaridad según la normativa.

Ensayo de capilaridad				
Parámetro:	Brasileña	Colombiana	Española	Peruana
Absorción de agua máximo:	20% obligatorio	No cita	No cita	No cita
Capilaridad máxima	No cita	Bloque débilmente capilar Cb ≤ 20 Bloque poco capilar Cb ≤ 40.	Fabricante informa	No cita

Fuente: Varias. Elaboración: Propia.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN DE LA TIERRA

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LA TIERRA

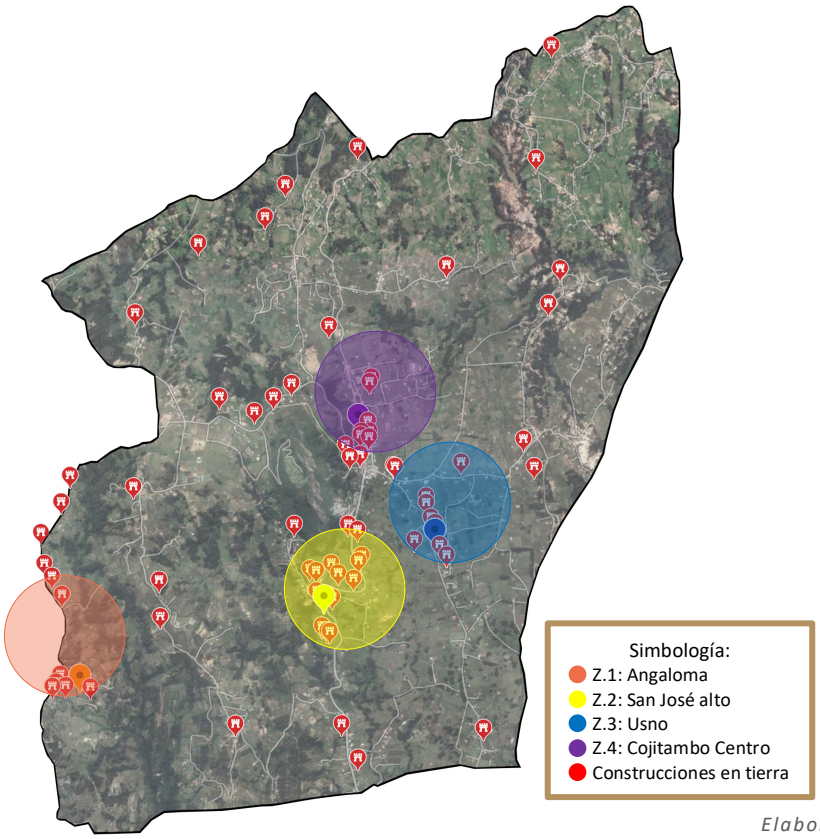
2.1. Sectorización de construcción en tierra en Cojitambo.

En general todos los suelos pueden ser utilizados para fabricar bloques de terrocemento, no obstante, los suelos óptimos, son los que reducen el consumo del cemento y aquellos que son estables a contracción; asimismo, es importante que la tierra tenga una adecuada absorción de agua y que logre resistencias necesarias en menor tiempo (Toirac, 2008).

Para definir los sectores se analiza el territorio, por medio de la identificación de construcciones en tierra, se reconocen asentamientos cercanos con materiales basados en el suelo, con la finalidad de tener un aval de que la tierra de cada zona será apta para la construcción. Se obtienen 4 zonas dentro de la parroquia Cojitambo y cada una se encuentra cerca de al menos siete viviendas construidas en tierra envolviendo un rango de 400 m de radio (Ver mapa 4).

Mapa 4.

Zonas de estudio.



Elaboración: Propia.

Tabla 9.

Tipos edificatorios por cada zona.

Zona	Tipo de edificaciones	Sistema constructivo	Cantidad de edificaciones
Z1: Angaloma	Vivienda de dos plantas	Adobe	4
	Vivienda de dos plantas	Bahareque	1
	Vivienda de una planta	Adobe	2
	Total		7
Z2: San José alto	Vivienda de dos plantas	Bahareque	9
	Vivienda de una planta	Bahareque	2
	Centro de culto	Bahareque	1
	Total		12
Z3: Usno	Vivienda de dos plantas	Bahareque	4
	Vivienda de una planta	Bahareque	2
	Hacienda	Bahareque	1
	Total		7
Z4: Cojitambo Centro	Vivienda de dos plantas	Bahareque	8
	Administrativo(Policía nacional)	Bahareque	1
	Hacienda	Bahareque	1
	Total		10

Fuente: SINPC y recorridos de las zonas. Elaboración: Propia

2.1.1. Zona 1: Angaloma

La zona 1 se ubica a 3 km del centro parroquial de Cojitambo en sentido suroeste, en la comunidad de Angaloma y su acceso se realiza por la vía Cojitambo – Deleg. Las edificaciones basadas en tierra del

sector son 7, de las cuales: 4 son viviendas de dos plantas que corresponden al sistema constructivo adobe, 1 vivienda de dos plantas construida en bahareque y 2 viviendas de una planta edificadas con adobe, todas las edificaciones se encuentran habitadas y en apropiadas condiciones constructivas como se puede apreciar en la figura 7; la zona 1 es la única zona en donde existe evidencia del sistema constructivo adobe.

Figura 7.

Registro fotográfico de la zona 1.



Elaboración propia.

2.1.2. Zona 2: San José alto

La zona 2 se ubica a 1,5 km del centro parroquial de Cojitambo en sentido sur, en la comunidad de San José alto. Las edificaciones basadas en tierra del sector hacen uso de bahareque y piedra, debido a la extracción minera que se desarrolla en la zona; las cuales son 12 y se componen de la siguiente manera: 9 son viviendas de dos plantas, 2 viviendas de una plantas y 1 centro de culto; todas las edificaciones mantienen buenas condiciones constructivas.

Figura 8.

Registro fotográfico de la zona 2.



Elaboración propia.

2.1.3. Zona 3: Usno

La zona 3 se ubica a 1 km del centro parroquial de Cojitambo en sentido sureste, en la comunidad de Usno. Las edificaciones basadas en tierra del sector son 7 y se han desarrollado haciendo uso de bahareque y piedra, las cuales se conforman de la siguiente manera: 4 son viviendas de dos plantas, 2 viviendas de una plantas y 1 hacienda. En general dichas edificaciones se encuentran habitables, sin embargo, en algunos casos han sido abandonadas.

Figura 9.

Registro fotográfico de la zona 3.



Elaboración propia.

2.1.4. Zona 4: Cojitambo Centro

La zona 4 se ubica en el centro parroquial de Cojitambo, es el sector donde se emplazan la mayoría de edificaciones patrimoniales de la parroquia, no obstante, es evidente el abandono que han sufrido algunas viviendas y por consecuencia algunas se encuentran en ruinas. Las edificaciones basadas en tierra se han desarrollado haciendo uso de bahareque y piedra, en total son 10 y se enuncian a continuación: 8 viviendas de dos plantas, 1 administrativo la cual pertenece a la policía nacional y 1 hacienda.

Figura 10.

Registro fotográfico de la zona 4.



Elaboración propia.

2.2. Propiedades de la tierra

2.2.1. Proceso de ensayos organolépticos:

Se toman las muestras de tierra de las cuatro zonas seleccionadas, se realizan los ensayos organolépticos para tener una primera aproximación de sus características y poder determinar si pueden ser utilizados como material de construcción, posteriormente, se describen los procedimientos y resultados de los ensayos (Ver tabla 10,11, 12 y 13).

Tabla 10.

Ensayo de olfato.

Ensayo: Olfato			
Instrumentos:	Sensoriales		
Procedimiento:	Se procede a oler la tierra húmeda, con una mezcla de 10 g de tierra con 5 ml de agua aproximadamente, y se obtienen dos posibles resultados: 1. Tierra inodora: apta para construcción 2. Mal olor de la tierra: no apta debido a que contiene materia orgánica.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Tierra inodora	Tierra inodora	Tierra inodora	Tierra inodora
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Elaboración: Propia

Tabla 11.

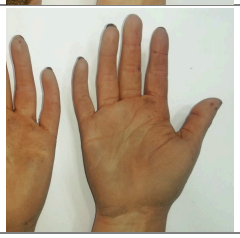
Ensayo de gusto o mordedura.

Ensayo de gusto o mordedura			
Instrumentos:	Sensoriales		
Procedimiento:	Se colocan aproximadamente 5 g de tierra en la boca, se pueden obtener dos resultados que se indican a continuación: 1. Tierra arenosa: las partículas se mueven y generan una sensación desagradable. 2. Tierra arcillosa: Su textura es como harina y se siente pegajosa.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Tierra arcillosa	Tierra arcillosa	Tierra arcillosa	Tierra arcillosa

Elaboración: Propia

Tabla 12.

Ensayo de lavado o tacto.

Ensayo de lavado o tacto			
Instrumentos:	Sensoriales		
Procedimiento:	Se humedecen 20 g de tierra con 10 ml de agua y se esparce entre las manos, se pueden obtener tres resultados: 1. Tierra arenosa o gravosa: Cuando las partículas se sienten claramente. 2. Tierra limosa: La mezcla se siente pegajosa, no obstante, las manos se pueden limpiar fácilmente al secarse. 3. Tierra arcillosa: La mezcla es pegajosa y se necesita agua para limpiarse.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Tierra arcillosa	Tierra arcillosa	Tierra arcillosa	Tierra limosa
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			

Elaboración: Propia

Tabla 13.

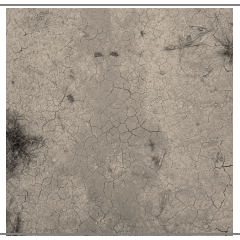
Ensayo de vista.

Ensayo de vista			
Instrumentos:	Sensoriales		
Procedimiento:	Al recorrer los alrededores se puede observar dos tipos de suelo: 1. Tierra arcillosa: cuando aparecen grietas. 2. Tierra arenosa: Cuando se observa que no existe cohesión y se pueden notar los granos.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Tierra arcillosa	Tierra arcillosa	Tierra arcillosa	Tierra arcillosa

Sigue ->

<-Viene

Evidencia fotográfica:

Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Elaboración: Propia

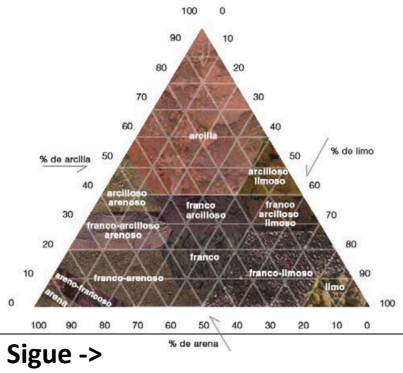
Con los resultados de los ensayos organolépticos se puede deducir, que: según el ensayo de olfato, la tierra de las cuatro zonas es inodora debido a que no cuenta con materia orgánica y por lo tanto es apta para construcción; en cuanto al ensayo de gusto indica que la tierra de las cuatro zonas presenta mayor contenido de arcilla; el ensayo de tacto o lavado sugiere que la tierra de la zona 1 , 2 y 3 es arcillosa mientras que la zona 4 presenta tierra limosa y por ultimo, en el ensayo de vista los resultados aluden que las cuatro zonas presentan tierra arcillosa.

2.2.2. Proceso de ensayos complementarios:

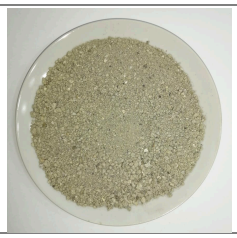
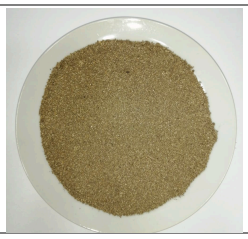
A partir de los ensayos organolépticos se consigue una leve percepción acerca de las características de la tierra, asimismo, se procede a realizar ensayos complementarios; su procedimiento, resultado y evidencia fotográfica se estructura en las tablas 14,15,16,17 y 18.

Tabla 14.

Ensayo de color.

Ensayo de color	
Instrumentos:	Triángulo de Ferret 

Sigue ->

<-Viene			
Procedimiento:	1. Se debe comparar la colorimetría del suelo con el triángulo de Ferret para conocer las propiedades elementales del suelo.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Arcilloso - arenoso	Franco-Arenoso	Franco-arcilloso	Arcilloso - limoso
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Elaboración: Propia

Tabla 15.

Ensayo de corte

Ensayo de corte			
Instrumentos:	Cuchillo		
Procedimiento:	Hacer una esfera de barro con 50 g de tierra y 15 ml de agua (aproximadamente) y dividirla con el cuchillo por la mitad, los resultados pueden ser los siguientes: 1. Tierra arcillosa: Superficie brillosa 2. Tierra limosa: Superficie opaca		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Limosa	Arcillosa	Arcillosa	Limosa
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Elaboración: Propia

Tabla 16. Ensayo de adhesión.

Ensayo de adhesión			
Instrumentos:	Espátula		
Procedimiento:	Hacer una esfera de barro e introducir la espátula, se puede observar dos posibilidades: 1. Tierra arcillosa: Cuando quedan restos de partículas adheridas y cuesta introducir la espátula. 2. Tierra limosa: Cuando es fácil introducir la espátula y no queden restos de las partículas.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Limosa	Arcillosa	Arcillosa	Limosa
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Elaboración: Propia

Tabla 17.

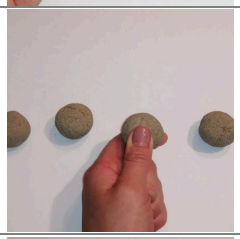
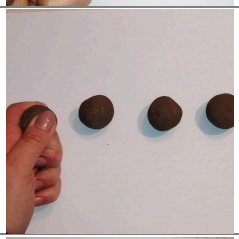
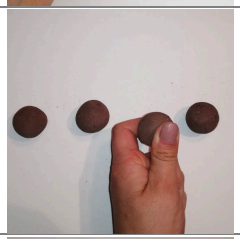
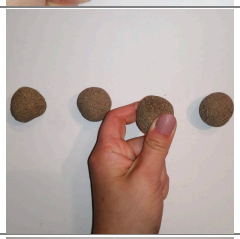
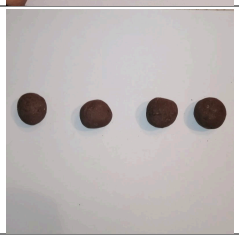
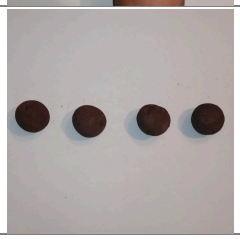
Ensayo de Cinta de barro.

Ensayo de Cinta de barro			
Instrumentos:	Flexómetro		
Procedimiento:	Realizar un cilindro de barro 12 mm de diámetro, aplastar de poco a poco y dejarla colgar hasta lo más que se pueda, se pueden evidenciar los siguientes resultados: 1. Tierra arcillosa: Si la cinta obtiene entre 20 cm y 25 cm de longitud, la tierra es arcillosa 2. Tierra con poco contenido de arcilla: si se parte a los 10 cm o menos.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Poco arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Poco arcillosa
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Elaboración: Propia

Tabla 18.

Ensayo de Resistencia seca.

Ensayo de resistencia seca			
Instrumentos:	Balanza		
Procedimiento:	Realizar cuatro esferas de barro, y secarlas durante 48 h, posteriormente presionarlas fuertemente con el dedo pulgar e índice. Los resultados pueden ser: 1. Si se rompe, quiebra o agrieta, se debe desechar el suelo, a menos que se mezcle con arcilla o tierra muy arcillosa. 2. En caso, que luego de la prueba no se rompa, quiebre o agriete ninguna de las bolitas, puede ser usado como materia prima de construcción.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Apta para construir	Apta para construir	Apta para construir	Apta para construir
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			
			

Elaboración: Propia

Los ensayos complementarios, confirman que la tierra de la zona 2 y 3 es arcillosa, sin embargo, existe una ligera contradicción en la tierra de la zona 1 y 4 que indica que la tierra puede ser limosa o arcillosa, lo que puede significar que dicha tierra debe contar con contenidos de arcilla y limo similares. Por otra parte, el ensayo de resistencia seca, sugiere que la tierra de las cuatro zonas contienen la arcilla necesaria para poder utilizarla en construcción.

2.3. Caracterización de las muestras de tierra

2.3.1 Proceso de ensayos de propiedades del suelo

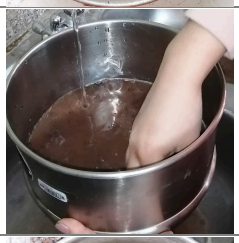
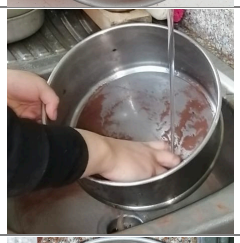
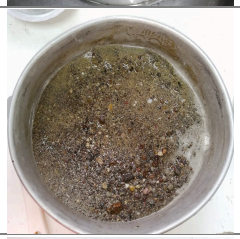
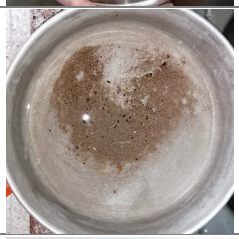
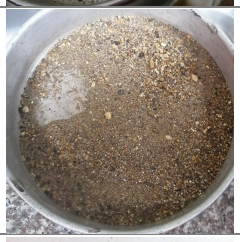
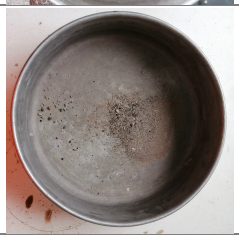
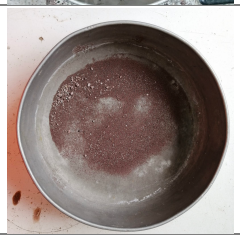
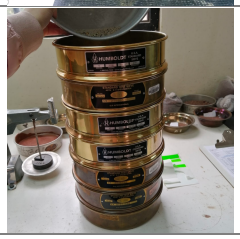
Para definir las características verídicas de cada tierra se realizan ensayos en laboratorio en base a la normativa (ver tabla 19,20,21,22 y 23).

Tabla 19.

Ensayo mecánico de los componentes por medio de cribado.

Análisis granulométrico de suelos por tamizado			
Instrumentos:	Balanza, horno de convección y tamices		
Procedimiento:	1) Colocar en una bandeja la tierra en estado natural, se homogeniza para realizar un cuarteo, después, se toma la muestra en diagonal y se coloca en el horno durante 24h.		
	2) Se pesa el material en seco, tomando 500 g para la tierra con partículas gruesas (Z1-Z4) y 115 g para la tierra con partículas finas (Z2-Z3)		
	3) En un recipiente se cubre la tierra con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden		
	4) A continuación, se lava la muestra sobre el tamiz de 0,074mm (Nº 200), con abundante agua.		
	5) Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno y se vuelve a pesar.		
	6) Se pasa el sobrante sobre los tamices 3/8", Nº 4, Nº 10, Nº 30, Nº 40, Nº 60, Nº 100 y Nº 200.		
	7) Pesar el material que se retiene en cada tamiz, y calcular: % retenido, % retenido acumulado y % pasante; para realizar una curva granulométrica y determinar la clasificación de los componentes.(Ver anexos 1, 4, 7 y 10)		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
0,53 % -> Gravas 11,50 % -> Arenas 19,68 % -> Limo 68,28 % -> Arcillas	0 % -> Gravas 0,39 % -> Arenas 2,75 % -> Limo 96,86 % -> Arcillas	0 % -> Gravas 0,29 % -> Arenas 1,35 % -> Limo 98,37 % -> Arcillas	0 % -> Gravas 11,46 % -> Arenas 43,51 % -> Limo 45,03 % -> Arcillas
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
Sigue ->			

<-Viene

			
			
			
			
			
	100% Pasa tamiz Nº 4	100% Pasa tamiz Nº 4	
			

Sigue ->

<-Viene			
	El tamizaje se realiza manualmente	El tamizaje se realiza manualmente	
			

Elaboración: Propia

El ensayo de granulometría indica bajo contenido de arena en las zonas 2 y 3, por lo cual es recomendable estabilizar la tierra con arena media, para cumplir con las características que indican varios autores señalados en la tabla 4, los cuales muestran que la arena debe tener un porcentaje mayor a 40 %. Por lo tanto se debe estabilizar la tierra para fabricar el bloque, agregando los siguientes porcentajes de arena: de la zona 1 el 28,50%, de la zona 2 el 39,61%, de la zona 3 el 39,71% y de la zona 4 el 29,54% de arena.

Tabla 20.

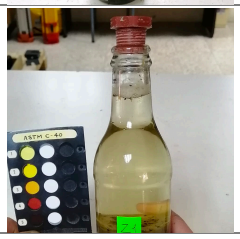
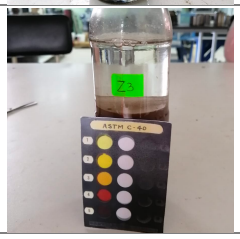
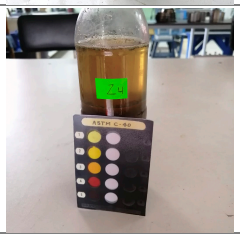
Análisis de contenido de materia orgánica.

Análisis de contenido de materia orgánica			
Instrumentos:	Probeta, balanza y carta de colores de Gardner		
Procedimiento:	1) Mezclar 300 ml de agua potable con 15 g de hidróxido de sodio, hasta que el polvo se diluya completamente.		
	2) En un recipiente de vidrio se colocan 250 gr de tierra en estado natural y se añade el compuesto liquido.		
	3) Se tapa herméticamente el recipiente y se agita vigorosamente hasta que la tierra se mezcle con el agua.		
	4) Se deja en reposo durante 24 h y se compara la tonalidad del agua con la carta de colores de Gardner.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
Color 1	Color 2	Color 1	Color 3

Sigue ->

<-Viene

Evidencia fotográfica:

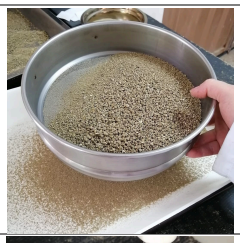
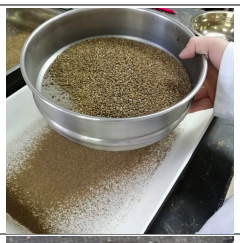
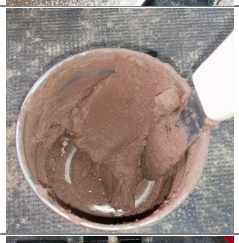
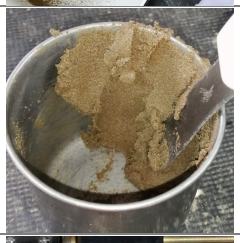
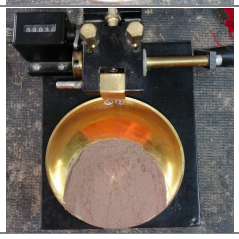
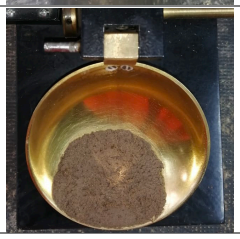
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			
			
			

Elaboración: Propia

El análisis de materia orgánica, brinda resultados favorables, que indican que las muestras de tierra de las 4 zonas son apropiadas para su uso en construcción, debido a que tienen un mínimo contenido de materia orgánica, lo cual se verifica en la comparación con la tabla de colores de Gardner.

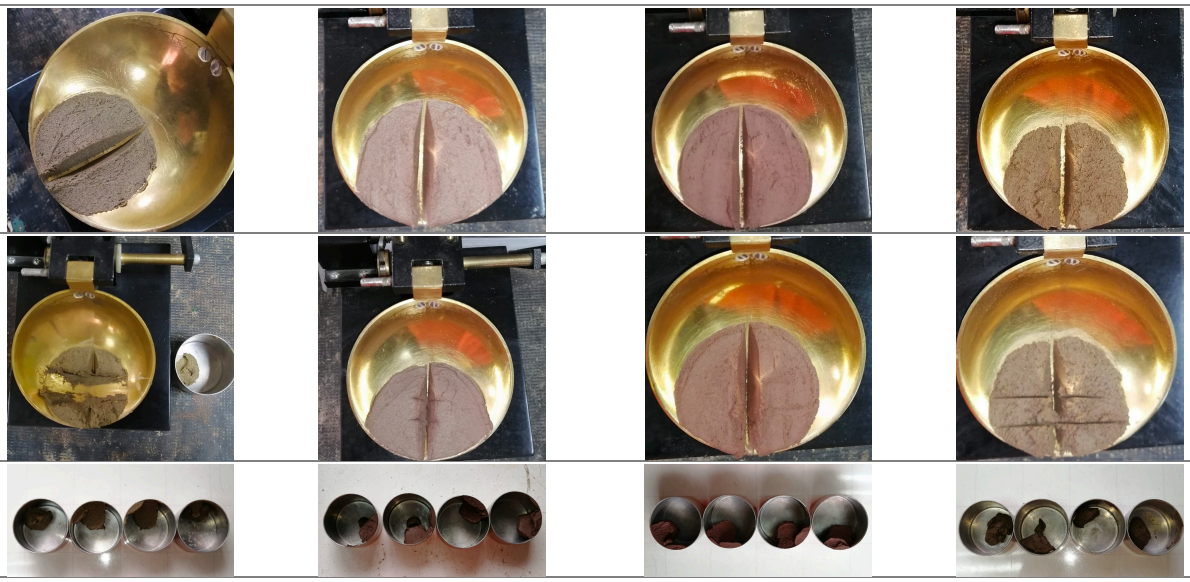
Tabla 21.

Ensayo de consistencia de suelo límite líquido.

Ensayo de consistencia de suelo límite líquido				
Instrumentos:	Maquina Casagrande, paleta, ranurador normado y tamiz #40.			
Procedimiento:	1) Se coloca la tierra en el tamiz Nº40.			
	2) Se humedece y homogeniza completamente mientras se forma una pasta.			
	3) Se pone la mezcla en la maquina Casa grande utilizando la paleta.			
	4) Con la ayuda del ranurador, se divide la mezcla por la mitad.			
	5) Se acciona la Casa grande para dar golpes y cerrar el canal.			
	6) Tomar una muestra de donde se cerro el canal y anotar la cantidad de golpes que fueron necesarios y el peso de la muestra.			
	7) Colocar en el horno durante 24 h y volver a pesar la muestra.			
	8) El ensayo fue realizado con 4 contenidos de humedad diferentes, por lo tanto, con menos golpes para cada muestra. Se tabulan los datos, se calcula el límite líquido y se realiza el gráfico de los límites de Atterberg (Ver anexos 2,5,8 y 11).			
Resultados:				
Zona 1:		Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
L. líquido= 49,37%		L. líquido= 49,73%	L. líquido= 48%	L. líquido= 44,76%
Evidencia fotográfica:				
Zona 1:		Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
				
				
				

Sigue ->

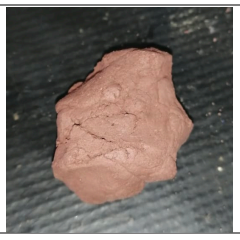
<-Viene



Elaboración: Propia

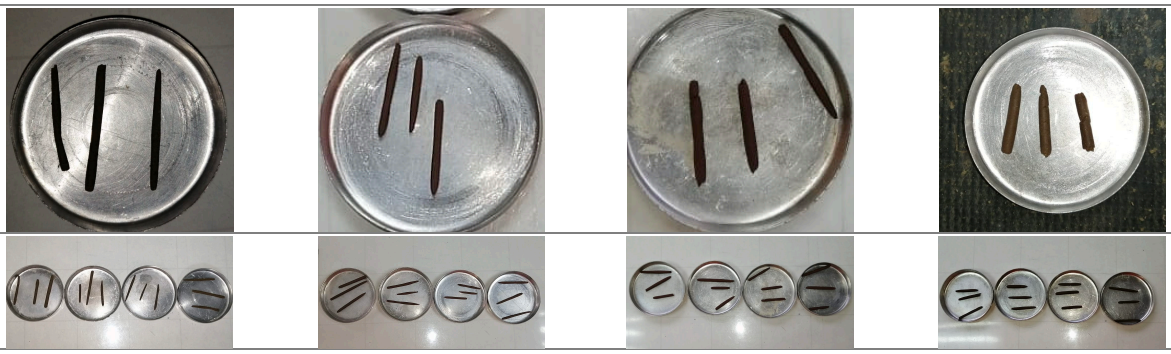
Tabla 22.

Ensayo de consistencia de suelo límite plástico.

Ensayo de consistencia de suelo límite plástico			
Instrumentos:	Balanza y horno de convección		
Procedimiento:	1) Se toma tierra del tamiz Nº 40, se humedece y se mezcla hasta tener una pasta dura.		
	2) Se forman cilindros de 3.33 mm de diámetro y se toman cuatro muestras de cada zona para secar en el horno y pesarlos posteriormente.		
	3) Se tabulan los datos y se determina el límite plástico. (Ver anexos 2,5,8 y 11)		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
L. plástico=21,94 %	L. plástico=24,75 **%**	L. plástico=22,50 **%**	L. plástico=21,09 **%**
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Sigue ->

<-Viene

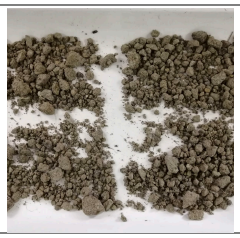
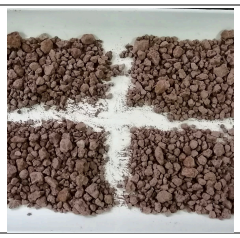


Elaboración: Propia

La normativa española (UNE 41410, 2008), señala que el limite liquido del suelo puede ser de 25 a 50 %, lo cual se cumple con la tierra de las cuatro zonas. El autor De la fuente, E. (1995), indica que el índice de plasticidad debe ser menor que el 25%, que de igual manera se cumple en las 4 zonas.

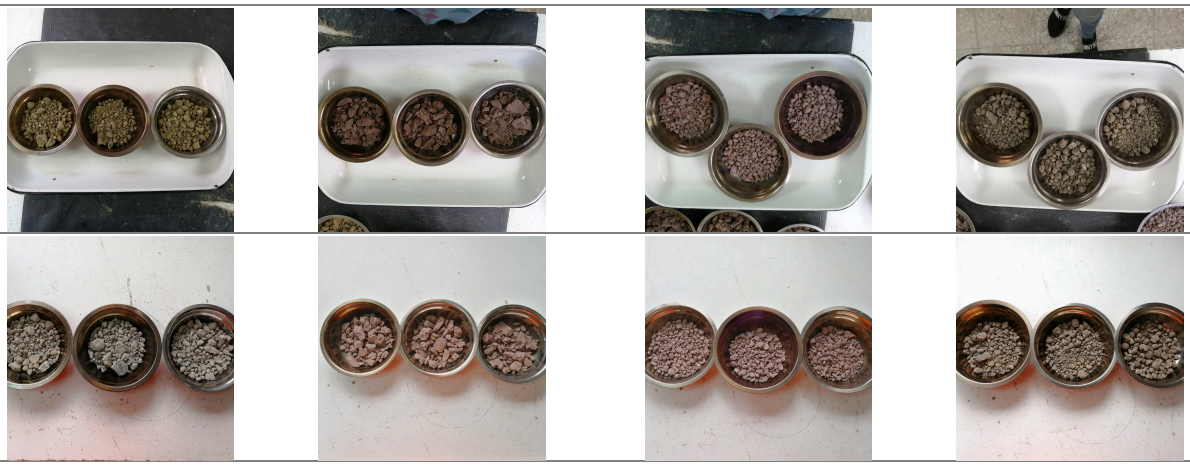
Tabla 23.

Análisis de contenido de humedad del suelo y arena.

Análisis de contenido de humedad del suelo			
Instrumentos:	Balanza y horno de convección		
Procedimiento:	1) Tomar una muestra de tierra en estado natural y cubrirla herméticamente hasta llevar al laboratorio.		
	2) Se realiza un cuarteo y se toma tres recipientes con 100 gr de tierra cada uno, y se seca al horno de convección a 275 °F durante 24 h.		
	3) Por último, se pesa y compara para definir el porcentaje de agua evaporada.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
25%	13,50%	8,28%	15,62%
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Sigue ->

<-Viene



Elaboración: Propia

El ensayo indica que el suelo de la zona 1 presenta mayor contenido de humedad, lo cual debe tomarse en cuenta al momento de fabricar el bloque puesto que se deberá agregar un menor porcentaje de agua, de igual manera, con la finalidad de tener la cantidad de agua adecuada, se debe ir realizando el ensayo de la caída de la bola, mientras se mezcle la tierra con el agua.

CAPÍTULO III

FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE TERROCEMENTO Y ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

CAPÍTULO III: Fabricación de los Bloques de Terrocemento y Análisis de sus Propiedades Físicas y Mecánicas

3.1. Fabricación de los bloques de terrocemento

La fabricación de bloques de terrocemento puede realizarse en prensas manuales o mecánicas como se ha señalado en el primer capitulo, sin embargo, por razones de disponibilidad del equipo, se resuelve realizar la fabricación en el laboratorio de suelos, haciendo uso de una prensa hidráulica y de un molde fabricado con esta finalidad.

3.1.1. Consideraciones previas a la fabricación

Morfología del bloque

Para definir la morfología del bloque se analiza la tabla 5, y se establece que los bloques son: de forma prismática, macizos y con dimensiones de: 29,5x14x9,5 cm (LxExh). Dichas especificaciones corresponden al "bloque común", que indica la normativa española (UNE 41410, 2008), la cual concuerda con el "bloque macizo" de la norma colombiana NTC 5324, 2004.

Cantidad de bloques

Previo a la fabricación se establece la cantidad de bloques para cada tipo de tierra, siendo un total de 12 por cada zona, con la finalidad de realizar el posterior análisis de sus propiedades físicas y mecánicas.

Molde

Se realiza un molde metálico con un espesor de 8mm, que se compone de una base, una tapa y cuatro piezas que se unen por medio de bisagras y pasadores en los extremos, con el propósito de permitir el desmolde al momento de prensar (Ver fig. 11). El molde debe ser capaz de soportar aproximadamente de 2Mpa ejercidos por la prensa hidráulica, siendo una presión similar a la que ejerce la maquina CINVA-RAM, la cual varia entre 1 a 3 Mpa.

Figura 11.

Molde.





Elaboración: Propia

3.1.2. Dosificaciones

Tierra

Para la fabricación de bloques de terrocemento, la tierra es el componente de mayor volumen, su peso corresponde al 90% del peso total, por lo cual se requieren 6,30 kg de tierra para fabricar un bloque; a continuación se describen los porcentajes óptimos a utilizar de cada uno de sus elementos:

- Gravas: la tierra debe encontrarse libre de gravas, para que sea más fácil la compactación, es por ello, que se debe realizar un el tamizaje previo a la fabricación.
- Arena: Como de ha descrito anteriormente (ver tabla 4), la tierra debe contar con un 40% de arena.
- Arcillas: Pueden encontrarse entre el 20 a 30% del peso total de la tierra.
- Limo: La tierra debe contar con un porcentaje del 0 al 30% de limo.

Para conocer los porcentajes de cada elemento, se desarrolló el ensayo de granulometría (ver tabla 19), en donde se registraron altos contenidos de arcilla, especialmente en la zona 2 y 3, por lo tanto, se decide estabilizar la tierra, con la finalidad de aumentar el contenido de arena y reducir arcilla, la cantidad de arena a adicionar es: para la zona 1: 28,59% , zona 2: 39,61%, zona 3: 39,71% y zona 4: 29,54% de arena.

Cemento

El porcentaje de cemento será el mínimo requerido, para que el bloque pueda pasar los ensayos físicos y mecánicos y corroborar que se trata de un sistema constructivo sustentable y relevante, por lo

tanto se utiliza el 10%. Para fabricar cada bloque se necesita 0,70 kg de cemento, por lo tanto, un saco de cemento de 50 kg sirve para realizar 72 bloques aproximadamente y el tipo de cemento a utilizar es el GU (uso general).

Agua

El agua se establece por medio del ensayo de la caída de la bola, que indica la normativa peruana (NTE EE 0.80, 2000), este se realiza formando una bola de la mezcla de los componentes con agua, se comprime y se deja caer a una altura de 1,10m; Si la bola se disgrega en el piso, la tierra es muy seca. Si la bola de tierra se rompe en más de 5 pedazos, el contenido de humedad es óptima. Si la bola se aplasta sin disgregarse, el contenido de humedad es muy alto. Se realiza el ensayo agregando agua hasta alcanzar la humedad optima.

3.1.3. Tamizaje

La normativa brasileña (NBR 8491, 1986) sugiere que el 100% de la tierra a utilizar debe pasar por el tamiz Nº 4 (tabla 4), por lo tanto, se tamiza la tierra y la arena, y se descarta el material retenido, con la finalidad de facilitar la compactación del bloque. El procedimiento de tamizaje es sencillo y el único instrumento que requiere es la zaranda, por lo tanto, es muy factible su ejecución en obra.

Tabla 24.

Evidencia fotográfica del tamizaje.

Tamizaje evidencia fotográfica:				
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:	Arena
				

Elaboración: Propia

3.1.4. Secado

Después, de concluir el tamizaje se procede a secar el suelo y la arena, durante una semana, con la finalidad de tener un material relativamente seco, que facilite el control sobre el contenido de humedad

que se adicione al momento de la fabricación. El proceso de secado requiere un espacio cubierto de lluvia, por lo tanto, es posible su realización en obra.

Tabla 25.

Evidencia fotográfica del secado.

Secado evidencia fotográfica:				
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:	Arena
				

Elaboración: Propia

3.1.5. Proceso de Fabricación

Homogeneización de los materiales

Se realiza con la ayuda de una concretera, donde se coloca la tierra, arena y cemento en las proporciones anteriormente establecidas, se acciona la maquina hasta que los materiales se mezclen para empezar a añadir el agua.

Tabla 26.

Evidencia fotográfica de la homogeneización de los materiales.

Evidencia fotográfica de la homogeneización de los materiales			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			

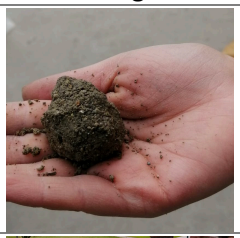
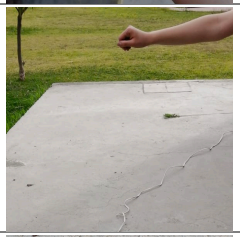
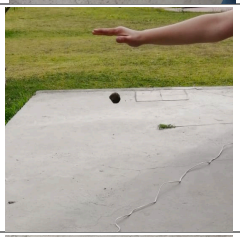
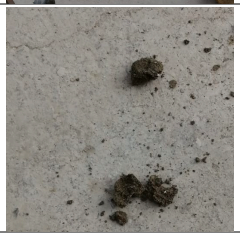
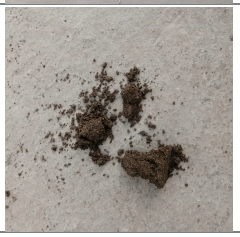
Elaboración: Propia

Obtención del contenido de humedad

Se realiza con el ensayo de la caída de la bola, se agrega el agua poco a poco hasta que se pueda formar la bola y realizar el ensayo.

Tabla 27.

Evidencia fotográfica de la obtención del contenido de humedad.

Evidencia fotográfica de la obtención del contenido de humedad			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
18% agua	12,81% agua	14,02% agua	17,53% agua
			
			
			

Elaboración: Propia

Prensado de los bloques

Para iniciar el prensado se engrasa el molde con lubricante, se arma y se empieza a colocar el material, cuando el molde esta lleno se coloca la tapa para accionar la maquina y empezar el prensado. La cantidad de material a colocar en el molde se establece después de prensar el primer bloque, dependiendo de la altura que este alcance, se va controlando la cantidad de material que sea necesario.

Tabla 28.

Evidencia fotográfica del prensado.

Evidencia fotográfica del prensado			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			
			
			
			

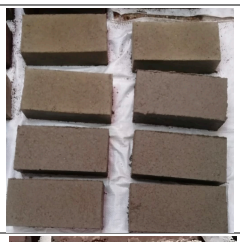
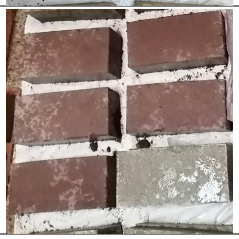
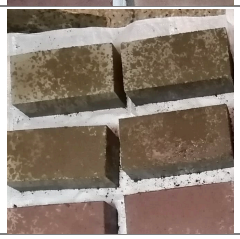
Elaboración: Propia

Almacenaje y Curado de los bloques

Después de realizar el desmolde de los bloques, se colocan cuidadosamente al lugar donde serán almacenado, en este caso el laboratorio de suelos. A partir de las 24 horas, se empieza a realizar el curado por medio de un aspersor, rociando agua cada 6 horas aproximadamente, especialmente a los 7 días y hasta los 28 días, con la finalidad de hidratar el cemento y de evitar grietas.

Tabla 29.

Evidencia fotográfica del almacenaje y curado de los bloques.

Evidencia fotográfica del almacenaje y curado de los bloques			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			

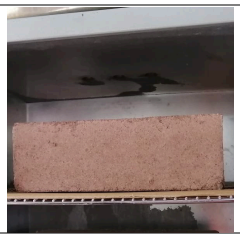
Elaboración: Propia

3.2. Propiedades físicas y mecánicas de los BTC

3.2.1. Proceso de ensayo de resistencia a la compresión seca

Tabla 30

Ensayo de resistencia seca.

Ensayo de resistencia a la compresión seca			
Instrumentos:	Prensa hidráulica		
Procedimiento:	1. Secar el bloque al horno durante 2 h.		
	2. Registrar las dimensiones y peso del bloque (Ver anexos: 3-6-9-12).		
	3. Colocar el bloque en la prensa hidráulica.		
	4. Accionar la prensa, hasta que el bloque presente una rotura.		
	5. Registrar la fuerza que soporta el bloque y el tipo de rotura que presenta.		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
7 días: 2,31 MPa 28 días: 3,32 MPa	7 días: 2,38 MPa 28 días: 3,69 MPa	7 días: 2,55 MPa 28 días:4,38 MPa	7 días: 1,98 MPa 28 días: 3,27MPa
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			

Sigue->

<-Viene



Elaboración: Propia

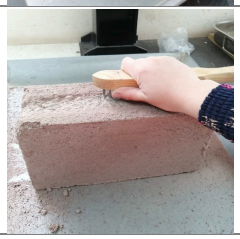
La resistencia obtenida en los primeros 7 días, ubica a los bloques en la categoría BSC20 de la norma colombiana y BTC 1 de la norma española (ver tabla 31). A los 28 días la resistencia aumenta superando lo indicado por la norma estadounidense ASTM C34, y a la categoría BTC3 de la norma

española; en el caso de los bloques de la zona 3, la resistencia es mayor, logrando ubicarse en la categoría BSC 40 de la norma colombiana. El patrón de rotura que presentan las probetas, son fallas verticales en los vértices del bloque, las cuales no llegan hasta la desintegración del mismo; dichas fallas se producen por cortante.

3.2.2. Proceso de ensayo de abrasión

Tabla 31.

Ensayo de abrasión

Ensayo de abrasión			
Instrumentos:	Balanza, cepillo de acero(2mm)		
Procedimiento:	1. Pesar cada bloque para obtener la masa antes del ensayo (Mo)		
	2. Colocar el bloque sobre una bandeja		
	3. Ejercer una carga perpendicular con el cepillo de metal.		
	4. Realizar 20 pasadas de manera lineal		
	5. Pesar el bloque para obtener masa luego del ensayo (m1)		
	6. Medir las dimensiones para obtener la superficie de desprendimiento (s)		
	7. Realizar los cálculos correspondientes con la formula: $\mathrm{Ca}\ (\mathrm{cm}^2/\mathrm{g}) = \frac{S}{mo-m1}$(Ver anexos: 3-6-9-12).		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
$2{,}22\mathbf{cm^2/g}$	$3{,}93\mathrm{cm}^2/\mathrm{g}$	$5{,}15\mathrm{cm}^2/\mathrm{g}$	$2{,}17\mathrm{cm}^2/\mathrm{g}$
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			

Sigue->

<-Viene






Elaboración: Propia

La resistencia a la abrasión esta relacionada directamente con la resistencia a compresión seca de los bloques. Para los bloques de la zona 1,2 y 4 que se ubican en la categoría BSC 20 de la normativa colombiana NTC 5324, el coeficiente de abrasión debe ser ≥ 2, lo cual se cumple. En cuanto al bloque de la zona 3, que corresponde a la categoría BSC 40, el coeficiente de abrasión deberá ser ≥ 5, como se comprueba con el ensayo.

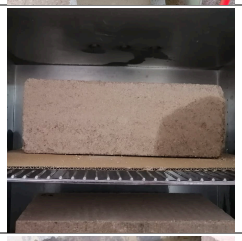
3.2.3. Proceso de ensayo de capilaridad

Tabla 32.

Ensayo de capilaridad

Ensayo de capilaridad			
Instrumentos:	Balanza, horno		
Procedimiento:	1. Registrar los datos de cada bloque: dimensiones y el peso inicial.		
	2. Secar el bloque al horno durante 24 h con una temperatura de 70 ºC ± 5ºC.		
	3. Pesar cada bloque en gramos (P0).		
	4. Colocar el bloque en un recipiente amplio y ubicarlo sobre cuñas para que el agua circule por la cara sumergida.		
	5. Colocar el agua de manera que el bloque se encuentre 5mm debajo del agua.		
	6. Controlar que el recipiente mantenga el mismo nivel de agua.		
	7. Mantener el bloque en el agua durante 10 minutos, retirarlo y limpiar la zona humedecida.		
	8. Pesarlo en gramos (P1).		
	9. Calcular el coeficiente de capilaridad $Cb = \frac{1000M}{S\sqrt{t}}$ $Cb = \frac{100(P1-Po)}{S\sqrt{10}}$ (Ver anexos: 3-6-9-12).		
Resultados:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
25,78	20,98	22,85	30,63

Sigue->

<-Viene			
Evidencia fotográfica:			
Zona 1:	Zona 2:	Zona 3:	Zona 4:
			
			
			
			
			

Elaboración: Propia

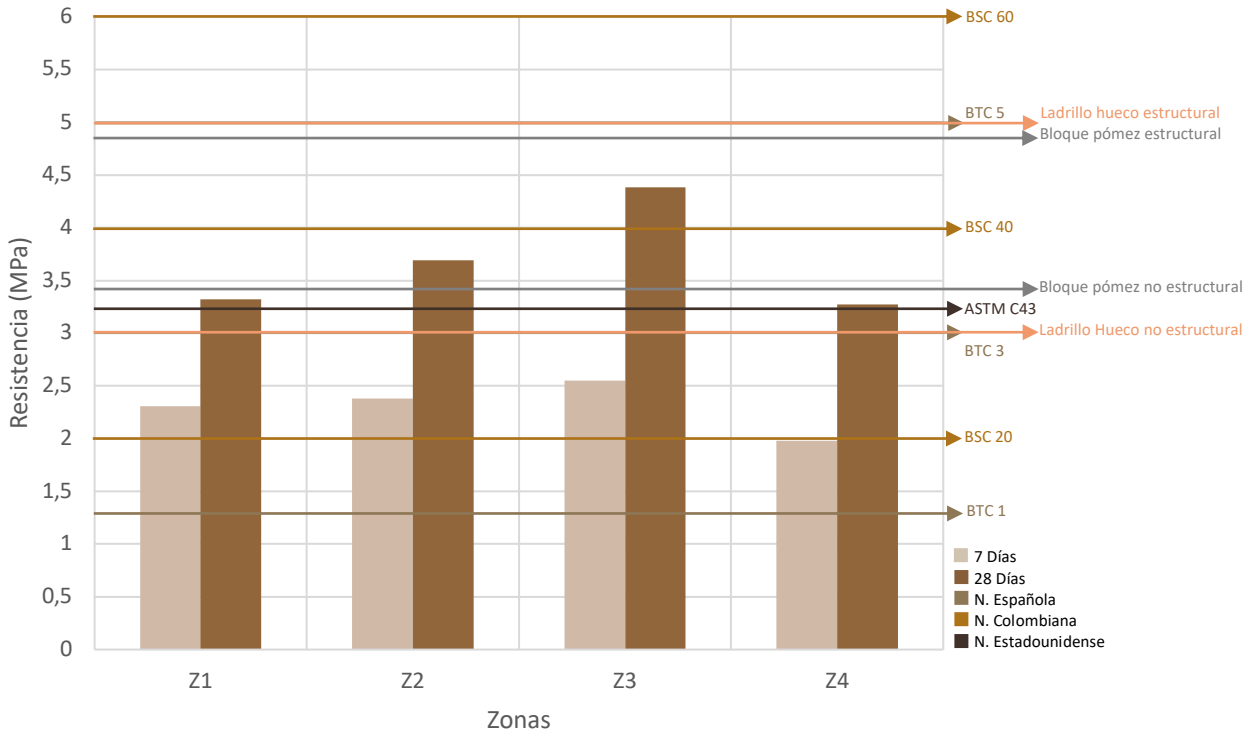
En el ensayo se establece que todos los bloques tienen un coeficiente de capilaridad que varia entre 20 a 40, por lo tanto, son bloques “poco capilares”, puesto a que el coeficiente Cb debe ser ≤ 40, cumpliendo lo que indica la norma colombiana NTC 5324.

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.3.1. Análisis de resultados del ensayo de resistencia a la compresión seca

El ensayo de resistencia a la compresión seca, se realiza para establecer la magnitud de carga máxima a compresión que resiste el bloque antes de su fracaso o rotura, los resultados obtenidos indican que, a los 28 días todos los bloques logran superar la norma ASTM C43, y la categoría BSC 20 y BTC3 de la norma colombiana y española respectivamente (ver tabla 6), por otra parte, los bloques de las cuatro zonas presentan mayor resistencia que el ladrillo hueco y los bloques de la zona 2 y 3 superan la resistencia del bloque de pómez no estructural, siendo el bloque de la zona 3 el de mayor resistencia a compresión seca y logrando ubicarse en la categoría BSC 40 de la norma colombiana. Por lo tanto, en los cuatro casos los bloques son resistentes y superan el mínimo requerido por las tres normas, asimismo, cuentan con una resistencia similar a los de la mampostería no estructural convencional (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Análisis de resultados del ensayo de resistencia a la compresión seca



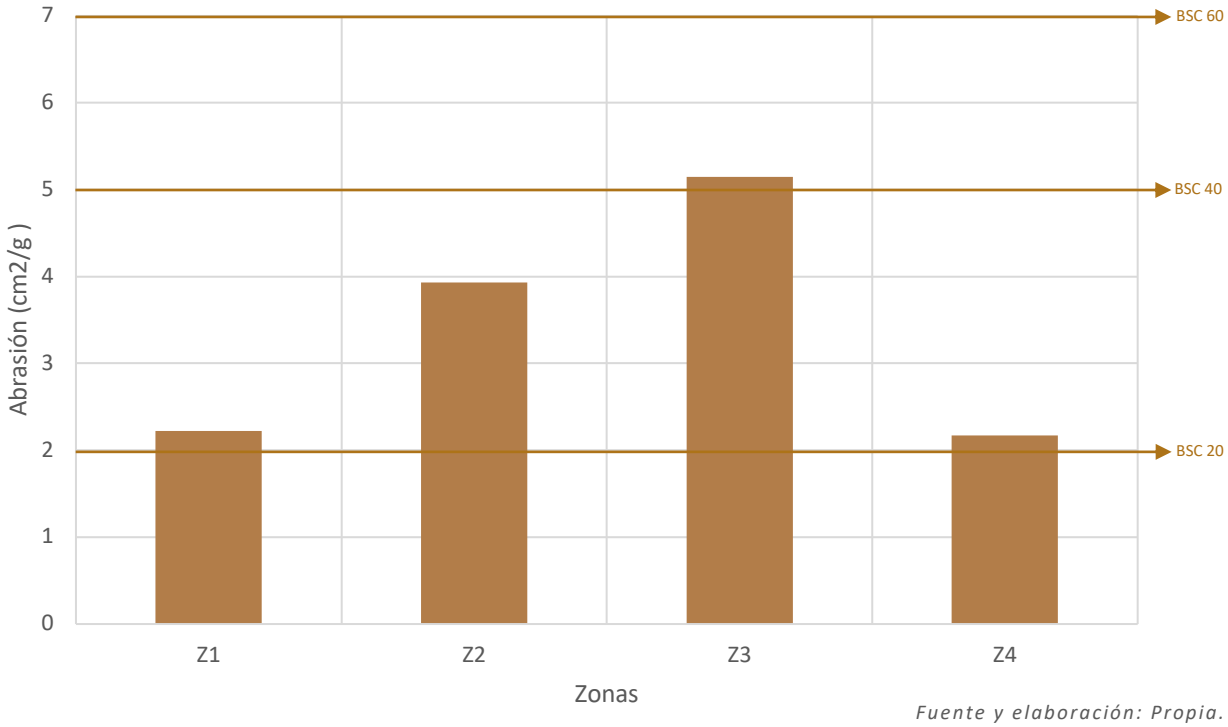
Fuente y elaboración: Propia.

3.3.2. Análisis de resultados del ensayo de abrasión

El ensayo de abrasión se realiza con la finalidad de conocer la cantidad de material perdido después de condiciones reguladas de fricción; la norma colombiana NTC 5324 indica un coeficiente de abrasión mínimo de Ca= 2 cm2/g, lo cual se supera con las probetas de las 4 zonas y en el caso de la zona 3 se logra superar los 5 cm2/g establecidos para la categoría BSC 40. Como se puede evidenciar la resistencia a la abrasión esta relacionada con la resistencia a compresión seca, es por ello que, el bloque de la zona 3 presenta mayor resistencia tanto a la compresión como a la abrasión (ver gráfico 2). En todos los casos se cumple con los mínimos exigidos para los bloques de terrocemento.

Gráfico 2.

Análisis de resultados del ensayo de abrasión



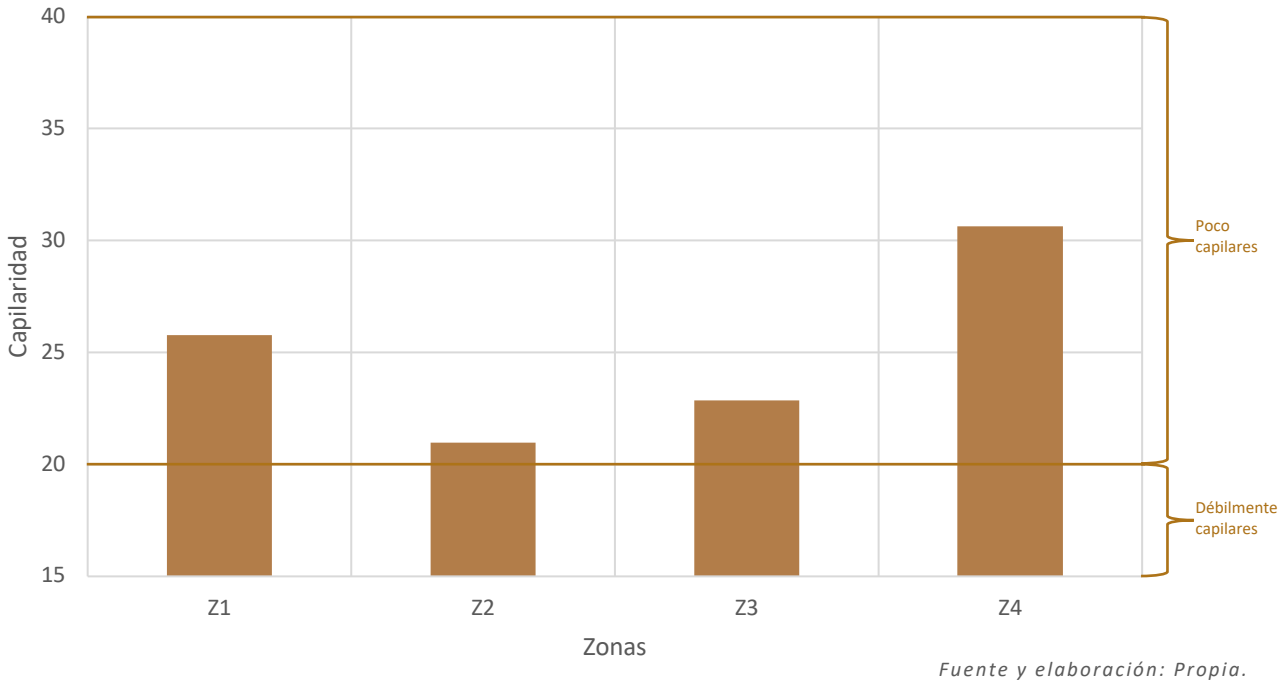
Fuente y elaboración: Propia.

3.3.3. Análisis de resultados del ensayo de capilaridad

El ensayo de capilaridad tiene la finalidad de establecer la cantidad de agua que absorbe la probeta en cierto tiempo, los resultados del ensayo demuestran que los bloques de las cuatro zonas se catalogan como poco capilares, siendo los bloques de la zona 4 los que presentan mayor índice de capilaridad (Ver gráfico 3).

Gráfico 3.

Análisis de resultados del ensayo de capilaridad.



Fuente y elaboración: Propia.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los conocimientos, experiencias y resultados adquiridos a lo largo de la presente investigación se realizan las siguientes conclusiones:

El análisis teórico y normativo que se realiza en el primer capítulo, es la base del trabajo de investigación, en él se establecen parámetros guías para el desarrollo de los capítulos siguientes. Es preciso comprender la importancia de la tierra como material constructivo, puesto que, ha sido el más utilizado en todo el mundo, debido a su extraordinaria abundancia. Por otra parte, los conocimientos acerca del bloque de terrocemento, contribuyen a la valoración del mismo.

A partir de un registro de construcción en tierra, que se realizó por medio de recorridos en la parroquia Cojitambo, se pudieron establecer cuatro zonas de extracción del suelo, de manera que fueran estratégicas al encontrarse cercanas a asentamientos constituidos con tierra. Para proceder con la extracción, se realizaron ensayos organolépticos y complementarios, los cuales validaron empíricamente la calidad de la tierra, posteriormente, gracias a la caracterización de la tierra, se verificaron las propiedades, resultando ser apta para la construcción puesto que todas las muestras dieron resultados positivos, en los ensayos de: contenido de materia orgánica y límites de atterberg. En cuanto al ensayo de granulometría, dio a conocer los porcentajes de cada componente de la tierra, en donde se evidenció mayor contenido de arcilla en la zona 2 y 3, mostrando la necesidad de estabilizarla con arena, por lo tanto, gracias al ensayo se pudo establecer la dosificación adecuada para realizar la fabricación.

Una vez fabricados los bloques de terrocemento, se analizaron sus características físicas y mecánicas, con la finalidad de corroborar la hipótesis de la investigación; el ensayo de resistencia a la compresión seca, demostró que los bloques fabricados con tierras de la parroquia Cojitambo presentan resistencias similares a los mampuestos utilizados comúnmente como son: el ladrillo hueco y el bloque pómez, asimismo, se logró superar los estándares establecidos en la norma estadounidense, colombiana

y española; en cuanto al ensayo de abrasión y de capilaridad, los resultados superan el mínimo establecido en las normas indicadas.

Por ultimo, se puede indicar que, el aporte principal de esta investigación es evidenciar la posibilidad del uso del bloque de terrocemento en la parroquia Cojitambo; es un sistema constructivo nuevo para la zona, sin embargo, se compone mayoritariamente con materiales propios del lugar, por lo cual, es respetuoso con el paisaje rural y natural existente.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidos en la presente investigación, se manifiestan las siguientes recomendaciones:

- Poner en valor la construcción con tierra, por medio de estudios de métodos ancestrales, puesto que, gracias a este material se han conformado variedad de sistemas constructivos sostenibles, asimismo, han delineado la estructura de poblados tanto urbanos como rurales, componiendo su identidad cultural, sin embargo, en la actualidad se encuentran en proceso de degradación y desaparición.
- Poner en valor la construcción con tierra, por medio de estudios de métodos ancestrales, tomando en cuenta que, a lo largo del tiempo han conformado sistemas constructivos que han delineado la estructura de poblados tanto urbanos como rurales, componiendo su identidad cultural, sin embargo, en la actualidad se encuentran en proceso de degradación y desaparición.
- Dotar de validez los sistemas constructivos basados en tierra, a partir de una normativa nacional, donde se encuentren los parámetros de comparación y control, con el propósito de que sean construcciones seguras y con calidad que puedan generar mayor confianza en los usuarios.
- Estudiar el sistema constructivo con bloques de terrocemento, con tierra de otras parroquias, con la finalidad de establecer una comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación.

REFERENCIAS

Torres Balarezo, M. (2018). Plan de gestión del paisaje cultural de Cojitambo. [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca] Recuperado de: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31728/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf

Mogrovejo, M., & Mogrovejo, F. (2019). Arquitectura Rural Vernacular en Azogues. Caso Cojitambo. Editorial Universitaria Católica (EDUNICA). Recuperado de: https://killkana.ucacue.edu.ec/index.php/edunica/article/view/591

Rivas, P. (2017). Confort térmico en viviendas vernáculas, técnica de construcción de bahareque en Azogues - Ecuador. [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca] Recuperado de: https://es.scribd.com/document/450500708/200116-Tecnicas-Vernaculas-Vivienda

Rotondaro, R. (2007). Arquitectura de tierra contemporánea: Tendencias y desafíos. Apuntes, 20(2), 369-383. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/apun/v20n2/v20n2a14.pdf

Neves, C., & Obede Borges, F. (2011). Técnicas de construcción con tierra. São Paulo: Proterra. Recuperado de: https://www.academia.edu/35702284/T%C3%A9cnicas_de_construcci%C3%B3n_con_tierra

Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes, 20(2), 182-201. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632007000200002

Pinto, C., Monroy, D., & Díaz, J. (2016). Elaboración de bloques estructurales con suelo-cemento para la ciudad de Villavicencio. [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia] Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12604/1/2016_elaboracion_bloques_estructurales_.pdf

Arteaga, K., Gutiérrez , Ó., & Medina, H. (6 de Noviembre de 2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Facultad de Ingeniería, vol20, núm.31, pp55-68. Recuperado de: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/1421

Toirac, J. (2008). El suelo-cemento como material de Construcción. Ciencia y Sociedad, XXXIII(4), 520-572. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf

Del Pino, V., & Estramil, V. (2014). Arquitectura con tierra: Bioconstrucción en cooperativas de viviendas por ayuda mutua. Recuperado de: http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/07/Bioconstruccion-en-Cooperativas-de-Vivienda-por-Ayuda-Mutua.pdf

López, A. (2018). Desarrollo de un nuevo bloque de tierra mejorada con la incorporación de aditivos de compuestos orgánicos. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña] Recuperado de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/121597/Mem%c3%b2ria_LopezAmiel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mejía, P. (2018). Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustituto de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador. Cuenca, Ecuador. [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca] Recuperado de: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29382/1/BTC%20CON%20AGREGADOS%20DE%20RCD%20PARA%20BIBLIOTECA%2020180116.pdf

Jové, F., Solano, J., & Hernán, L. (2013). Hábitat social, digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=566821

Lara, L. (2017). Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana. AUC(38). Recuperado de: https://www.academia.edu/36700458/Patolog%C3%ADa_de_la_construcci%C3%B3n_en_tierra_cruda_en_el_%C3%A1rea_andina_ecuatoriana

De la Fuente, E. (1995). Suelo - Cemento: Usos, propiedades y aplicaciones. México: Instituto mexicano del cemento y el concreto. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf

Cid, J., Mazarrón, F., & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Informes de la construcción, 63(523), 159-169. Recuperado de: https://oa.upm.es/10611/2/INVE_MEM_2011_95320.pdf

Minke, G. (2001). Manual de Construcción en Tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Fin de Siglo. Recuperado de: https://fdocuments.ec/document/manual-de-construccion-en-tierra-gernot-minke.html

Hernández, J. (2016). Construcción con tierra: Análisis, conservación y mejora. Un caso práctico en Senegal. Barcelona. Recuperado de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107822/tfg_josune%20hernandez.pdf

Yepez, D. (2012). Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable. Recuperado de: https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable

Serrano, J. (2020). Construcción en tierra en países de riesgo sísmico y reforzamiento sismoresistente.

INPC. (2008). Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar: técnicas, creencias, prácticas y saberes. Serie Estudios.

Pinto, D. (2016). El bloque de suelo-cemento como alternativa para la construcción en Costa Rica. [Tesis de grado, Universidad de Veritas] Recuperado de: https://issuu.com/dapiat/docs/bsc_daniel_pinto_atmetlla

Urgilés, Á. (2021). Arquitectura y turismo: Casas vernáculas cuidado y conservado. Recuperado de: https://www.academia.edu/36824530/ARQUITECTURA_Y_TURISMO_CASAS_VERN%C3%81CULAS_CUIDADO_Y_CONSERVACION

Cid, J. (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida: evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. Recuperado de: https://oa.upm.es/14647/

Lou Ma, R. (1981). Manual para la construcción de la CETA-RAM. Recuperado de: https://fdocuments.ec/document/manual-para-la-construccion-de-la-ceta-ram-1981-ampliado.html

Yuste, B. (2010). Arquitectura de tierra: Caracterización de los tipos edificatorios. Recuperado de: https://wwwaie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/07/26-Beatriz-Yuste-Miguel-Arquitectura-de-tierra_COMPLETO.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de granulometría (Zona 1).

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

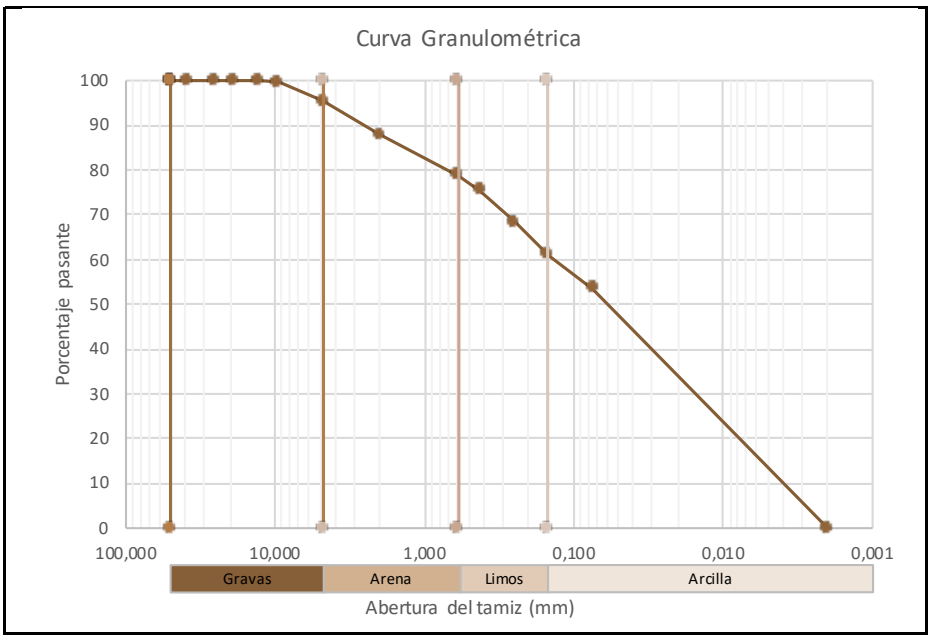
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues					
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez					
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21					
Material:	Tierra					
Ubicación:	Cojitambo					
Zona:	1	2	3	4		

Granulometría por tamizado (ASTM D-422, AASHTO T88)

Clasificación de componentes(AASHTO)		% de cada componente	Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% pasante
			Tamiz	mm				
Gravas	Gruesa	0	3"	50,300	0	0	0	100
	Media	0	2"	50,300	0	0	0	100
			1 1/2"	38,100	0	0	0	100
	Fina	0,53	1 "	25,400	0	0	0	100
			3/4"	19,050	0	0	0	100
			1/2"	12,70	0	0	0	100
			3/8"	9,53	2,67	0,53	0,53	99,47
Arena	Gruesa	11,50	No 4	4,76	20,70	4,14	4,67	95,33
	Fina		No 10	2,00	36,79	7,36	12,03	87,97
Limo		19,68	No 30	0,59	45,83	9,17	21,20	78,80
			No 40	0,43	16,78	3,36	24,55	75,45
			No 60	0,25	35,81	7,16	31,72	68,28
Arcilla		68,28	No 100	0,15	36,74	7,35	39,06	60,94
			No 200	0,07	36,78	7,36	46,42	53,58
			Fondo	0,002	267,90	53,58	100	0,00
		100,00	Total		500,00	100		



Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 2. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 1)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

CLASIFICACIÓN DE SUELO. NORMA: NTE INEN 696 - 697; ASTM D422; AASHTO T88

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM 423-66 - AASHTO T89-68, T90-70)

Límite líquido

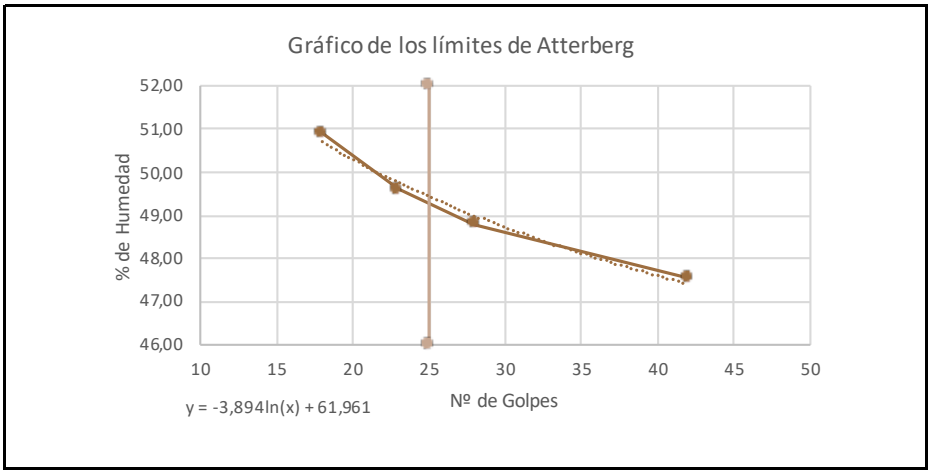
Fórmula	Resultado:					
$L.L. = \frac{Ph+T-Ps+T}{Ps+T-PT} * 100 = \frac{Pw-Ps}{Ps} * 100$	**# T.**	**# G.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+T.**	**P.T.**	**% Humedad**
	31	42	26,65	23,84	17,93	47,55
Ph= Peso de muestra húmeda + Tarro.	30	28	33,6	28,49	18,02	48,81
Ps = Peso de la muestra seca + Tarro.	7	23	32,74	27,21	16,06	49,60
PT= Peso del tarro	23	18	27,92	24,54	17,9	50,90
L.L.= Limite liquido en porcentaje	Logaritmo natural		3,22	**Límite líquido**		49,37

Límite Plástico

$L.Plástico = \frac{(M1-M2)}{M1-M3} * 100$	**# T.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+.T**	**P.T.**	**% Humedad**	**L. Plástico**
	4	9,61	9,4	8,72	23,60	21,94
M1 = Peso muestra húmeda + recipiente.	5	9,25	9,12	8,69	23,21	
M2 = Peso recipiente + muestra seca.	21	6,27	6,21	5,91	16,67	
M3= Peso de recipiente.	27	6,75	6,58	6,05	24,29	

Índice de plasticidad

27,43



Contenido de humedad del suelo

$W(\%) = \frac{W1-W2}{W2-Wc} * 100$	Resultados				
	W1	**W2**	**Wc**	**W**	**C. Humedad**
W1 = Masa recipiente + muestra húmeda, gr	133,45	113,27	33,45	25,28	25,00
W2 = Masa de recipiente + muestra seca, gr.	131,96	112,81	31,96	23,69	
Wc = Masa del recipiente, gr.	137,65	116,99	37,65	26,04	

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 3. Ensayos físicos y mecánicas (zona 1)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

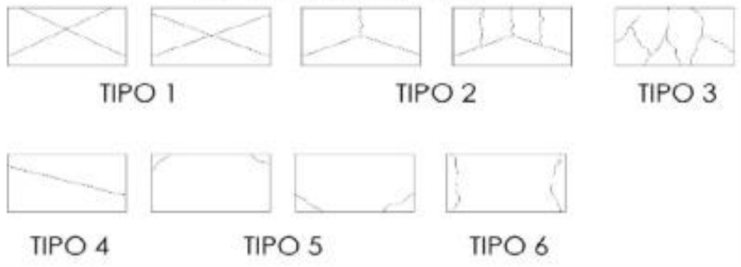
Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	25/10/21 - 18/11/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Ensayos físicos y mecánicos

Ensayo de resistencia ASTM C43 (3.24Mpa)

Muestra	Edad de ensayo	Peso del ensayo (kg)	Dimensiones (LxExh).	Área de carga (LxE) (cm2)	C. De rotura (kg/f)	F. De rotura (Kg/cm2)	Mpa	Tipo de rotura
Z1	7 días	7,19	29,4x14,1x9,6	414,54	10120	24,41	2,39	6
Z1. 2	7 días	7,9	29,5x14,1x9,6	415,95	9450	22,72	2,23	6
				Resistencia a la compresión:			2,31	
Z1.3	28 días	7,35	29,4x14,1x9,5	414,54	13690	33,02	3,24	6
Z1.4	28 días	7,2	29,3x13,9x9,4	407,27	14090	34,60	3,39	6
Z1.5	28 días	7,15	29,5x14x9,5	413	13980	33,85	3,32	6
				Resistencia a la compresión:			3,32	

Tipo de rotura



Ensayo de abrasión NTC 5324

Muestra	Edad de ensayo	Dimensiones (LxExh).	Masa antes del ensayo(g)	Masa luego del ensayo	Superficie de desprendimiento	Ca=S/mo-m1
Z1	28 días	29,4x13,9x9,5	7130	7060	147	2,10
Z1. 2	28 días	29,6x14,1x9,4	7220	7170	133,2	2,66
Z1.3	28 días	29,5x13,9x9,6	7350	7280	132,75	1,90
			Coeficiente de abrasión			2,22

Ensayo de capilaridad NTC 5324

Muestra	Dimensiones	P. inicial del ensayo (g)(P0)	Superficie de la cara sumergida	P. posterior al ensayo (g)(P1)	Masa del agua (g)(M)	T. de la inmersión (min)(t)	Coeficiente de capilaridad	Coeficiente de capilaridad
Z1.4	29,6x14x9,5	6240	414,4	6850	610	10,00	26,26	26,26
Z1. 5	29,4x14,1x9,5	6350	414,54	6930	580	10,00	24,96	24,96
Z1.6	29,5x13,9x9,4	7220	410,05	7820	600	10,00	26,11	26,11
				Coeficiente de capilaridad			25,78	25,78

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 4. Ensayo de granulometría (Zona 2).

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

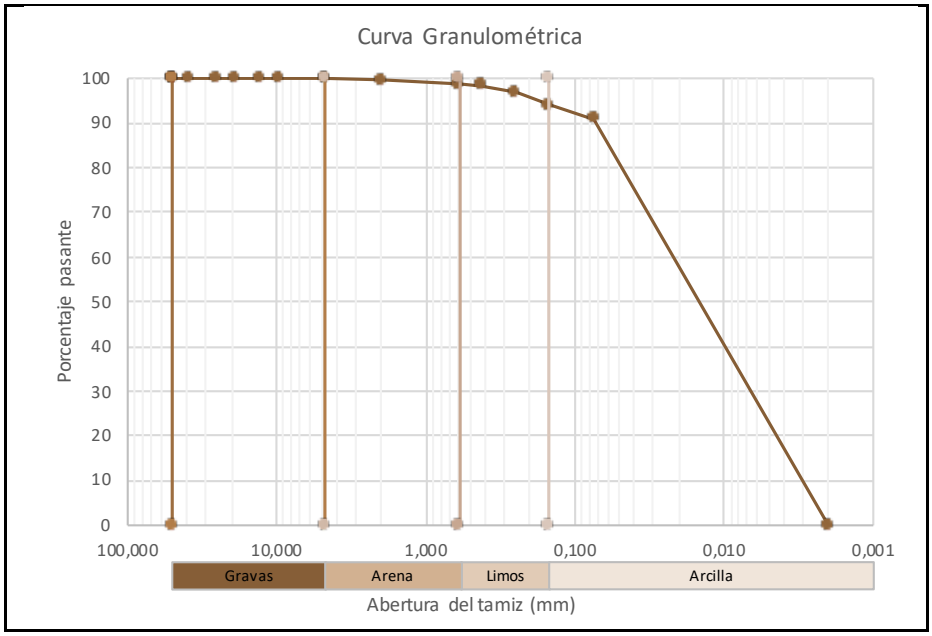
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Granulometría por tamizado (ASTM D-422, AASHTO T88)

Clasificación de componentes(AASHTO)		% de cada componente	Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% pasante
			Tamiz	mm				
Gravas	Gruesa	0	3"	50,300	0	0	0	100
	Media	0	2"	50,300	0	0	0	100
			1 1/2"	38,100	0	0	0	100
	Fina	0,00	1 "	25,400	0	0	0	100
			3/4"	19,050	0	0	0	100
			1/2"	12,70	0	0	0	100
			3/8"	9,53	0	0	0	100
Arena	Gruesa	0,39	No 4	4,76	0	0	0	100
	Fina		No 10	2,00	0,45	0,39	0,39	99,61
Limo		2,75	No 30	0,59	1,02	0,89	1,28	98,72
			No 40	0,43	0,51	0,44	1,72	98,28
			No 60	0,25	1,63	1,42	3,14	96,86
Arcilla		96,86	No 100	0,15	3,33	2,90	6,03	93,97
			No 200	0,07	3,61	3,14	9	91
			Fondo	0,002	104	91	100	0
		100,00	Total		115,00	100		



Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 5. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

CLASIFICACIÓN DE SUELO. NORMA: NTE INEN 696 - 697; ASTM D422; AASHTO T88

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM 423-66 - AASHTO T89-68, T90-70)

Límite líquido

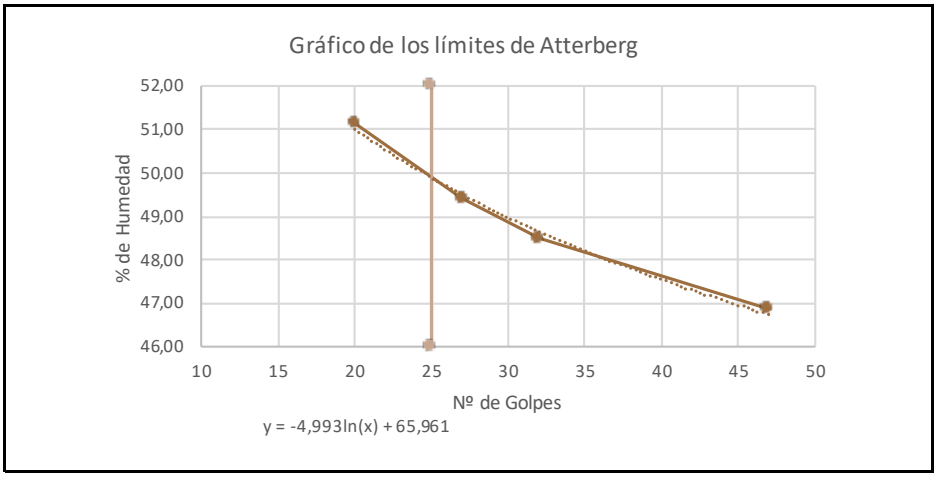
Fórmula	Resultado:					
$L.L. = \frac{Ph+T-Ps+T}{Ps+T-PT} * 100 = \frac{Pw-Ps}{Ps} * 100$	**#T.**	**#G.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+T.**	**P.T.**	**% Humedad**
	10	47	25,2	22,21	15,83	46,87
Ph= Peso de muestra húmeda + Tarro.	13	32	25,15	21,95	15,35	48,48
Ps = Peso de la muestra seca + Tarro.	18	27	28,47	24,71	17,1	49,41
PT= Peso del tarro	15	20	27,44	23,86	16,86	51,14
L.L.= Limite liquido en porcentaje	Logaritmo natural		3,22	**Límite líquido**		49,73

Límite Plástico

$L.Plástico = \frac{(M1-M2)}{M1-M3} * 100$	**#T.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+.T**	**P.T.**	**% Humedad**	**L. Plástico**
	7	10,13	9,9	9,15	23,47	24,76
M1 = Peso muestra húmeda + recipiente.	9	9,67	9,52	9,03	23,44	
M2 = Peso recipiente + muestra seca.	20	6,53	6,43	6,15	26,32	
M3= Peso de recipiente.	33	6,67	6,51	6,05	25,81	

Índice de plasticidad

24,97



Contenido de humedad del suelo

$W(\%) = \frac{W1-W2}{W2-Wc} * 100$	Resultados				
	W1	**W2**	**Wc**	**W**	**C. Humedad**
W1 = Masa recipiente + muestra húmeda, gr	139,05	128,51	39,05	11,78	13,50
W2 = Masa de recipiente + muestra seca, gr.	139,27	126,37	39,27	14,81	
Wc = Masa del recipiente, gr.	139,57	127,36	39,57	13,91	

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 6. Ensayos físicos y mecánicas (zona 2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

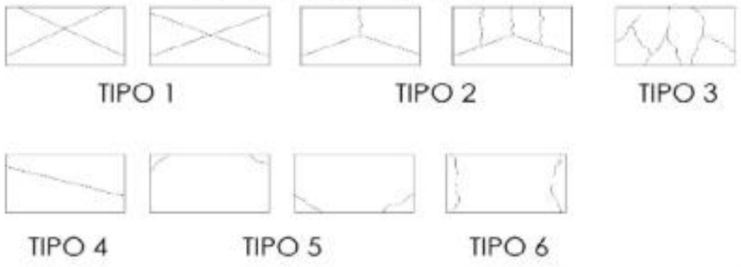
LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	25/10/21 - 18/11/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Ensayo de resistencia ASTM C43 (3.24Mpa)

Muestra	Edad de ensayo	Peso del ensayo (kg)	Dimensiones (LxExh).	Área de carga (LxE) (cm2)	C. De rotura (kg/f)	F. De rotura (Kg/cm2)	Mpa	Tipo de rotura
Z2	7 días	6,92	29,2x13,9x9,6	405,88	6640	16,36	1,60	6
Z2. 2	7 días	7,78	29,4x14x9,5	411,6	13270	32,24	3,16	6
				Resistencia a la compresión:			2,38	
Z2.3	28 días	8,28	29,5x14,2x9,4	418,9	16938	40,43	3,97	6
Z2.4	28 días	7,82	29,5x14,1x9,5	415,95	14030	33,73	3,31	6
Z2.5	28 días	7,91	29,6x13,9x10,5	411,44	15940	38,74	3,80	6
				Resistencia a la compresión:			3,69	

Tipo de rotura



Ensayo de abrasión NTC 5324

Muestra	Edad de ensayo	Dimensiones (LxExh).	Masa antes del ensayo(g)	Masa luego del ensayo	Superficie de desprendimiento	Ca=S/mo-m1
Z2.6	28 días	29,6x14x9,8	7610	7580	133,2	4,44
Z2.7	28 días	29,5x14,1x9,6	7240	7210	120,95	4,03
Z2.8	28 días	29,4x13,9x9,5	7940	7900	132,3	3,31
			Coeficiente de abrasión			3,93

Ensayo de capilaridad NTC 5324

Muestra	Dimensiones	P. inicial del ensayo (g)(P0)	Superficie de la cara sumergida	P. posterior al ensayo (g)(P1)	Masa del agua (g)(M)	T. de la inmersión (min)(t)	Coeficiente de capilaridad	Coeficiente de capilaridad
Z2.9	29,5x13,9x9,5	7410	427,75	7890	480	10,00	20,02	20,02
Z2.10	29,6x14,1x9,8	6950	417,36	7430	480	10,00	20,52	20,52
Z2.11	29,5x14,3x9,6	6580	421,85	7110	530	10,00	22,42	22,42
				Coeficiente de capilaridad			20,98	20,98

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 7. Ensayo de granulometría (Zona 3).

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

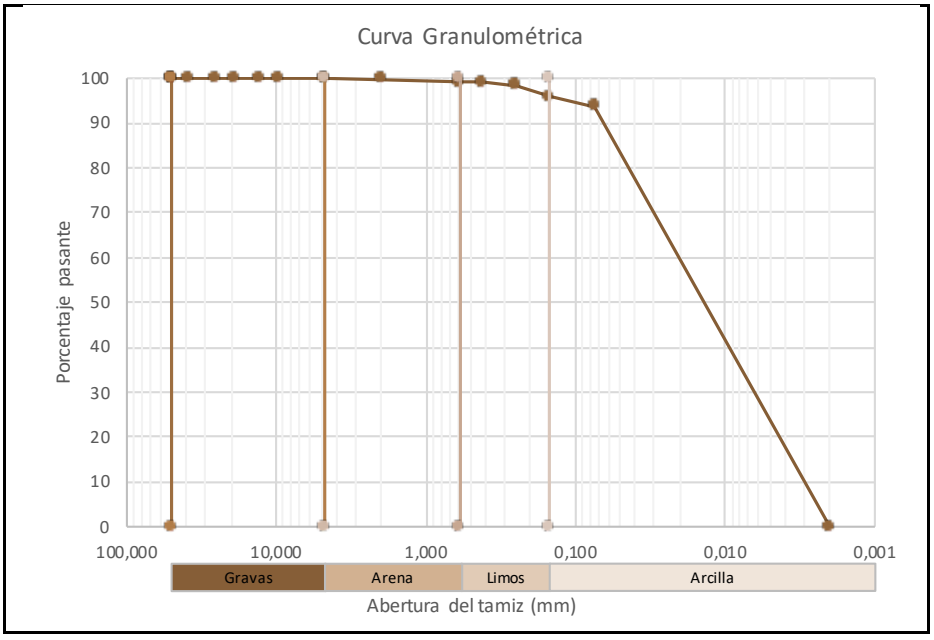
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Granulometría por tamizado (ASTM D-422, AASHTO T88)

Clasificación de componentes(AASHTO)		% de cada componente	Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% pasante
			Tamiz	mm				
Gravas	Gruesa	0	3"	50,300	0	0	0	100
	Media	0	2"	50,300	0	0	0	100
			1 1/2"	38,100	0	0	0	100
	Fina	0,00	1 "	25,400	0	0	0	100
			3/4"	19,050	0	0	0	100
			1/2"	12,70	0	0	0	100
			3/8"	9,53	0	0	0	100
Arena	Gruesa	0,29	No 4	4,76	0	0	0	100
	Fina		No 10	2,00	0,33	0,29	0,29	99,71
Limo		1,35	No 30	0,59	0,66	0,57	0,86	99,14
			No 40	0,43	0,15	0,13	0,99	99,01
			No 60	0,25	0,74	0,64	1,63	98,37
Arcilla		98,37	No 100	0,15	2,96	2,57	4,21	95,79
			No 200	0,07	2,40	2,09	6	94
			Fondo	0,002	108	94	100	0
		100,00	Total		115,00	100		



Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 8. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 3)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

CLASIFICACIÓN DE SUELO. NORMA: NTE INEN 696 - 697; ASTM D422; AASHTO T88

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM 423-66 - AASHTO T89-68, T90-70)

Límite líquido

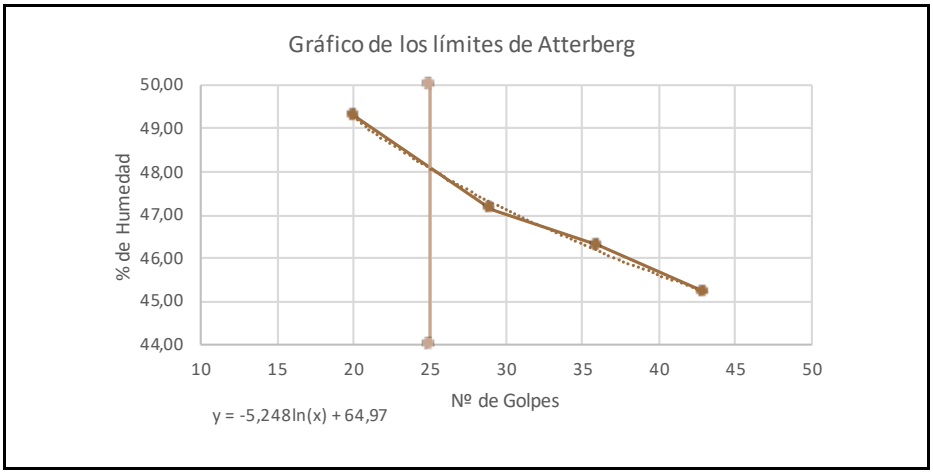
Fórmula	Resultado:					
$L.L. = \frac{Ph+T-Ps+T}{Ps+T-PT} * 100 = \frac{Pw-Ps}{Ps} * 100$	**# T.**	**# G.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+T.**	**P.T.**	**% Humedad**
	22	43	30	26,17	17,7	45,22
Ph= Peso de muestra húmeda + Tarro.	16	36	27,55	24,38	17,53	46,28
Ps = Peso de la muestra seca + Tarro.	28	29	29,55	26,01	18,5	47,14
PT= Peso del tarro	17	20	27,51	24,33	17,88	49,30
L.L.= Limite liquido en porcentaje	Logaritmo natural		3,22	**Límite líquido**		48,00

Límite Plástico

$L.Plástico = \frac{(M1-M2)}{M1-M3} * 100$	**# T.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+.T**	**P.T.**	**% Humedad**	**L. Plástico**
	11	9,66	9,46	8,81	23,53	22,50
M1 = Peso muestra húmeda + recipiente.	15	7,13	6,91	6,2	23,66	
M2 = Peso recipiente + muestra seca.	17	6,66	6,53	6,02	20,31	
M3= Peso de recipiente.	25	6,78	6,6	5,98	22,50	

Índice de plasticidad

25,50



Contenido de humedad del suelo

$W(\%) = \frac{W1-W2}{W2-Wc} * 100$	Resultados				
	W1	**W2**	**Wc**	**W**	**C. Humedad**
W1 = Masa recipiente + muestra húmeda, gr	136,12	132,49	36,12	3,77	8,28
W2 = Masa de recipiente + muestra seca, gr.	142,47	132,46	42,47	11,12	
Wc = Masa del recipiente, gr.	140,49	131,44	40,49	9,95	

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 9. Ensayos físicos y mecánicas (zona 3)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

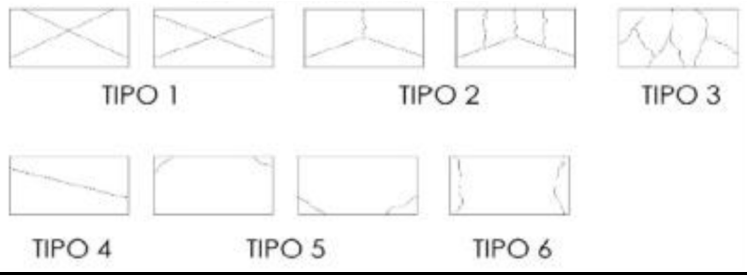
LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	25/10/21 - 18/11/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Ensayo de resistencia ASTM C43 (3.24Mpa)

Muestra	Edad de ensayo	Peso del ensayo (kg)	Dimensiones (LxExh).	Área de carga (LxE) (cm2)	C. De rotura (kg/f)	F. De rotura (Kg/cm2)	Mpa	Tipo de rotura
Z3	7 días	7,21	29,4x14,1x9,3	414,54	9380	22,63	2,22	6
Z3.2	7 días	8,32	29,4x14,1x9,4	414,54	12210	29,45	2,89	2
				Resistencia a la compresión:			2,55	
Z3.3	28 días	7,8	29,4x14x9,4	411,6	18550	45,07	4,42	6
Z3.4	28 días	8,67	29,6x14,2x9,6	420,32	18860	44,87	4,40	6
Z3.5	28 días	7,78	29,5x14,1x9,5	415,95	18305	44,01	4,32	6
				Resistencia a la compresión:			4,38	

Tipo de rotura



Ensayo de abrasión NTC 5324

Muestra	Edad de ensayo	Dimensiones (LxExh).	Masa antes del ensayo(g)	Masa luego del ensayo	Superficie de desprendimiento	Ca=S/mo-m1
Z3.6	28 días	29,4x14,1x9,6	7280	7250	132,3	4,41
Z3.7	28 días	29,3x13,9x9,4	7430	7400	131,85	4,40
Z3.8	28 días	29,5x14,4x9,6	7710	7690	132,75	6,64
			Coeficiente de abrasión			5,15

Ensayo de capilaridad NTC 5324

Muestra	Dimensiones	P. inicial del ensayo (g)(P0)	Superficie de la cara sumergida	P. posterior al ensayo (g)(P1)	Masa del agua (g)(M)	T. de la inmersión (min)(t)	Coeficiente de capilaridad	Coeficiente de capilaridad
Z3.9	29,2x14,2x9,7	7960	414,64	8510	550	10,00	23,67	23,67
Z3.10	29,5x14,1x9,4	6990	415,95	7490	500	10,00	21,45	21,45
Z3.11	29,4x14,5x9,5	7560	426,3	8120	560	10,00	23,44	23,44
				Coeficiente de capilaridad			22,85	22,85

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 10. Ensayo de granulometría (Zona 4).

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

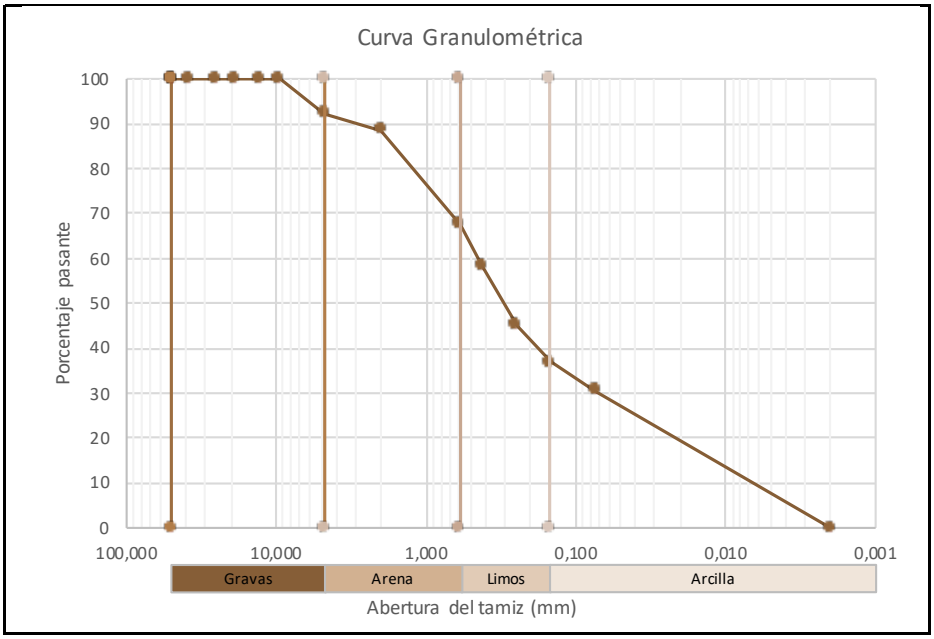
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Granulometría por tamizado (ASTM D-422, AASHTO T88)

Clasificación de componentes(AASHTO)		% de cada componente	Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% pasante
			Tamiz	mm				
Gravas	Gruesa	0	3"	50,300	0	0	0	100
	Media	0	2"	50,300	0	0	0	100
			1 1/2"	38,100	0	0	0	100
	Fina	0,00	1 "	25,400	0	0	0	100
			3/4"	19,050	0	0	0	100
			1/2"	12,70	0	0	0	100
			3/8"	9,53	0	0	0	100
Arena	Gruesa	11,46	No 4	4,76	38,36	7,67	7,67	92,33
	Fina		No 10	2,00	18,93	3,79	11,46	88,54
Limo		43,51	No 30	0,59	104,70	20,94	32,40	67,60
			No 40	0,43	46,54	9,31	41,71	58,29
			No 60	0,25	66,30	13,26	54,97	45,03
Arcilla		45,03	No 100	0,15	41,22	8,24	63,21	36,79
			No 200	0,07	31,49	6,30	70	30,49
			Fondo	0,002	152,46	30,49	100	0
		100,00	Total		500,00	100		



Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 11. Limites de Atterberg y contenido de humedad (Zona 2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	20/09/21 - 28/09/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

CLASIFICACIÓN DE SUELO. NORMA: NTE INEN 696 - 697; ASTM D422; AASHTO T88

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM 423-66 - AASHTO T89-68, T90-70)

Límite líquido

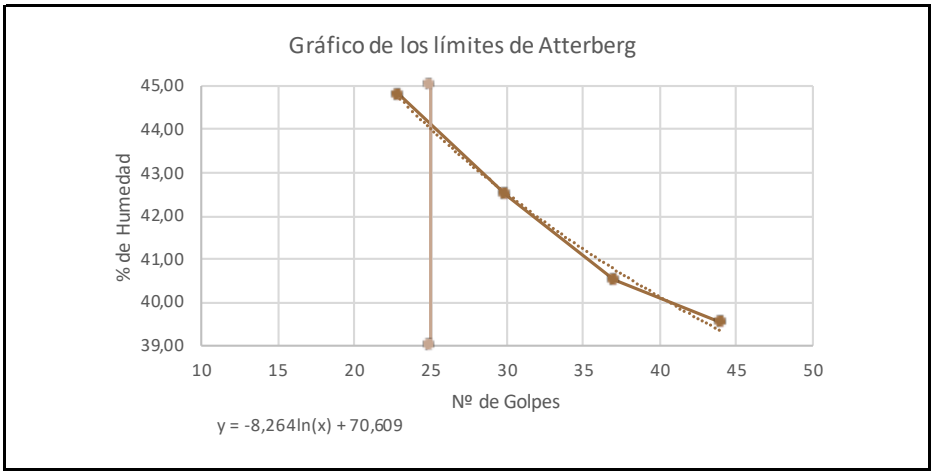
Fórmula	**Resultado:**					
$L.L. = \frac{Ph+T-Ps+T}{Ps+T-PT} * 100 = \frac{Pw-Ps}{Ps} * 100$	**#T.**	**#G.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+T.**	**P.T.**	**% Humedad**
	1	44	25,4	22,68	15,8	39,53
Ph= Peso de muestra húmeda + Tarro.	8	37	25,36	22,86	16,69	40,52
Ps = Peso de la muestra seca + Tarro.	12	30	24,57	22,06	16,15	42,47
PT= Peso del tarro	25	23	28,59	25,37	18,18	44,78
L.L.= Limite liquido en porcentaje	Logaritmo natural		3,22	**Límite líquido**		44,76

Límite Plástico

$L.Plástico = \frac{(M1-M2)}{M1-M3} * 100$	**#T.**	**P.H.+.T.**	**P.S.+.T**	**P.T.**	**% Humedad**	**L. Plástico**
	30	6,8	6,67	6,15	20,00	21,09
M1 = Peso muestra húmeda + recipiente.	18	6,91	6,73	6,03	20,45	
M2 = Peso recipiente + muestra seca.	28	6,74	6,58	5,98	21,05	
M3= Peso de recipiente.	2	9,61	9,45	8,91	22,86	

Índice de plasticidad

23,67



Contenido de humedad del suelo

$W(\%) = \frac{W1-W2}{W2-Wc} * 100$	**Resultados**				
	W1	**W2**	**Wc**	**W**	**C. Humedad**
W1 = Masa recipiente + muestra húmeda, gr	144,87	131,33	44,87	15,66	15,62
W2 = Masa de recipiente + muestra seca, gr.	134,97	121,48	34,97	15,59	
Wc = Masa del recipiente, gr.	134,70	121,19	34,70	15,62	

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Anexo 12. Ensayos físicos y mecánicas (zona 1)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE ING. CIVIL Y ARQUITECTURA

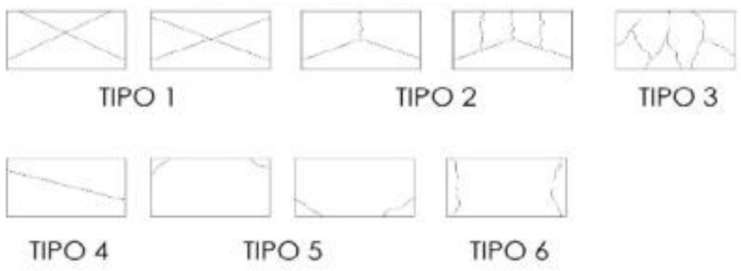
LAB. SUELOS

Proyecto:	Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues				
Constructor:	Miriam Camila Beltrán Rodríguez				
Fecha:	25/10/21 - 18/11/21				
Material:	Tierra				
Ubicación:	Cojitambo				
Zona:	1	2	3	4	

Ensayo de resistencia ASTM C43 (3.24Mpa)

Muestra	Edad de ensayo	Peso del ensayo (kg)	Dimensiones (LxExh).	Área de carga (LxE) (cm2)	C. De rotura (kg/f)	F. De rotura (Kg/cm2)	Mpa	Tipo de rotura
Z4	7 días	6,67	29,5x13,8x9,3	407,1	8120	19,95	1,96	3
Z4.2	7 días	8,58	29,4x13,9x9,6	408,66	8340	20,41	2,00	6
				Resistencia a la compresión:			1,98	
Z4.3	28 días	8,09	29,4x13,8x9,6	405,72	13760	33,92	3,33	6
Z4.4	28 días	8,25	29,3x14x9,4	410,2	13550	33,03	3,24	6
Z4.5	28 días	8,24	29,3x13,9x9,5	407,27	13480	32,99	3,23	6
				Resistencia a la compresión:			3,27	

Tipo de rotura



Ensayo de abrasión NTC 5324

Muestra	Edad de ensayo	Dimensiones (LxExh).	Masa antes del ensayo(g)	Masa luego del ensayo	Superficie de desprendimiento	Ca=S/mo-m1
Z4.6	28 días	29,3x14,2x9,6	7220	7170	131,85	2,64
Z4.7	28 días	29,5x14,3x9,4	6970	6910	132,75	2,21
Z4.8	28 días	29,6x13,9x9,6	7980	7910	117,2	1,67
			Coeficiente de abrasión			2,17

Ensayo de capilaridad NTC 5324

Muestra	Dimensiones	P. inicial del ensayo (g)(P0)	Superficie de la cara sumergida	P. posterior al ensayo (g)(P1)	Masa del agua (g)(M)	T. de la inmersión (min)(t)	Coeficiente de capilaridad	Coeficiente de capilaridad
Z4.9	29,5x14,1x9,5	7270	415,95	8020	750	10,00	32,17	32,17
Z4.10	29,3x14,3x9,4	7190	418,99	7950	760	11,00	32,36	32,36
Z4.11	29,6x14,1x9,6	7560	417,36	8200	640	12,00	27,36	27,36
				Coeficiente de capilaridad			30,63	30,63

Responsable: Sr. Pablo Saenz.
Laboratorista.

Universidad Católica de Cuenca

OF.009 UT.ARQ.2021 UNIDAD DE TITULACIÓN

Azogues, 06 de diciembre de 2021

Señor Arquiteccto
Andrés Vengas Msc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: "FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TERROCEMENTO CON TIERRAS DE LA PARROQUIA COJITAMBO, DEL CANTÓN AZOGUES"
Su despacho.

De mi consideración.

Con un atento y cordial saludo, me dirijo a Usted para informarle que se ha procedido a revisar el trabajo de titulación **"FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TERROCEMENTO CON TIERRAS DE LA PARROQUIA COJITAMBO, DEL CANTÓN AZOGUES."**, de autoría de la estudiante Miriam Camila Beltrán Rodríguez, mediante la herramienta tecnológica anti-plagio **TURNITIN**, el cual se encuentra **APROBADO** con un índice de **similitud del 8%.**

Para los fines legales pertinentes, adjunto se servirá encontrar los resultados de la misma:

Beltrán, Camila

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	8%	3%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	digibug.ugr.es Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%

En espera de haber cumplido a satisfacción, suscribo de usted con aprecio y respeto.
Atentamente.

MMOGROVEJO.

Arq. María José Mogrovejo Arias. Msc.

DOCENTE RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN DE LA CARRERA DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, SEDE AZOGUES.

Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario

Universidad Católica de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA

Universidad Católica de Cuenca	**CERTIFICADO DE NO ADEUDAR LIBROS EN BIBLIOTECA**	CÓDIGO: F – DB – 31 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página **1** de **1**

El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que, **Miriam Camila Beltrán Rodríguez** portador(a) de la cédula de ciudadanía Nº **0302062542** de la Carrera de **Arquitectura y Urbanismo,** Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **13 de diciembre del 2021**

Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario

Universidad Católica de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA

Universidad Católica de Cuenca	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: F – DB – 30 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página **1** de **1**

Miriam Camila Beltrán Rodríguez portadora de la cédula de ciudadanía Nº **0302062542**. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **"Fabricación de bloques de terrocemento con tierras de la parroquia Cojitambo, del cantón Azogues"**, 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 y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **10 de diciembre de 2021**

Camila Beltrán

Miriam Camila Beltrán Rodríguez

C.I. **0302062542**

Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario

Universidad Católica de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA