



1859

UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales
no Renovables**

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Caracterización de las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica.

**Trabajo de Titulación previo,
a la obtención del título de
Ingeniera en Geología
Ambiental y Ordenamiento
Territorial.**

AUTORA:

Cinthy Isabela Chuncho Salas

DIRECTOR:

Ing. José Francisco Ochoa Alfaro Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 08 de septiembre de 2023

Ingeniero José Francisco Ochoa Alfaro, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización de las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de autoría de la estudiante **Cintha Isabela Chuncho Salas**, con cédula de identidad N° **1105712051**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. José Francisco Ochoa Alfaro, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Cintha Isabela Chunchu Salas**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105712051

Fecha: 19 de enero del 2024

Correo electrónico: cinthya.chuncho@unl.edu.ec

Teléfono: 0999567346

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Cinthy Isabela Chuncho Salas**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización de las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los diecinueve días del mes de enero de dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: Cinthya Isabela Chuncho Salas

Cédula: 1105712051

Dirección: Loja (Esteban Godoy)

Correo electrónico: cinthya.chuncho@unl.edu.ec

Teléfono: 0999567346

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. José Francisco Ochoa Alfaro Mg. Sc.

Dedicatoria

A mis amados padres Maribel Salas y César Chuncho, a mis maravillosas hermanas Paula, Samantha y Amanda, a mi querido hermano Stefano, a mi adorado sobrino Juliam, a mis mejores amigos Jennyfer y Marconi, a mi amado gato Loki y a mi eterna Chabelita.

Cinthya Isabela Chuncho Salas

Agradecimiento

Agradezco a mis padres, por enseñarme la importancia de mi educación, al brindarme su cariño y comprensión todos estos años, hicieron mucho más fácil el llegar hasta aquí, los amo.

A mi hermana Paula, por ser mi guía, mi consejera y mi amiga, gracias por cuidar de mí y brindarme un hogar lleno de amor y dulzura durante toda mi carrera, te amo hermana.

A Samantha, mi lugar seguro y mi confidente, gracias por escucharme, apoyarme, animarme y entenderme en todo momento, gracias por estar siempre para mí

A Stefano y Amanda, por ser mi motivación para seguir adelante, gracias por estar conmigo, por ayudarme y por dejarme ayudarlos y cuidarlos.

A mi sobrino Juliam, por haberme alegrado todos los días con su sola presencia, por ofrecerme su amor y cariño y esperar siempre lo mejor de mí.

A mi mejor amigo Marconi, por ser mi compañero durante esta travesía, gracias por las tazas de café, por ayudarme en todos los sentidos posibles y nunca dejar que nos rindiéramos, tu apoyo ha sido fundamental para obtener este título.

A mi mejor amiga Jennyfer, por su gran cariño, por brindarme esa amistad incondicional y esa confianza invaluable.

A mis amigos, Lizbeth, David y Leonardo por el apoyo y el compañerismo, me ofrecieron una amistad sincera y unas ganas de soñar inmensas.

Le agradezco a mi abuelita Chabelita, por ser mi inspiración en cada meta trazada, espero que de alguna forma sepas que lo logré.

A mi director, Ing. José Ochoa, por la orientación y guía para la elaboración de este Trabajo de Titulación.

De manera especial quiero agradecer a los Ingenieros Fernando Cuenca y Christian Calderón por los grandes aportes que han enriquecido y mejorado esta investigación.

Cinthya Isabela Chuncho Salas

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:	x
Índice de anexos:	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Arcillas	6
4.1.1. Propiedades de las Arcillas.....	6
4.1.2. Usos de las Arcillas	6
4.1.3. Arcillas en la Industria	6
4.2. Clasificación de las arcillas	7
4.2.1. Según sus minerales arcillosos	7
4.2.2. Según su composición química	8
4.2.3. Según sus propiedades industriales	9
4.3. Ensayos para la caracterización de las arcillas	11
4.3.1. Contenido de Humedad.....	11
4.3.2. Gravedad Específica.....	12
4.3.3. Plasticidad - Límites de Atterberg.....	12
4.3.4. Granulometría.....	13
4.3.5. Contracción lineal en seco y por quema.....	14
4.3.6. Color en seco y de quema.....	14
4.3.7. Absorción de agua, densidad aparente, porosidad aparente y gravedad específica aparente	15
4.3.8. pH	15
4.3.9. Conductividad	15
4.3.10. Difracción de Rayos X.	15

4.3.11.	Fluorescencia de Rayos X.....	15
4.4.	Industria Cerámica	16
4.4.1.	Características de las arcillas explotables de Catamayo y Loja	16
4.5.	Propiedades de las Arcillas y su relación con la industria cerámica	16
4.5.1.	Propiedades Químicas/Mineralógicas	16
4.5.2.	Propiedades Mecánicas	17
4.5.3.	Propiedades al moldeo.....	17
5.	Metodología	18
5.1.	Caracterización del Área de Estudio	18
5.1.1.	Ubicación Geográfica.....	18
5.1.2.	Acceso	19
5.1.3.	Clima	19
5.1.4.	Hidrografía	20
5.1.5.	Contexto geológico.....	20
5.1.6.	Geomorfología.....	25
5.2.	Materiales	26
5.2.1.	Materiales y equipos de oficina.....	26
5.2.2.	Materiales y equipos de campo	27
5.2.3.	Materiales y equipos de laboratorio	27
5.2.4.	Materiales de geoprocesamiento	27
5.3.	Métodos.....	28
5.4.	Metodología	28
5.4.1.	Metodología para el objetivo 1.....	28
5.4.2.	Metodología para el objetivo 2.....	31
5.4.3.	Metodología para el objetivo 3.....	51
6.	Resultados	53
6.1.	Resultados del primer objetivo.....	53
6.1.1.	Topografía	53
6.1.2.	Litología Local	54
6.1.3.	Presencia de arcillas	57
6.2.	Resultados del segundo objetivo	58
6.2.1.	Resultados del ensayo de contenido de humedad	60
6.2.2.	Resultados del ensayo de la gravedad específica	60

6.2.3.	Resultados del ensayo de plasticidad	60
6.2.4.	Resultados del ensayo de granulometría	61
6.2.5.	Resultados del ensayo de granulometría de finos	63
6.2.6.	Resultados del ensayo de contracción lineal en seco y por quema	63
6.2.7.	Resultados del color en seco y de quema	64
6.2.8.	Resultados del ensayo de absorción de agua	65
6.2.9.	Resultados del ensayo de pH y conductividad.	66
6.2.10.	Resultados del ensayo de fluorescencia de rayos X	66
6.2.11.	Resultados del ensayo de difracción de rayos X	67
6.3.	Resultados del tercer objetivo	68
6.3.1.	Clasificación según sus minerales arcillosos.....	68
6.3.2.	Clasificación según su composición química.....	69
6.3.3.	Clasificación según sus propiedades industriales.....	69
7.	Discusión	72
8.	Conclusiones	75
9.	Recomendaciones	77
10.	Bibliografía	78
11.	Anexos	82

Índice de tablas:

Tabla 1. Clasificación de las arcillas de acuerdo a su composición	7
Tabla 2. Clasificación industrial de las arcillas	8
Tabla 3. Clasificación de las arcillas de acuerdo a sus propiedades industriales	10
Tabla 4. Rangos que alcanzar para el límite líquido	33
Tabla 5. Valores de Ct para diferentes temperaturas.....	40
Tabla 6. Valores obtenidos para el cálculo de profundidad específica	42
Tabla 7. Escala de clasificación de los suelos según su pH	51
Tabla 8. Puntos identificados con arcillas	59
Tabla 9. Contenidos de humedad	60
Tabla 10. Densidad Relativa	60
Tabla 11. Límites de Atterberg.....	60
Tabla 12. Granulometría del suelo	61
Tabla 13. Porcentaje pasante análisis por el método del hidrómetro	63
Tabla 14. Porcentaje, volumen y factor de contracción	64
Tabla 15. Color de las muestras secas al horno a 105 °C	64
Tabla 16. Color de las muestras quemadas	64
Tabla 17. Resultados de absorción, porosidad, gravedad específica y densidad	65
Tabla 18. pH y conductividad de las muestras ensayadas.....	66
Tabla 19. Composición química de las muestras ensayadas	66
Tabla 20. Fases minerales	67
Tabla 21. Propiedades empleadas para la clasificación.....	68
Tabla 22. Denominación según sus minerales arcillosos	68
Tabla 23. Denominación según su composición química	69
Tabla 24. Denominación según sus propiedades industriales	70

Índice de figuras:

Figura 1. Curva Granulométrica.....	13
Figura 2. Diagrama que representa los 3 componentes del sistema de color de Munsell.....	14
Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio	18
Figura 4. Acceso al área de estudio desde la capital Quito	19
Figura 5. Geología del Sur del Ecuador, ubicaciones series sedimentarias Miocénicas.....	21
Figura 6. Formaciones y Unidades Geológicas a nivel regional.....	26

Figura 7. Protocolo de validación de minerales arcillosos.....	30
Figura 8. Peso seco de las muestras	31
Figura 9. Peso de 30 gramos muestra (AF26M01)	32
Figura 10. Peso del picnómetro más muestra (AF26M01)	32
Figura 11. Preparación de la muestra.....	32
Figura 12. Ubicación de la muestra en la copa del aparejo Casa Grande	33
Figura 13. Rollos para determinar el límite plástico	34
Figura 14. Preparación de las muestras.....	35
Figura 15. Saturación de la muestra.....	35
Figura 16. Lavado de las muestras	36
Figura 17. Material lavado y retenido en el tamiz N° 200	36
Figura 18. Tamizaje de la muestra empleando un agitador mecánico	37
Figura 19. Peso del material retenido en cada tamiz.....	37
Figura 20. Saturación de las muestras.....	38
Figura 21. Corrección de la lectura del hidrómetro	38
Figura 22. Muestras en suspensión	39
Figura 23. Lectura del hidrómetro y termómetro.....	39
Figura 24. Preparación de la muestra.....	42
Figura 25. Tamizaje de las muestras	43
Figura 26. Preparación de una masa consistente.....	43
Figura 27. Medida de la línea plástica de referencia.....	44
Figura 28. Medición de la línea de referencia.....	44
Figura 29. Secado de las muestras en la estufa	45
Figura 30. Obtención del color en seco usando la tabla de Munsell.....	46
Figura 31. Preparación y cocción de las muestras	46
Figura 32. Dos muestras hirviendo	47
Figura 33. Saturación de las muestras cocidas.....	47
Figura 34. Peso saturado de una muestra	48
Figura 35. Peso sumergido de una muestra.....	48
Figura 36. Solución 1:2,5 suelo agua.....	49
Figura 37. Agitación de la muestra	50
Figura 38. pH de la muestra usando un peachímetro	50

Figura 39. Conductividad determinada por el conductímetro.....	50
Figura 40. Diagrama de flujo de la metodología.....	52
Figura 41. Mapa Topográfico.....	53
Figura 42. Mapa de afloramientos.....	54
Figura 43. Afloramiento 3, vía secundaria.....	55
Figura 44. Afloramiento 22.....	55
Figura 45. Afloramiento 11.....	56
Figura 46. Afloramiento 13.....	56
Figura 47. Mapa de litología del área de estudio	57
Figura 48. Puntos con presencia de arcillas en la zona de estudio.....	58
Figura 49. Puntos de muestreo de arcillas.....	59
Figura 50. Clasificación de las muestras de acuerdo al Ábaco de Casagrande.....	61
Figura 51. Curvas granulométricas de las muestras.....	62
Figura 52. Curvas granulométricas de finos.....	63
Figura 53. Cambio de coloración	65
Figura 54. Ubicación y tipos de la arcillas	71

Índice de anexos:

Anexo 1. <i>Fichas de Afloramientos</i>	82
Anexo 2. <i>Litología por Fotointerpretación</i>	108
Anexo 3. <i>Informe de Fluorescencia de Rayos X</i>	111
Anexo 4. <i>Informe de Difracción de Rayos X</i>	113
Anexo 5. <i>Mapa topográfico de área de estudio (a escala)</i>	116
Anexo 6. <i>Afloramientos en el área de estudio (a escala)</i>	117
Anexo 7. <i>Mapa de litología del área de estudio (a escala)</i>	118
Anexo 8. <i>Arcillas Identificadas en el área de estudios (a escala)</i>	119
Anexo 9. <i>Arcillas muestreadas en la zona (a escala)</i>	120
Anexo 10. <i>Tipo de arcillas en la parroquia Casanga (a escala)</i>	121
Anexo 11. <i>Certificación de traducción del Resumen</i>	122

1. Título

Caracterización de las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica.

2. Resumen

Las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja constituyen un recurso importante que hasta la fecha no ha sido investigado con propiedad lo cual resulta en la falta de entendimiento del potencial de este material. Pese a que la parroquia cuenta con diversos problemas económicos, sociales y ambientales y que se plantea la diversificación de actividad productivas como medida de mejora en las condiciones de vida de los habitantes, no se ha invertido en generar información que explore las posibilidades del sector, esto implica, conocer sus recursos minerales no metálicos, es por esto que el presente trabajo caracteriza un recurso tan valioso como las arcillas, definiendo el tipo de arcillas analizado, así como sus propiedades, químicas, mecánicas, cerámicas y mineralógicas.

Los datos proporcionados para cuatro puntos de muestreo incluyen características cualitativas y en su mayoría cuantitativas con su respectiva interpretación, esto contempla valores de contenido de humedad, gravedad específica, plasticidad, granulometría, contracción lineal, color, absorción de agua, pH, composición química y fases mineralógicas, algunos ensayos realizados en muestras naturales, secas o cocidas, dependiendo de la propiedad. Con base en los resultados se clasifica al material según sus minerales arcillosos “Grupo Caolín”, según su composición química “Arcillas Plásticas no Margosas” y según sus propiedades industriales “Arcillas para ladrillos”.

La ejecución de este proyecto resulta en una base de información que aporta al conocimiento de los recursos del sector e implica un punto de partida para una posible industria que beneficie no solo a la comunidad del sector, sino a sus alrededores y a la industria cerámica de la construcción que se desarrolla en la provincia de Loja.

Palabras Clave: Arcillas, Casanga, propiedades, mineralogía, industria, recurso.

Abstract

The clays present in the parish of Casanga, canton Paltas, province of Loja constitute an important resource that to date has not been properly investigated, resulting in a lack of understanding of the potential of this material. Despite the fact that the parish has several economic, social and environmental problems and that the diversification of productive activities is proposed as a measure to improve the living conditions of the inhabitants, there has been no investment in generating information that explores the possibilities of the sector, which implies knowing its non-metallic mineral resources, which is why the present work characterizes such a valuable resource as clays, defining the type of clays analyzed, as well as their chemical, mechanical, ceramic and mineralogical properties.

The data provided for four sampling points include qualitative and mostly quantitative characteristics with their respective interpretation, this includes values of moisture content, specific gravity, plasticity, granulometry, linear shrinkage, color, water absorption, pH, chemical composition and mineralogical phases, some tests performed on natural, dry or fired samples, depending on the property. Based on the results, the material is classified according to its clay minerals "Kaolin Group", according to its chemical composition "Non-marly plastic clays" and according to its industrial properties "Clays for bricks".

The execution of this project results in an information base that contributes to the knowledge of the resources of the sector and implies a starting point for a possible industry that will benefit not only the community of the sector, but also its surroundings and the ceramic construction industry that is developed in the province of Loja.

Keywords: *clays, Casanga, proprieties, mineralogy, industry, resource.*

3. Introducción

El Ecuador presenta una gran variedad de recursos de rocas y minerales industriales o no metalíferos, siendo los más importantes: caliza, mármol, arcillas, yeso, piedra pómez, baritina y bentonita, con respecto a las arcillas, la explotación de estas en el país, se realiza dentro de 75 áreas, con su mayor concentración en las cuencas intramontañosas de Cuenca-Biblián-San Fernando y Loja-Malacatos-Catamayo, relacionadas a cuencas sedimentarias lacustres del Mioceno (Cornejo Aguilar, 2016).

Dentro de la provincia de Loja, la minería no metálica, ha emergido como una actividad de gran potencial económico. Sin embargo, esta se ha desarrollado en gran medida de manera rudimentaria y carece de una tecnificación adecuada, lo que ha generado preocupaciones significativas en cuanto a la contaminación ambiental (Prefectura de Loja, 2019).

A pesar de todo la provincia de Loja se ha destacado por la explotación de materiales como las arcillas, que son esenciales en la industria cerámica de la construcción. Esta industria desempeña un papel vital en el abastecimiento de materiales no solo a esta provincia, sino también a gran parte del sur del país (Brito y Markwich Sosa, 1990).

Según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR, 2022), en la provincia de Loja se han otorgado un total de 19 concesiones mineras relacionadas con la extracción de arcilla. De todas estas concesiones, 16 se encuentran en Catamayo y tres en Loja, mientras que en el cantón Paltas no se han registrado concesiones correspondientes a este recurso, y específicamente en la parroquia Casanga, no existen trámites ni registros relacionados con la exploración o explotación de arcillas (ARCERNNR, 2022).

A pesar de que no existen registros formales de explotación de arcillas en la parroquia de Casanga, se tiene conocimiento de la elaboración de adobe, tejas y ladrillos en el pasado, haciendo uso de este recurso. Sin embargo, estas actividades disminuyeron en importancia debido al predominio del desarrollo agrícola y ganadero en la zona (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Casanga, 2015), el mismo que ha generado problemas relacionados con la expansión desordenada y las prácticas agrícolas inadecuadas lo que resulta en una economía dependiente que se ve fuertemente afectada por cualquier variación en la producción. Como consecuencia, muchos pobladores se ven obligados a migrar a otras áreas del cantón o incluso de la provincia en busca de empleos alternativos.

A pesar de que la explotación de arcillas aún no se ha llevado a cabo en la parroquia, existe la preocupación de que, a futuro, esta actividad pueda desarrollarse de manera artesanal

y poco tecnificada, como ha ocurrido en otras partes de la provincia de Loja (Prefectura de Loja, 2019) y que estas lleguen a generar afectaciones ambientales como lo son la generación de material particulado y los gases de efecto invernadero que perjudican principalmente a fuentes hídricas y a la atmósfera (López Juviano et al, 2020)

Las arcillas dentro de la parroquia evidencian que existe la materia prima para establecer nuevas actividades productivas que mitiguen algunos de los problemas del sector, sin embargo, pese a tener antecedentes del uso de estas para la elaboración de materiales de construcción hace ya varios años, hasta el momento no se ha generado información puntual acerca de los recursos minerales no metálicos presentes en la parroquia, en este caso las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas y su potencial como materia prima para la industria cerámica que se desarrolla en la provincia

Por tanto, este proyecto proporciona información acerca de las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas presentes en esta parroquia, lo cual permite determinar si estas son aptas para aportar como materia prima en la industria cerámica, considerando así la posibilidad de que la sociedad del sector se beneficie con una actividad extractiva que disminuya los niveles de migración existentes y que, siendo planificada y tecnificada, pueda ofrecer una producción mucho más sostenible que la agrícola o ganadera de las que depende actualmente la comunidad.

Este proyecto aporta a la identificación y conocimiento de los recursos minerales no metálicos en la parroquia Casanga, el definir las aplicaciones de las arcillas en la industria cerámica contribuye significativamente al desarrollo económico y bienestar de la comunidad, evitando posibles impactos ambientales, además toda la información que resulta de este estudio puede ser primordial para la planificación del uso de suelo y el desarrollo de la industria minera del sector.

- **Objetivo General**

Caracterizar las propiedades mineralógicas y mecánicas de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, con fines de aplicación en la industria cerámica

- **Objetivos Específicos**
- Elaborar un mapa litológico de los materiales que se encuentran en la parroquia Casanga a escala 1:50000
- Identificar las características mineralógicas y mecánicas de los minerales arcillosos presentes en la zona de estudio
- Evaluar el uso de las arcillas de la parroquia Casanga de acuerdo a su clasificación industrial.

4. Marco Teórico

4.1. Arcillas

“La arcilla es una roca sedimentaria de valor en procesos industriales, constituida fundamentalmente por minerales denominados filosilicatos, con la estructura cristalina como factor diferenciador que permite establecer grupos como: la Caolinita, Montmorillonita, Paligorskita, Illita y Clorita” (Linares González, Huertas García, & Capel Martínez, 2013).

4.1.1. *Propiedades de las Arcillas*

Según García y Suárez (p.8) las propiedades de las arcillas vienen determinadas por: “su extremadamente pequeño tamaño de partícula inferior a 2 μm , su morfología laminar y las sustituciones isomórficas que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar”

La misma autora sostiene que:

Como consecuencia de estos factores, presentan, por una parte, un valor elevado del área superficial y, a la vez, la presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Por ello pueden interactuar con muy diversas sustancias, en especial compuestos polares, por lo que tienen comportamiento plástico en mezclas arcilla-agua con elevada proporción sólido/líquido y son capaces en algunos casos de hinchar, con el desarrollo de propiedades reológicas en suspensiones acuosas.

Por otra parte, la existencia de carga en las láminas se compensa, como ya se ha citado, con la entrada en el espacio interlaminar de cationes débilmente ligados y con estado variable de hidratación, que pueden ser intercambiados fácilmente mediante la puesta en contacto de la arcilla con una solución saturada en otros cationes, a esta propiedad se la conoce como capacidad de intercambio catiónico y es también la base de multitud de aplicaciones industriales (García Romero y Suárez Barrios, s.f., p. 8).

4.1.2. *Usos de las Arcillas*

De acuerdo con García-Romero et al. (2004) : “Los principales usos, según el grupo al que pertenece, se da en el campo de la construcción (tejas, ladrillos, tubos, baldosas), manufactura de cementos, absorbentes, materiales cerámicos (porcelana, gres, loza sanitaria o de mesa, electrocerámica) e ingeniería civil”.

4.1.3. *Arcillas en la Industria*

Desde los comienzos de la humanidad las arcillas han sido usadas principalmente en el campo de la construcción, la mayor parte de sus aplicaciones no requieren condiciones estrictas

en lo que refiere su composición química, por tanto, prácticamente todas las arcillas son aptas para esta industria, con el tratamiento y proporciones adecuadas (Zea Osorio, Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales, 2005).

En la provincia de Loja se explota una gran cantidad de materiales para la construcción como arcilla para ladrilleras, arenas, gravas y rocas masivas para el mercado local, el centro de la industria cerámica se sitúa en el cantón Catamayo y de la misma manera las presencias identificadas de caolín se encuentran situadas en esta parte de la provincia, sector Salapa, dentro de la zona metamórfica de la Cordillera Real (Brito y Markwisch Sosa, 1990).

4.2. Clasificación de las arcillas

4.2.1. Según sus minerales arcillosos

Según Galán Huertos (1990), las arcillas han sido clasificadas con base en los datos estructurales y su composición en cinco grupos:

Tabla 1

Clasificación de las arcillas de acuerdo a su composición

Mineralogía de las arcillas		Origen	
Cristalinos	Caolín	Caolinita	Hidrotermal-meteorización
		Dickita	Meteorización
		Nacrita	Hidrotermal
		Anauxita	Meteorización
		Halloysita	Hidrotermal-meteorización
		Endelita	Meteorización
	Montmorillonita	Montmorillonita	Meteorización
		Nontronita	Hidrotermal
		Saponita	Hidrotermal
		Beidelita	Hidrotermal
		Hectorita	Meteorización
	Illita o Hidromicas	Illita	Meteorización
	Attapulgita Sepiolita	Attapulgita	Meteorización
Sepiolita		Meteorización	
Amorfos	Alófana	Alófana	Meteorización

Nota. Modificado de (Galan Huertos, 1990)

Grupo Caolín. “Son sumamente usados en la industria, la caolinita se produce por la hidrólisis del feldespato y de otros silicatos por la acción de aguas hidrotermales al elevarse hacia la superficie o por la meteorización de rocas ígneas ácidas” (Zea Osorio, Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales, 2005).

Otros autores indican que:

El caolín es la arcilla en la que predomina la colinita, tiene gran poder cubriente y absorbente y de baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos además su estructura y

composición son fundamentales ya que controlan las propiedades físicas y químicas que son importantes en la determinación de numerosas aplicaciones industriales.

(Olversa Venegas y Hernández Cruz, 2018, p. 17)

Grupo Montmorillonita. “Minerales formados por la descomposición superficial de rocas por agentes atmosféricos, procesos hidrotermales de baja temperatura , alteración de cenizas volcánicas, por acción de aguas circulares a lo largo de fracturas y vetas” (Amethyst Galleries, 2005).

Grupo Illita o Hidromica. Minerales de potasio y propiedades similares a las de la mica moscovita (Parras, 2001).

Grupo Attapulgita y Sepiolita. “La attapulgita contiene una estructura reticular en forma de cadena y es rica en magnesio, de igual manera la sepiolita es un silicato magnésico hidratado fibroso” (Galan Huertos, 1990).

Grupo alófana. Solución sólida amorfa de sílice, alúmina y agua (Ross y Kerr, 1934; citados por Meijer and Burman, 2003)

4.2.2. Según su composición química

Esta categorización es la que establece la aplicación de las arcillas en función de su composición química, se trata de una clasificación planteada por Fernandez et al. (2002).

Tabla 2

Clasificación industrial de las arcillas

Grupo	Denominación	Características	Aplicaciones Principales
Grupo 1 Arcillas de Cocción Blanca	Ball-clays	CaO+MgO<2,5% Fe ₂ O ₃ <3%	Arcillas con cierto carácter refractario. Baldosas de pasta blanca y porcelana sanitaria. Gres porcelánico
Grupo 2 Arcillas Montmorilloníticas	No calcáreas	CaO+MgO<2,5% Esmectitas como mineral accesorio de la fracción arcilla, siendo esta media o alta	Utilización en la preparación de pastas para pavimento y revestimiento poroso, como componente minoritario para aumentar la plasticidad de las mismas
	Calcáreas	CaO+MgOε2,5% Esmectitas como mineral accesorio de la fracción arcillosa, siendo esta media o alta	
Grupo 3 Arcillas Margosas	Contenido Alto de Carbonatos o Tipo Arava	CaO+MgO≥17,5%	Su variable contenido en carbonatos les confiere buenas

Grupo	Denominación	Características	Aplicaciones Principales
	Contenido Medio de Carbonatos o Tipo Mas Vell	$10\% \leq \text{CaO} + \text{MgO} < 17,5\%$	características como componentes mayoritarios en pastas de revestimiento poroso. El tipo Chulilla pueden utilizarse en pasta para gres como componente minoritario.
	Contenido Bajo de Carbonatos o Tipo Chulilla	$2,5\% \leq \text{CaO} + \text{MgO} < 10\%$	
Grupo 4 Arcillas No Margosas	Arcillas plásticas	$\text{CaO} + \text{MgO} < 2,5\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 19\%$ $\text{IP} \geq 25$	Forman parte de la formulación pastas para gres en porcentajes elevados (hasta el 70% en algunos casos). Se mezclan arcillas con diferentes IP y materias desgrasantes hasta obtener el comportamiento óptimo de la pasta en crudo y en cocido
	Arcillas poco plásticas (incluye la Tipo Moró)	$\text{CaO} + \text{MgO} < 2,5\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3 < 19\%$ $\text{IP} < 25$	
Grupo 5 Arcillas Especiales	Caolín	Presencia de kanditas como minerales principales de la fracción arcilla, siendo esta alta	Las aplicaciones industriales de estas arcillas no son la cerámica, sino como absorbentes, cargas, refractarias, etc....
	Paligorskita-attapulgita	Presencia de paligorskita como mineral principal de la fracción arcilla, siendo esta alta	
	Bentonita	Presencia de esmectitas como minerales principales de la fracción arcilla, siendo esta alta	
	Sepiolita	Presencia de sepiolita como mineral principal de la fracción arcilla, siendo esta alta	

Nota. Modificado de (Fernandez et al., 2002)

4.2.3. Según sus propiedades industriales

Se trata de la clasificación más antigua y aceptada tradicionalmente por la industria y en geología de minerales no metálicos, y que en el último grado fija su valor económico (de Pablo, 1964).

Tabla 3*Clasificación de las arcillas de acuerdo a sus propiedades industriales*

Tipo de Arcilla	Características	Propiedades
Caolín, Arcilla “China”, Blanca o para papel	Son arcillas residuales, in situ, originadas por alteración hidrotermal, hipogénica o epigénica de rocas ígneas ácidas.	Caolinita 80-100% Cuarzo <30% Mica <10% Fino tamaño de partícula Refractaria Aprox. 46.5% SiO ₂ y 39.6% Al ₂ O ₃ Acidez entre 4.5 y 6 Color blanco brillante o blanco opaco, crema Color quemado blanco a crema Contracción al quemado de 8 a 12% Absorción al quemado de 10 a 20% Distribución de partícula de 80 a 100% menor de 10 micrones, 50 a 90% menor de 2 micrones y 1 a 60% menor de 0.5 micrones
Arcillas plásticas, Bola o “Ball Clays”	Arcillas sedimentarias que fueron acarreados a lugares distintos al de su formación. Por el mismo acarreo pasaron por una selección que las hizo de fino tamaño de partícula y consiguientemente, más plásticas	Caolinita 30-80% Hidromica y/o montmorillonita 0-40% Cuarzo 0-50% Materia Orgánica 0-8% Escasos contenidos de feldespato, mica, rutilo y limonita Aprox. 50 a 65% de SiO ₂ y de 20 a 35% de Al ₂ O ₃ , con pequeños contenidos de alcalies Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , etc. Color café oscuro, gris, crema o negro Color quemado blanco, crema o gris Contracción al quemado hasta el 13% Muy plásticas Distribución de partícula de 80 a 100% menor de 10 micrones, 55 a 95% menor de 3 micrones, 25 a 95% menor de 1 micrón y 10 a 80% menor a 0.5 micrones
Arcillas Refractarias	Arcillas duras o “Flint”, compactas a masas duras como rocas, de fractura conoidal Plásticas, que fácilmente se desintegran en agua a una masa plástica Pizarras o arcillas impuras compactadas a una masa lamelar sin fractura conoidal	Compuestas de caolinita con pequeñas cantidades de cuarzo, mica, anatasa, rutilo y óxido de hierro Aprox. 40-60% SiO ₂ , 25-40% Al ₂ O ₃ , 1-5% Fe ₂ O ₃ , menos de 4% MgO y CaO y <3% de alcalies
Arcillas de Alta Alúmina	Arcillas de interés en las industrias de refractarios y cerámica	Contenidos de alúmina superiores a 39.6% y cuya mineralogía incluye hidratos de aluminio (gibbsite, boehmita)

Tipo de Arcilla	Características	Propiedades
Arcillas de Liga	Proporcionan liga o unión entre las partículas para dar cuerpos resistentes y densos	Plásticas Fino tamaño de partícula Composición variable y su mineralogía incluye caolinita, desordenada o normal, montmorillonita e hidrómica.
Arcillas para ladrillos	Útiles para la fabricación de ladrillos	Impuras Mediana plasticidad Composición y mineralogía variable Color no blanco Hasta 5% de alcalies, 12% de alcalinotérreos y 8% de óxido férrico
Arcillas Montmorilloníticas	Tierras de Fuller, montmorillonitas magnésicas con poder de decoloración natural Bentonitas, sódicas que aumentan su volumen con la absorción de fluidos y no decoloran Cálcicas, no aumentan su volumen ni decoloran minerales	Composición química 50-65% SiO ₂ , 10-25% Al ₂ O ₃ , 4% alcalies y 6% de alcalinotérreos Uso industrial es en decoloración y desodorización en procesos químicos, lodos de perforación, síntesis orgánica y fundido de metales
Arcillas Halosílicas	Principal componente es haloisita y son de interés en las industrias de refractarios, cerámica y de catalizadores de arcilla	Composición similar a los caolines, pero más plásticas, mayor contracción y diferente cristalización Asociadas a emanaciones sulfurosas
Attapulgita	Componente mayor mineral attapulgita o paligorsquita, de origen hidrotermal o sedimentario, es de gran interés en la preparación de arcillas activadas y catalizadores para usos diversos.	Textura fibrosa Composición química de 50 a 65% SiO ₂ , 7-15 Al ₂ O ₃ , 5-15% MgO y escasos FeO, Fe ₂ O ₃ y CaO
Otras arcillas	Aquellas que no tienen gran aceptación en la industria y su empleo principal es en casos particulares de cerámica.	Componentes principales son hidrómica o Illita o alófano Otras contienen los minerales hectorita y sepiolita

Nota. Modificado de (de Pablo, 1964)

4.3. Ensayos para la caracterización de las arcillas

4.3.1. Contenido de Humedad.

Según la norma (ASTM, D2216): “Este método de ensayo cubre la determinación en laboratorio del contenido de humedad por masa de suelo, roca y materiales similares donde la reducción en masa por secado se debe a la pérdida de agua”, generalmente en un lapso de 24 horas de secado

En esta norma agregan que el contenido de agua suele ser muy significativo ya que permite establecer relaciones entre el comportamiento del suelo y sus propiedades índice, al usar dicho valor para identificar conexiones entre las fases de aire, agua y sólidos presentes en el volumen total de un material.

4.3.2. Gravedad Específica

La gravedad específica es otra forma de caracterizar a las arcillas utilizadas en la fabricación de productos cerámicos, por medio de este valor podemos calcular la relación de vacíos del material, conocer su porosidad, su capacidad de hinchamiento y la permeabilidad o impermeabilidad (ASTM, 128 – 01).

$$GS = \frac{Ws}{(Wmw + Ws - Wmsw)}(1)$$

4.3.3. Plasticidad - Límites de Atterberg.

Las siguientes descripciones se darán con base en la norma (ASTM, D4318):

4.3.3.1. Límite Líquido. El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite definido arbitrariamente entre los estados semilíquido y plástico. El límite líquido se determina mediante la realización de ensayos en los que se lleva una parte de la muestra en una copa de bronce, dividido en dos por una herramienta de ranurado, y luego se deja fluir juntos hasta chocar causada por los golpes repetidos ocasionadas en la copa en un dispositivo mecánico estándar. El límite líquido multipunto, el método A, se requieren tres o más ensayos en un rango de contenido de agua a realizar y los datos de los ensayos de trazado o calculados para hacer una relación de la que se determina el límite líquido. El límite líquido de un punto, Método B, utiliza los datos de dos ensayos con un contenido de agua multiplicado por un factor de corrección para determinar el límite líquido.

4.3.3.2. Límite Plástico. El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido. El límite plástico se determina al presionar alternativamente juntos y rodar en un cilindro de 3.2 mm (1/8 pul.) de diámetro una pequeña porción de suelo de plástico hasta que su contenido de agua se reduce a un punto en el que el hilo se desmorona y no puede ya ser presionado y laminados de nuevo. El contenido de agua del suelo en este punto se presenta como el límite plástico.

4.3.3.3. Índice de Plasticidad. El rango de contenido de agua más que un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente, es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

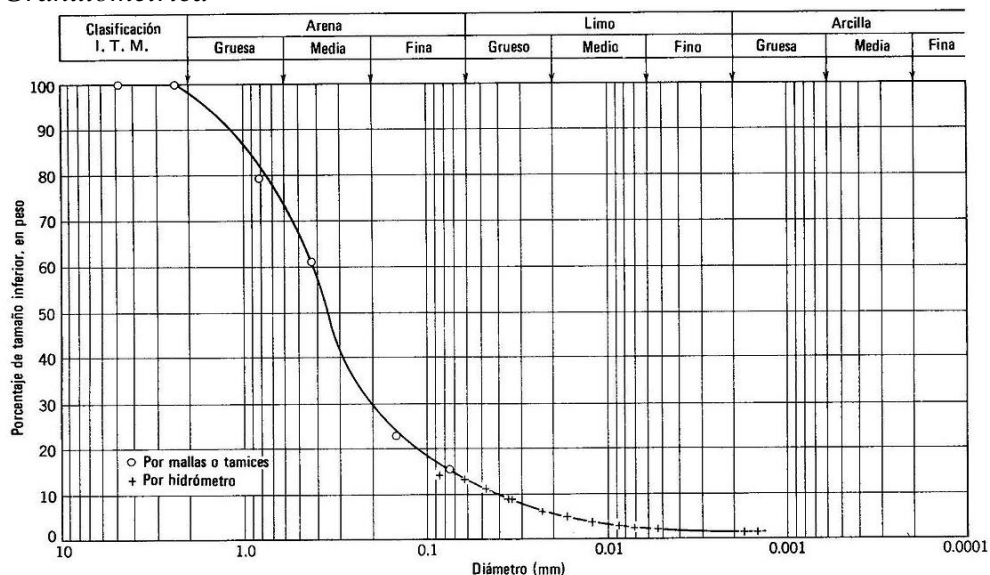
4.3.4. Granulometría

De acuerdo con Cañas (1996):

[La granulometría es el] procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas de un agregado según tamaños, de manera que se pueda conocer el peso de cada tamaño y su aporte al peso total, para esto se recurre al uso de mallas con diferentes tamaños de aberturas correspondientes a la dimensión máxima de cada agregado, los porcentajes se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla.

La curva granulométrica es la representación de los resultados del ensayo de granulometría, en esta se representa el diámetro en log-normal en la horizontal y en la vertical, a escala natural, el porcentaje de tamaño inferior, en peso. (p.p.53-54)

Figura 1
Curva Granulométrica



Nota. Tomado de (ASTM, 136 – 01)

4.3.4.1. Granulometría en finos. Este ensayo permite conocer la distribución de los tamaños de las partículas de los suelos que son menores a 75 micras, esto mediante un proceso de sedimentación que hace uso de un hidrómetro que mide la gravedad específica de la suspensión o gramos por litro de suspensión (D18 Committee, s. f.)

4.3.5. Contracción lineal en seco y por quema

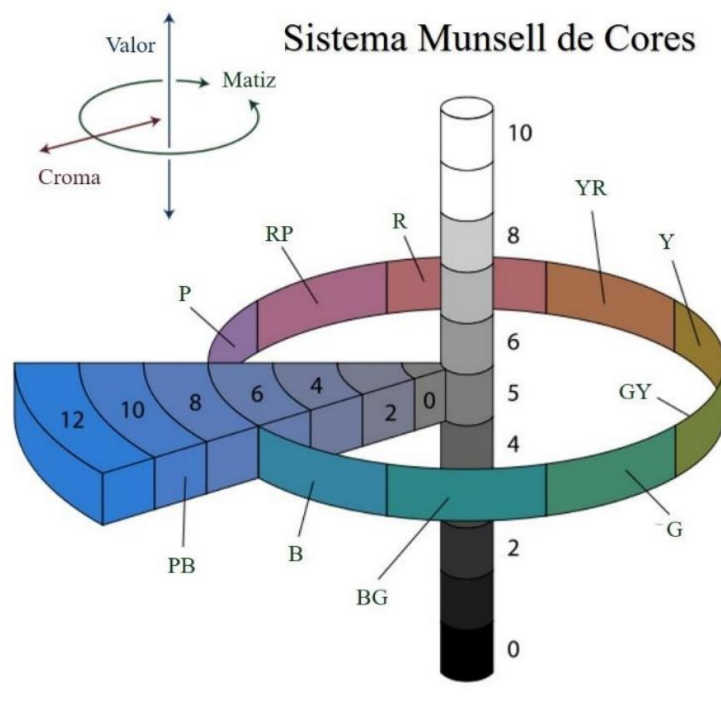
Consiste en la reducción que se produce en una forma prismática rectangular al disminuir su contenido de agua, y pasar de su límite líquido a la deshidratación total, expresándose en porcentaje la relación de la reducción con respecto a la longitud inicial (Barros Sierra, 2016).

4.3.6. Color en seco y de quema

Los colores en seco y de quema de las arcillas se determinaron haciendo uso de la carta de Munsell, un sistema de colores Munsell creado por el profesor Albert H. Munsell a principios del siglo XX y que clasifica los colores en tres componentes: matiz, valor y croma (Guimarães, 2016).

Figura 2

Diagrama que representa los 3 componentes del sistema de color de Munsell



Nota. Tomado de Rus, 2007, como se citó en Guimarães, 2016

La tabla de colores de Munsell para suelos ("Munsell Soil Color Charts") es un libro que reúne una serie de estándares de color que son encontrados en los suelos. Fue adoptado por el Programa American Soil Survey en 1949 y recomendado por la Sociedad Internacional para la Ciencia del Suelo (ISSS) en 1960 (Simonson, 1993).

La importancia de definir los colores de las arcillas radica en su aplicabilidad en la industria cerámica y como estos se relacionan con la presentación de los productos finales, así

siendo además indicadores de algunos componentes minerales que determinan los colores en las rocas y suelos que los contienen (Domínguez & Schifter, 1992).

4.3.7. Absorción de agua, densidad aparente, porosidad aparente y gravedad específica aparente

La medición de la densidad, la porosidad y la gravedad específica es una herramienta para determinar el grado de maduración de un cuerpo cerámico o para determinar las propiedades estructurales que puedan requerirse para una determinada aplicación de estos (C21 Committee, s. f.).

4.3.8. pH

Es un indicador del ambiente que se genera en la solución del suelo, y condiciona todas las reacciones químicas y biológicas que en ella ocurren, este parámetro mide la concentración del ion Hidrógeno en la solución del suelo con una escala particular que va del 0 al 14 (a mayor valor, menor concentración). De esta manera, cuando un suelo tiene un pH de 7 se lo considera neutro, con valores mayores (7 a 14) se lo considera alcalino y con valores menores (7 a 0), se lo denomina suelo ácido (Cremona & Enriquez, 2020).

4.3.9. Conductividad

La conductividad eléctrica en los suelos se realiza principalmente a través de macro y micro – poros continuos y llenos de agua entre partículas de suelo. Los suelos con mayor porcentaje de partículas finas tienen un importante contacto partícula-partícula y mayor número de poros pequeños que retienen agua con mayor fuerza y por más tiempo, por lo que permiten conducir mejor la electricidad (Rhoades et al., 1989)

4.3.10. Difracción de Rayos X.

Según Dean (1974): “La difracción de rayos X (XRD) permite la rápida identificación de materiales particulados, arcillas y otros minerales”, así mismo permite la obtención de información detallada con respecto a la estructura cristalográfica y a identificar las fases de la muestra. El mismo autor afirma que este método es: “especialmente útil para la identificación de fases de grano fino que son difíciles de identificar por otros métodos como microscopía óptica, microscopio electrónico de barrido/espectrómetro por dispersión de energía o evaluación cuantitativa de materiales por microscopía electrónica de barrido.”

4.3.11. Fluorescencia de Rayos X.

Con respecto a este ensayo se señala que:

Es una de las técnicas en la cual los minerales, tal cual o, mejor, finamente dispersos en un vidrio alcalino, se bombardean con una radiación de alta frecuencia y baja

longitud de onda, la cual contiene la energía suficiente para inducir una emisión fluorescente, debida a la excitación de los electrones internos de las órbitas de los elementos presentes; estos electrones emitidos por la muestra se recogen por un detector oportuno, y la señal generada se asocia a la posición de la muestra o del detector mismo, estableciendo una intensidad relativa de señal que se contrasta con la de un patrón. Con estos métodos resultan fácilmente cuantificables los elementos de medio-alto peso atómico, hasta el límite inferior de Na – F, y más recientemente, se han realizado esfuerzos notables para poder obtener una determinación suficientemente repetible también de los elementos hasta el boro. (Gelder y Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004, p.29)

4.4. Industria Cerámica

Según la última encuesta de Manufactura y Minería realizada en 1999 por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), en nuestro país existen 1502 industrias de manufactura en el país y 45 mineras. Y de acuerdo con la Prefectura de Loja (2019), el 10% de los establecimientos manufactureros de la provincia de Loja son dedicados a la generación de productos de minerales no metálicos como: ladrillos, tejas, fachaletas y tejuelo, estos productos se fabrican en Catamayo y Loja (Malacatos, con destino a ser comercializados en Quito, Guayaquil, Cuenca y Machala).

4.4.1. Características de las arcillas explotables de Catamayo y Loja

Dentro del cantón Catamayo se encuentran arcillas clasificadas industrialmente como; Ball Clays, con contenidos de $\text{CaO}+\text{MgO}$ (entre 0.15 a 0.98%) y Fe_2O_3 (que va desde 0.61 a 1.85%), Margas con contenidos de $\text{CaO}+\text{MgO}$ (de 2.70 a 5.57%) y No Margosas poco plásticas con altos contenidos de Al_2O_3 (<19%) y $\text{CaO}+\text{MgO}$ (<2.5%) con índice de plasticidad (<25%) (Angamarca Angamarca, 2020).

En Loja se presentan arcillas de estructura laminar, grano fino y plasticidad media, con contracción de masa al secado de entre 5 a 10%, con diferentes tipos de pureza lo que conlleva una variación en la dosificación para la fabricación de productos cerámicos (Valarezo, 2015).

4.5. Propiedades de las Arcillas y su relación con la industria cerámica

4.5.1. Propiedades Químicas/Mineralógicas

Según Parras (2001) conocer la composición mineralógica y química de las materias primas permite predecir la aplicación y las propiedades de los productos elaborados a partir de las mismas, por ejemplo con contenidos de Al_2O_3 superiores al 30% se puede usar como semirefractario, si hay presencia de óxidos alcalinos y alcalinotérreos estos actuarían como

fundentes pero aumentarían la deformación de las piezas, el Fe_2O_3 se encarga del hinchamiento, dar coloraciones rojizas e intensificar la generación de la fase vítrea y la sílice reduce la contracción de la pieza durante las fases de secado y cocción.

4.5.2. Propiedades Mecánicas

De acuerdo a Florez (2018) además de las propiedades químicas/mineralógicas, otra variable es la magnitud y la forma de las partículas, es decir la distribución granulométrica, que se encarga de controlar a su vez propiedades como la porosidad, permeabilidad y resistencia mecánica del producto.

El mismo autor sostiene que la plasticidad es otra propiedad importante a considerar, aunque esta no depende de los elementos gruesos que contiene sino únicamente de los elementos, por tanto, se debe recurrir al método de Atterberg para obtener las características de las arcillas.

4.5.3. Propiedades al moldeo

4.5.3.1. Color de quema.; Según Uribe et al. (2020), las diferentes coloraciones adquiridas luego de la quema se relacionan con los óxidos presentes en las arcillas, por ejemplo, se obtiene el color amarillo, marrón claro y oscuro cuando se da la relación $Fe_2O_3:CaO = 0,6:0,8$ y da color amarillo brillante y amarillo para $Fe_2O_3:CaO = 0,5:0,6$, y por otro lado los óxidos de manganeso proporcionan el color naranja y el color negro

4.5.3.2. Temperatura de cocción. Betancourt et al. (2007) afirma que:

La cocción es el proceso en el que se genera movilidad atómica que une las partículas de arcilla y disminuye la porosidad, la importancia de la temperatura radica en su nivel y variación, ya que un descenso súbito en esta puede generar una rápida contracción y provocar tensiones que fracturen de manera abrupta el material.
(p.p.187-196)

4.5.3.3. Hidratación e Hinchamiento. “La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmectitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales” (García Romero y Suárez Barrios, Las Arcillas: Propiedades y Usos, 2008). Y pese a que la hidratación y la deshidratación suceden con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

5. Metodología

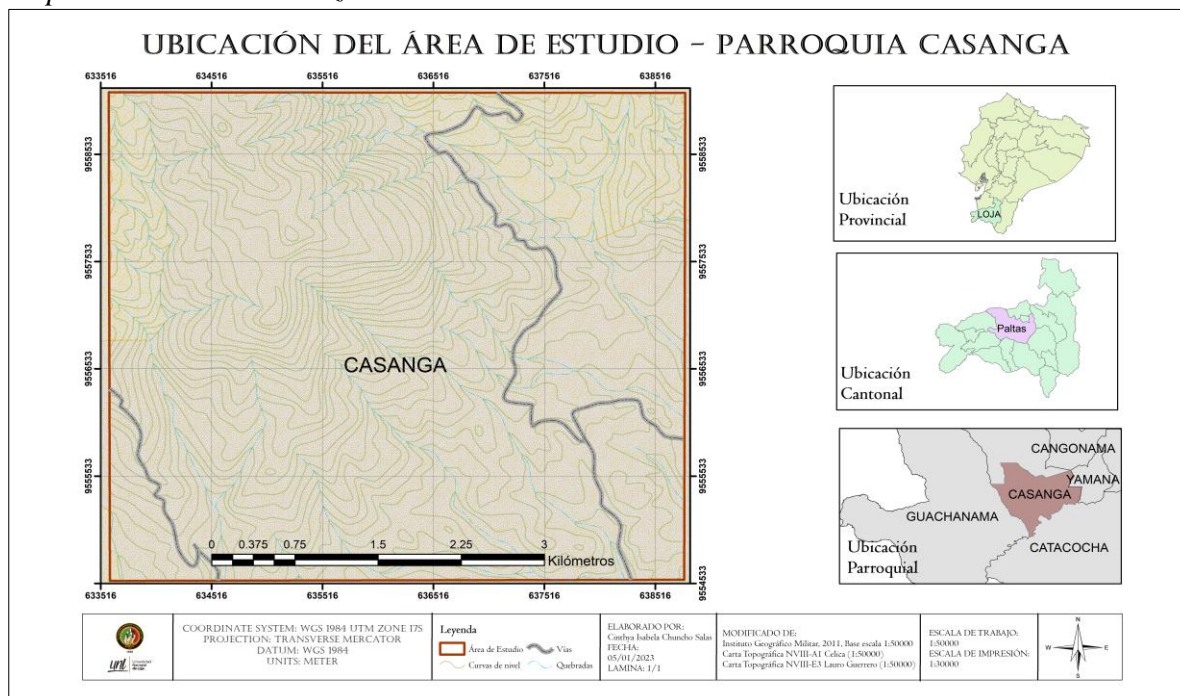
5.1. Caracterización del Área de Estudio

5.1.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio cuenta con una superficie de 33.15 km², se encuentra en la parroquia Casanga, cantón Paltas dentro de la Provincia de Loja. Esta limita al norte con Lauro Guerrero y Cangonamá, al sur con Guachanamá y Catacocha, al este con Yamana y al Oeste con Lauro Guerrero y Guachanamá.

Figura 3

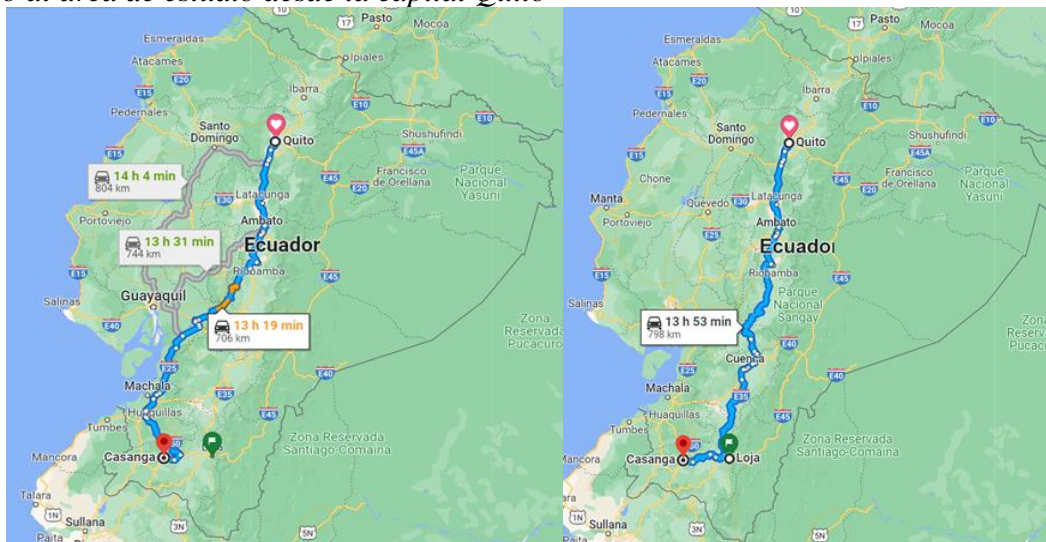
Mapa de ubicación de la zona de estudio



5.1.2. Acceso

Figura 4

Acceso al área de estudio desde la capital Quito



Desde la capital del Ecuador, Quito, se tienen 4 rutas para llegar a la parroquia en la que se encuentra la zona de estudio:

1. Por la carretera Panamericana y Troncal de la Sierra/E35, con una duración de 13 horas y 19 minutos, y un recorrido de 706 km
2. Por Troncal de la Costa/E25, con una duración de 13 horas y 31 minutos, y un recorrido de 744 km
3. Por Troncal de la Costa/E25 y Transversal Sur/E50, con una duración de 14 horas y 4 minutos y un recorrido de 804 km
4. Si se considera Loja como punto necesario de recorrido se tiene una ruta desde la capital hasta la parroquia Casanga que pasa por la carretera Panamericana, Troncal de la Sierra E35, por Ambato, Riobamba, Cuenca y a partir de Loja siguiendo la vía E50 pasando por el cantón Catamayo hasta el destino deseado, con una duración de 13 horas y 53 minutos y un recorrido de 798 km

5.1.3. Clima

El clima considerado para la zona directa de influencia del área de estudio es de tipo Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo. Los valores de las isoyetas varían desde 1100 mm (parte noreste) hasta 1.400 mm. (parte noroeste) corroborado según los datos de la estación meteorológica más cercana al sector (estación El Almendral – Granja Almendral). Además se tiene un régimen de lluvias comprendidas entre diciembre y mayo y la temperatura fluctúa

desde los 16 °C hasta los 22 °C con una temperatura media anual de 19 °C (PDOT, 2015 - 2019).

5.1.4. Hidrografía

La zona de estudio se encuentra en la sub-cuenca hidrográfica del río Playas, que a su vez forma parte de la cuenca del río Catamayo, el río Playas es el cauce hidrográfico Paltense por excelencia, nace y muere en el cantón Paltas, con unos 40 Km. de longitud riega aproximadamente unas 400 hectáreas de terreno fértil antes de depositar sus aguas en el río Catamayo. Todas las aguas provenientes o que circulan por esta zona se escurren a través de un sistema de drenaje dendrítico, característico de ríos de alta montaña, genéticamente en estado juvenil, y de valle en las partes bajas y planas donde el río llega a su estado de semimadurez. El destino final de estas aguas es en el río Catamayo- Chira y océano pacífico, por lo tanto, son cuencas exorreicas. Las principales quebradas existentes en el sector son: quebrada Mitingay, quebrada el Chombo, quebrada del Payano, quebrada del Calabozo, y quebrada de Quiróz (PDOT, 2015 - 2019).

5.1.5. Contexto geológico

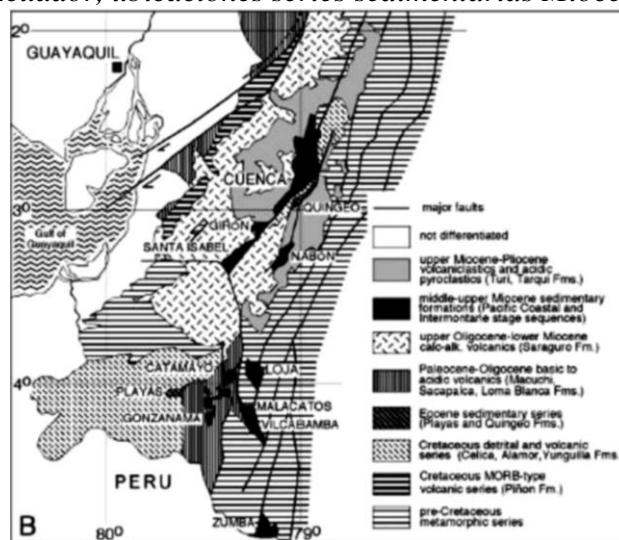
5.1.5.1. Geología Histórica

Los Andes Ecuatorianos forman parte de la cadena montañosa de los Andes del Norte, situados al norte de la deflexión de Huancabamba. Lo que distingue a los Andes del Sur de los Centrales es la historia de acumulación de elementos oceánicos y de arco a lo largo del Mesozoico y Cenozoico (Hungerbühler y otros, 2002).

En el Ecuador, la evolución geológica se remonta al precámbrico, y durante el Ordovícico-Carbonífero, el cratón sudamericano sirvió como basamento sobre el cual se depositaron rocas de bajo grado metamórfico en una cuenca ensiálica (Litherland, Aspend y Jemielita, 1994). En el Paleoceno-Eoceno, se formó un arco volcánico de composición andesítica en un contexto de volcanismo continental (Kennerly, 1973) y en el Oligoceno, se produjo un cambio en el tipo de volcanismo hacia un ambiente más ácido, denominado evento Saraguro.

Figura 5

Geología del Sur del Ecuador, ubicaciones series sedimentarias Miocénicas



Nota. Tomado de Hungerbühler, y otros (2002)

En el Neógeno durante el Mioceno, localmente se forman cuencas sedimentarias, interpretadas como planicies costeras y zonas de transición marina (Hungerbühler, y otros, 2002). En la sierra se desarrollaron algunas cuencas o depresiones como: Cañar, Girón-Santa Isabel, Nabón, Loja, Vilcabamba-Malacatos, Catamayo Gonzanamá, Quingeo, Playas y Zumba estas series sedimentarias Neógenas descansan sobre rocas volcánicas o basamento metamórfico y fueron depositadas en dos etapas:

- Subsistencia extensional en la región interandina produciendo un ambiente Pacífico costero durante el Mioceno Medio a Tardío (15-10 Ma.)
- Inversión tectónica que inició en una compresión orientada E-W controlada por la colisión y acoplamiento de la Cordillera de Carnegie en el margen costero ecuatoriano desde 15-9 Ma.

5.1.5.2. Geología Regional

El cantón Paltas se encuentra ubicado sobre las cuencas sedimentarias Catamayo-Gonzanamá y Río Playas, las cuales se caracterizan por tener sedimentos marinos de edad miocénica, así como sedimentos volcánicos procedentes de la formación Loma Blanca y Volcánicos de Sacapalca (Cornejo Aguilar, 2016). Los volcánicos Saraguro es la continuación de los volcánicos Sacapalca, estas dos formaciones son características para la evolución orogénica de todo el cinturón de los Andes Centrales.

5.1.5.3. Litoestratigrafía

Formación Punta Piedra:

Correspondiente al Cretácico Inferior, se conforma principalmente de basaltos de afinidad toleítica y gabros en menor proporción. Los basaltos ocurren como mantos masivos fracturados de color negro verdoso, textura afanítica, contienen principalmente plagioclasa, piroxeno y olivino. Los gabros, se encuentran junto con los mantos lávicos y constituyen cuerpos intrusivos pequeños de color negro y textura fanerítica (Egüez & Poma, 2001).

Formación Celica:

Se redefine como una secuencia volcanoclástica, intercalada con mantos de lava de composición basáltico-andesítica. Las facies volcanoclásticas se encuentran conformadas por hialoclastitas o brechas volcánicas submarinas, contienen fragmentos de rocas volcánicas de composición básica-intermedia de color rojizo dentro de una matriz lávica de textura afanítica con gran cantidad de vidrio volcánico (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Bramadeos

Fue definida en base a las facies litológica, a su posición estratigráfica y a la importancia en la magnitud de los afloramientos encontrados en el sector de Bramaderos, de donde toma su nombre, extendiéndose hacia el Puente de Río Playas polimícticos bien consolidados, tobas de color café, grauvacas y esporádicamente con intercalaciones de lavas de composición basáltico-andesítica de textura porfirítica, se le asigna una edad Albiano-Cenomaniano (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Casanga

Esta unidad se extiende la parte occidental de la cuenca del Río Playas. Las rocas de este tipo de unidad se encuentran en la entrada a Guaypira, al Noroeste del sector El Naranjo. La secuencia comprende principalmente capas decimétricas bien estratificadas y plegadas de conglomerados, micro conglomerados de color café verdoso, areniscas y en menor proporción limolitas pardas, en capas de diferente consolidación, comúnmente estas rocas se encuentran cizalladas y con material calcáreo rellenando las fracturas (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Ciano

Consiste de capas bien estratificadas de lutitas, limolitas, arcillolitas y areniscas. Las lutitas, limolitas y arcillolitas son de color verde y negro, ocurren en capas centimétricas, finamente laminadas, contienen mayormente granos de plagioclasa y esporádicos granos de cuarzo, además de esporádicos líticos volcánicos, clorita, epidota, circón y minerales opacos (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad El Fundo

Se le define como una unidad que constituye remanentes del relleno de una microcuenca. Contiene conglomerados mal clasificados, areniscas limolitas y lutitas poco consolidados, con estratificación subhorizontal a horizontal en capas decimétricas de tonalidades crema, púrpura y gris, los flujos de lodo están conformados en un 70% por matriz limo arenosa y 30% de clastos de composición andesítica subangulares de diferente tamaño, que van desde centímetros a decímetros (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Yunguilla

La secuencia consiste de rocas sedimentarias turbidíticas, bien estratificadas, finogranulares, carbonatadas y muy deformadas. Las litologías incluyen areniscas calcáreas, limolitas y lutitas negras que ocurren en capas centimétricas con rumbo preferencial E-O buzando al N. Las rocas presentan fracturamiento astilloso y localmente tienen el aspecto de pizarras (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Iguinda:

La unidad está representada por rocas sedimentarias calcáreas fino-granulares como lutitas, limolitas y areniscas finas de color negro bien estratificadas. Hacia el este las capas de estos sedimentos se vuelven más frecuentes y potentes, llegando a formar una secuencia de varias decenas de metros cerca de la población de Iguinda (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Chaguarpamba:

Está compuesta por una secuencia de rocas verdes de grano fino a medio, generalmente estratificadas, incluye tobas arenosas, aglomerados finos y lentes subordinados de lutitas y limolitas, de origen volcano-sedimentario (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad la Ramada:

La litología se compone de una secuencia de tobas aglomeráticas grises, intercaladas con areniscas de color gris claro y café, y grauvacas parduzcas. La secuencia se encuentra cubierta por una gran cantidad de vetillas de calcita y cuarzo dando un aspecto blanquecino en superficie (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Naranjo:

La secuencia comprende principalmente una intercalación de conglomerados finos de color gris con presencia de fósiles, areniscas doradas calcáreas, limolitas de color café verdoso y lutitas de color marrón y crema bien estratificadas (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Unidad Changaimina:

La secuencia comprende principalmente lavas andesíticas que en ciertos casos toman la forma de domos de afinidad calco-alcalina, textura porfirítica, de color gris y púrpura; esporádicamente se encuentran brechas de tonalidad verdosa (*Hoja geológica Cariamanga*, 2012).

Unidad La Cruz:

Se conforma por aglomerados gruesos, groseramente estratificados, brechas con clastos de lavas andesíticas, grises y púrpuras y tobas aglomeráticas. Los aglomerados presentan un alto porcentaje de clastos de lavas y tobas de cristales de diámetro decimétrico en una matriz de ceniza gruesa. Por correlaciones estratigráficas se le atribuye al Paleoceno Medio (*Hoja geológica Cariamanga*, 2012).

Unidad San Vicente:

Comprende rocas volcanosedimentarias, depositadas en una llanura de inundación cuyas litologías principales consisten de limolitas tobáceas, pasando a tobas, tobas de lapilli e ignimbritas de composición andesítica de tonalidades grises, areniscas volcánicas finas, estratificadas de coloración verde claro, violeta, amarillo o marrón; en menor proporción se encuentran aglomerados y esporádicos conglomerados mal clasificados con clastos de rocas volcánicas de composición andesítica de color gris, púrpura y verdoso (*Hoja geológica Cariamanga*, 2012).

Unidad Catacocha:

Se compone de aglomerados, brechas y tobas masivas de color gris, púrpura y marrón amarillento, de composición intermedia a ácida cortada por diques ácidos. Dentro de la secuencia se encuentran intercalaciones de conglomerados mal clasificados, flujos laharíticos distales y areniscas tobáceas (*Hoja geológica Cariamanga*, 2012).

Formación Río Playas:

Se conforma de areniscas de grano grueso con estratificación cruzada, conglomerados mal clasificados poco consolidados y alterados de tonalidades amarillentas y rojizas, que contienen clastos bien redondeados de lutitas negras, andesitas y cuarzo-arenitas. Estos conglomerados se encuentran generalmente alternando con areniscas gruesas semiconsolidadas y limolitas en menor cantidad (*Hoja geológica Cariamanga*, 2012).

Depósitos Coluviales:

Se trata de depósitos agradacionales acumulativos formados por material meteorizado y bloques angulosos de rocas volcanosedimentarias, transportadas por acción de la gravedad hacia el pie del talud (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Depósitos Aluviales:

Se presentan en las riberas de los ríos Playas y Catamayo, además de importantes quebradas que alimentan los drenajes principales. Están compuestos por bloques, cantos rodados, gravas redondeadas y arenas sub-redondeadas de rocas ígneas y sedimentarias (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Dioritas:

Se encuentran bordeando la parte norte de la granodiorita de Tangula, en la zona sur del área de estudio. Se determinan por ser rocas masivas fuertemente diaclasadas, de color gris oscuro, con una textura alotriomórfica con cristales de plagioclasa y anfíbol, que localmente presenta alteración propilítica (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Granodiorita Tangula:

La Litología dominante es una granodiorítica hornbléndica de color gris-rojizo y grano grueso. En láminas delgadas se observa textura hipidiomórfica, compuesta básicamente de 38 feldespato de potasio, plagioclasas, cuarzo, biotita y hornblenda en menor cantidad. Es común encontrar la granodiorita de color gris claro alterada y transformada en una arena de grano grueso (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

Pórfido Diorítico:

Cuerpos subvolcánicos dioríticos, definidos como antiguas chimeneas volcánicas que han conservado sus geoformas de lomas puntiagudas en ocasiones redondeadas sobresalen por toda la hoja de Cariamanga y se encuentran constituidos por dioritas de textura porfirítica (*Hoja geológica Cariamanga, 2012*).

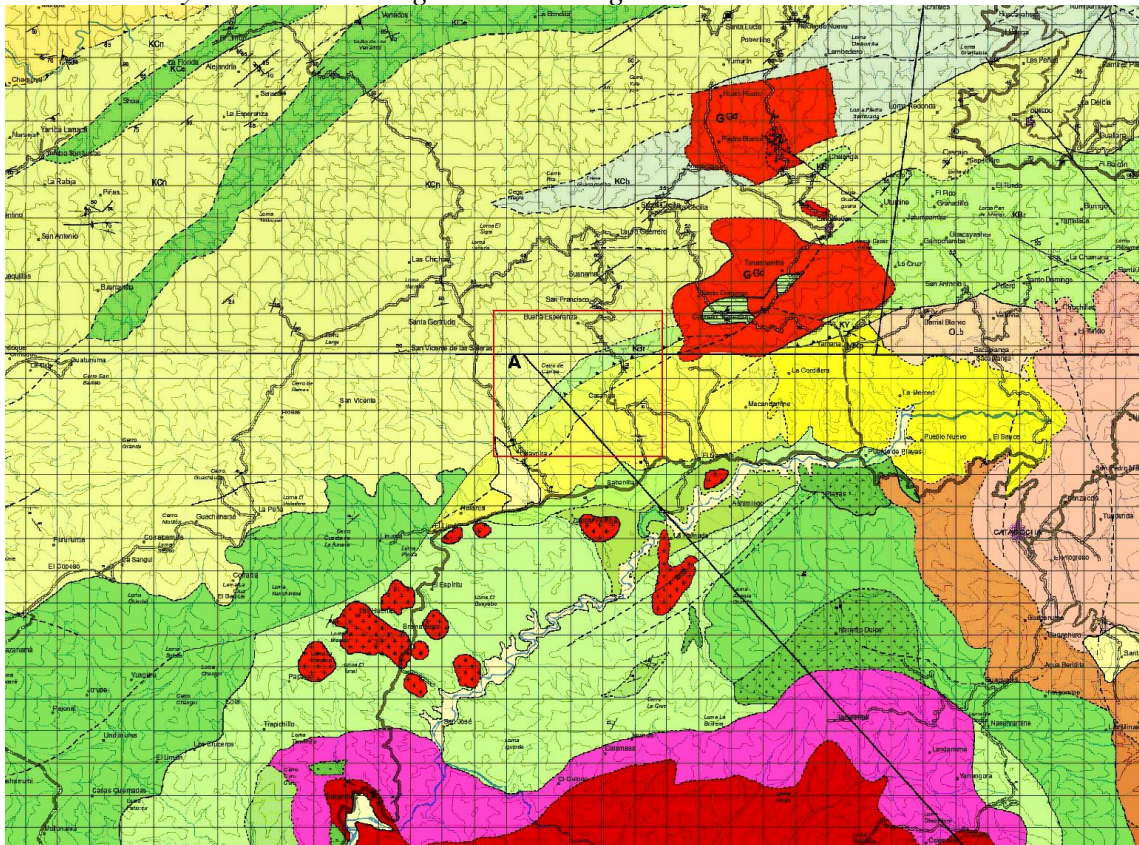
5.1.6. Geomorfología

La geomorfología de la zona de estudio es muy irregular presentando altitudes que van desde los 400 m.s.n.m., hasta altitudes de 308.7 m.s.n.m. representadas por sus principales montañas, como lo son El Guachaurco, El Pisaca, El Congo y El Pilapila. El cantón Paltas se caracteriza por poseer relieves montañosos y colinados muy altos en la parte occidental y oriental, ligados litológicamente al intrusivo granodiorítico Tangula, la formación Ciano y Celica, relieves ondulados y colinados bajos a medios con cimas redondeadas y vertientes

convexas ligados a la formación Río Playas, terrazas bajas, medias, altas y valles fluviales, ubicados en los márgenes de los ríos Playas, Puyango y Catamayo (Prefectura de Loja, 2019)

Geomorfológicamente están formados por vertientes abruptas, superficies onduladas, relieves colinados ondulados, muy bajos, bajos, medios, altos, muy altos y montañosos, donde la pendiente varía del 12 al 70 %, se encuentran asociados a afloramientos de la Serie Tahuín, Formación Celica, Formación Ciano, Formación Zapotillo, Volcánicos de Sacapalca, Formación Río Playas y Batolito Tangula (Angamarca Angamarca, 2020)

Figura 6
Formaciones y Unidades Geológicas a nivel regional



Fuente: Tomado de *Hoja geológica Cariamanga* (2012)

5.2. Materiales

5.2.1. Materiales y equipos de oficina

- Laptop
- Impresora
- Microsoft Office 2010
- Implementos varios de oficina
- Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de Paltas 2019-2023

- Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de la Parroquia Casanga 2015-2019

5.2.2. *Materiales y equipos de campo*

- Brújula
- GPS
- Martillo Geológico
- Pala
- Barreta
- Lupa
- Cinta Métrica
- Libreta de campo
- Esferográficos, lápices, marcadores, etc.
- Fichas de afloramientos
- Implementos para la recolección de muestras
- Etiquetas para las muestras tomadas

5.2.3. *Materiales y equipos de laboratorio*

- Medidor de pH
- Horno
- Balanza
- Tamices
- Aparejo mecánico “Casa Grande”
- Hidrómetro
- Cuchillo
- Ranurador
- Lámina de vidrio
- Contenedores
- Mortero

5.2.4. *Materiales de geoprociamiento*

- Software ArcGIS 10.4.1
- Software AutoCAD (licencia para estudiantes)
- Software Google Earth
- Carta Topográfica NVIII-A1 Celica a escala 1:50000
- Carta Topográfica NVIII-A2 Catacocha a escala 1:50000

- Carta Topográfica NVIII-E3 Lauro Guerrero a escala 1:50000
- Carta Topográfica NVI-E4 Chaguarpamba a escala 1:50000
- Mapa Geológico de la República del Ecuador, a escala 1:1000000 – 2019
- Mapa Geológico Gonzanamá – Paltas, a escala 1:500.000 – 2017
- Mapa Geológico del cantón Paltas, a escala 1:200.000 – 2014
- Hoja Geológica de Cariamanga a escala 1:100000 – 2012

5.3.Métodos

Para el desarrollo del presente proyecto se usó el método deductivo, llevando a cabo una investigación cuantitativa con enfoque mixto y diseño de investigación correlacional usando un muestreo aleatorio estratificado en los afloramientos representativos de la parroquia Casanga, se determinó aquellos que tuvieron al menos un estrato de material arcilloso, de estos se tomó muestras y se procedió a evaluar los contenidos de arcillas para la clasificación correspondiente con el objetivo de correlacionar las zonas en las que se encontró el mineral, y definir, dentro del polígono, micro zonas con propiedades similares que permitieron la elaboración un mapa que contiene la información generada en el área estudiada, a escala 1:50000.

5.4.Metodología

5.4.1. Metodología para el objetivo 1

Elaborar un mapa litológico de los materiales que se encuentran en la parroquia Casanga a escala 1:50000

Recopilación de la información bibliográfica.

Este primer paso consistió en la búsqueda de información relevante acerca del lugar de estudio, es decir información de los levantamientos previos que se hayan realizado ya sea geológica o topográfica, para esto se tomó en cuenta las siguientes cartas, actualizadas a 2013:

- Carta Topográfica NVIII-A1 Celica a escala 1:50000
- Carta Topográfica NVIII-A2 Catacocha a escala 1:50000
- Carta Topográfica NVIII-E3 Lauro Guerrero a escala 1:50000
- Carta Topográfica NVI-E4 Chaguarpamba a escala 1:50000

Y para los mapas Geológicos se hizo uso de la siguiente información:

- Mapa Geológico de la República del Ecuador, a escala 1:1 000 000 – 2019
- Mapa Geológico Gonzanamá – Paltas, a escala 1:500.000 – 2017
- Mapa Geológico del cantón Paltas, a escala 1:200.000 – 2014
- Hoja Geológica de Cariamanga a escala 1:100000 – 2012

Elaboración del mapa de curvas de nivel. Usando las cartas topográficas antes mencionadas se relacionaron las curvas de nivel, se unieron a fin de completar la zona con el polígono de interés, para esto se usó el software ArcGIS con todas sus herramientas.

Luego de tener esta información se seleccionó 4 puntos de control en la carta, estos fueron: tres diferentes escuelas y una iglesia. Estos puntos se levantaron en campo, usando un navegador GPS portátil para obtener las coordenadas y la elevación, luego se procesó esta información con el software ArcGIS 10.4.1 y se sobrepuso los datos obtenidos de las cartas, con los puntos de control, de esta manera se relacionó sus propiedades en las dos fuentes de información (bibliográfica y campo) y se comprobó que la información es concordante a la realidad y corresponde al lugar y sus características.

Finalmente se elaboró el mapa topográfico a escala 1:50000 en formato A4 con Datum WGS84 usando la información comprobada de las cartas NVIII-A1 y NVIII-E3, y empleando el software mencionado anteriormente.

Levantamiento litológico.

Como antecedentes se tomó la información del mapa geológico del cantón Paltas (2014), del mapa geológico Gonzanamá – Paltas (2017) y la hoja geológica Cariamanga a escala 1:100000 (2012).

Como punto de partida se realizó la fotointerpretación de la litología de la zona utilizando ortofotos del año 2011 que fueron facilitadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), las hojas geológicas de Zaruma y Cariamanga a escala 1:100000 y la carta topográfica de Celica a escala 1:50000, así como información bibliográfica de hidrología y geomorfología de la zona. Con esto se analizó la zona por drenajes y texturas para definir las litologías presentes haciendo uso de la metodología propuesta por López Vergara, en su Manual de fotogeología (1978).

El levantamiento litológico se realizó mediante visitas de campo que corroboraron la información previa del sector, constatando la presencia de los materiales que se indicaban en los registros de referencia. En esta actividad también se reconocieron los afloramientos de la zona que contaron con estratos o lentes de material arcilloso (identificados mediante un control básico por atributos), para organizar la información obtenida en campo se llenó la ficha de afloramientos.

Con esta información correlacionada, se generó un mapa de litología local a escala 1:50000 en formato A4 referenciado espacialmente con el DATUM WGS84 UTM zona 17S, usando el Manual de geología estructural, interpretación y elaboración de mapas geológicos de

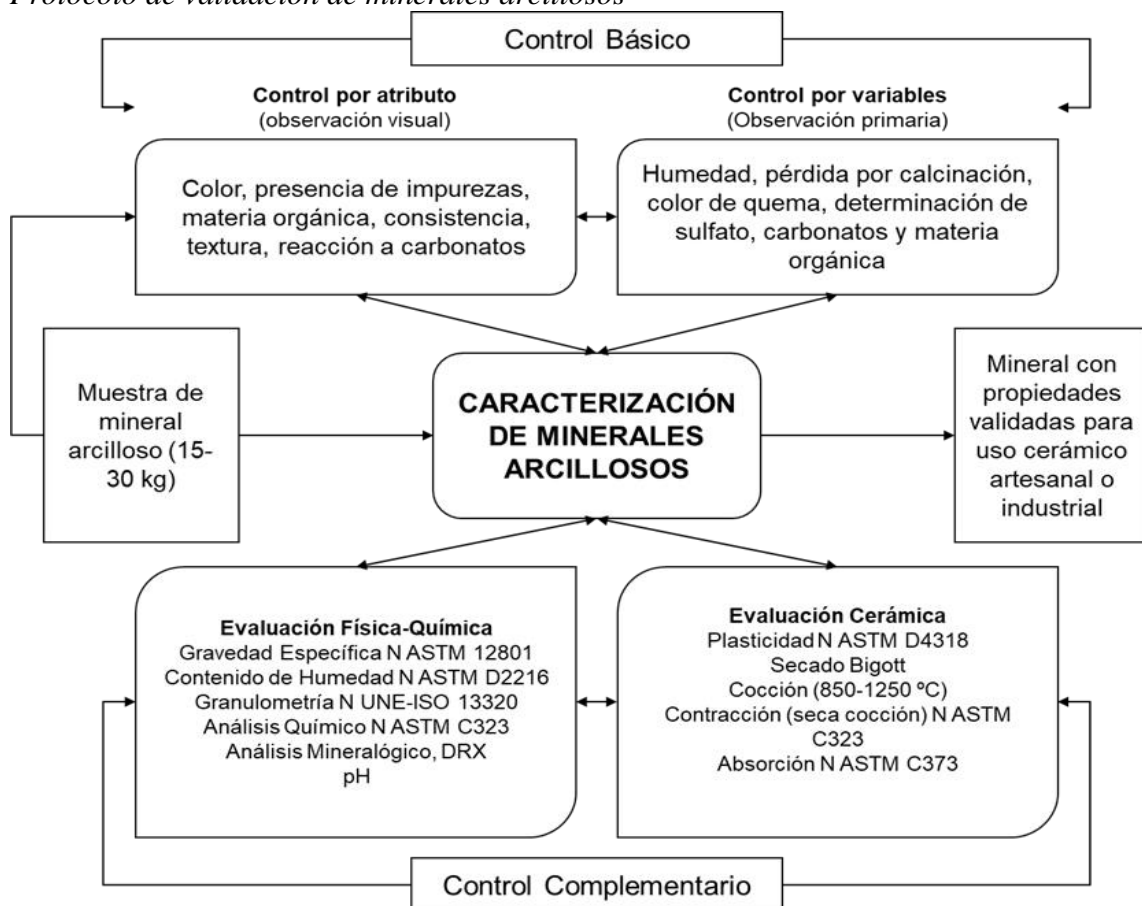
Camargo (2004), y los Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica del IIGE (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019)

Luego se tomó como referencia los afloramientos que se catalogaron de interés, durante el levantamiento litológico, es decir aquellos que mediante la observación visual presentaron materiales arcillosos, como mínimo en un lente o un estrato.

Para la identificación de las arcillas, así como su muestreo y caracterización, se tomó como referencia el Protocolo de validación de minerales arcillosos para uso cerámico artesanal o industrial, propuesto por Uribe et al. (2019), en su artículo llamado “Minerales Arcillosos del Ecuador. Protocolo de Categorización Cerámica: Una Revisión”.

Figura 7

Protocolo de validación de minerales arcillosos



Nota. Modificado de (Uribe et. al, 2020)

En primera instancia se identificó las arcillas mediante un control básico, se analizó las propiedades aplicando la observación visual y primaria, así se verificó la presencia de minerales arcillosos dentro de los afloramientos y se contabilizó el número de afloramiento y su distribución dentro del polígono.

5.4.2. Metodología para el objetivo 2

Identificar las características mineralógicas y mecánicas de los minerales arcillosos presentes en la zona de estudio

Muestreo de Arcillas.

Una vez que se logró identificar los sectores que contaron con presencia de arcillas se determinó 4 afloramientos a muestrear, en los cuales se realizó una calicata de 1.5 m de profundidad para la extracción del material.

Para esta actividad se tomaron muestras en las que se realizó un control complementario que abarcó todas las propiedades que sirvieron para su clasificación, esto fue la evaluación mineralógica y la evaluación cerámica, para lo cual se obtuvo de 15 a 30 Kg de material arcilloso de cada afloramiento muestreado, cuidando el almacenamiento adecuado y marcando con la etiqueta para el código de muestras que garantizó la organización de las mismas.

Ensayos de laboratorio.

Después de que las muestras fueron recolectadas de las 4 zonas seleccionadas, se realizó los ensayos de laboratorio correspondientes a contenido de humedad, gravedad específica, plasticidad, granulometría, contracción lineal, color, absorción de agua, densidad, porosidad y gravedad específica aparente, pH y conductividad, en el laboratorio de Química y Materiales de Construcción de la Universidad Nacional de Loja, siguiendo las normas correspondientes.

Contenido de Humedad. (ASTM D2216).

Las muestras se pesaron, se secaron a 110°C, se enfriaron y se pesaron nuevamente. el contenido de humedad resultante se expresó como porcentaje del peso sobre la muestra seca, para obtener el valor se usó la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ph} * 100$$

Donde:

CH: Contenido de humedad

Ph: Peso húmedo

Ps: Peso seco

Figura 8

Peso seco de las muestras



Densidad relativa – gravedad específica. (ASTM D2049)

1. Se pesó un matraz volumétrico de 250ml, limpio y seco.
2. Se colocó dentro del matraz 30 gr de la muestra, tamizada por el tamiz y se pesó

Figura 9

Peso de 30 gramos muestra (AF26M01)



3. Aforado con agua destilada se pesó el matraz.
4. Se mezcló los 120g de muestra con agua y se aforó el matraz para pesarlo nuevamente.

Figura 10

Peso del picnómetro más muestra (AF26M01)



Plasticidad - Límites de Atterberg. (ASTM D4318)

La plasticidad se cuantificó mediante la determinación de los índices de Atterberg, Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad. Para este ensayo se tamizó cada muestra a través de la malla No. 40.

Figura 11

Preparación de la muestra



Límite Líquido.

1. 150-200 g de material pasante del tamiz N° 40 se ubicaron en un vaso de precipitación, donde se agregó agua hasta obtener una masa fácilmente moldeable
2. En el fondo de la copa del aparato "Casa Grande" se ubicó una porción de la pasta de suelo, hasta que tuvo un espesor de aproximadamente 1 cm, y se alisó con el cuchillo la superficie de la muestra.
3. Con el ranurador y en sentido longitudinal se cortó en dos partes iguales la pasta de suelo, de tal manera que quedaron separadas aproximadamente 2 mm en el fondo de la copa.

Figura 12

Ubicación de la muestra en la copa del aparato Casa Grande



4. Se activó el mecanismo del aparato a una velocidad aproximada de dos revoluciones por segundo (golpes), hasta lograr que las dos porciones se unan.
5. Se buscó entrar en los tres rangos de golpes, cuando se alcanzaron, se pesó la porción unida y se trasladó a una estufa (110 °C) hasta obtener el porcentaje de humedad del suelo.

Tabla 4

Rangos que alcanzar para el límite líquido

Rango	Golpes
1	25 – 35
2	20 – 30
3	15 – 25

Para los cálculos se usó la siguiente fórmula en cada rango

$$LL = \frac{PH - PS}{PS - PC} * 100$$

Donde:

LL = Límite Líquido

PH = Peso Húmedo del suelo

PS = Peso Seco del suelo

PC = Peso de la Cápsula

Límite Plástico

1. Se tamizó 15-20 g de suelo por 2 mm de abertura.
2. Se amasó y formó cilindros de 3 mm de diámetro, aproximadamente. Deslizándolo con la mano sobre un vidrio el cilindro de suelo. En el momento en que se produjo su resquebrajamiento, se determinó la humedad del suelo, pesando la muestra húmeda y secándola 24 horas a 110°C.

Figura 13

Rollos para determinar el límite plástico



Una vez obtenidos los datos se procedió a hacer los cálculos usando la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{PH - PS}{PS - PC} * 100$$

Donde:

LP = Límite Plástico

PH = Peso Húmedo del suelo

PS = Peso Seco del suelo

PC = Peso de la Cápsula

3. Se promedió los 3 resultados obtenidos por cada una de las muestras

Finalmente, para obtener el Índice de plasticidad se restó los valores del límite líquido y plástico por cada muestra, además con ese valor se calculó el valor teórico correspondiente a la contracción lineal usando la siguiente fórmula

$$CL = \frac{IP}{2.13}$$

Donde:

CL = Contracción Lineal

IP = Índice de Plasticidad

Granulometría (ASTM, 136 – 01).

Materiales y Equipos:

- Balanza. Capacidad de 1Kg y 0.1g de precisión.
- Juego de mallas o tamices No 16, 30, 50, 100 y 200, charola de fondo y tapa.
- Charola
- Recipiente
- Brocha de cerda y cepillo de alambre.
- Agitador mecánico de mallas
- Brocha pequeña.
- Horno
- Agua

Procedimiento:

1. Se tomó una cantidad representativa de cada muestra, en este caso al ser material fino se consideró un mínimo de 300 gramos por cada una

Figura 14

Preparación de las muestras



2. Se pesó las muestras y luego se procedió a dejarlas en un recipiente con suficiente agua para cubrir las totalmente

Figura 15

Saturación de la muestra



3. Luego de un periodo de saturación se disgregó la muestra manualmente en el agua, tratando de separar el material

Figura 16

Lavado de las muestras



4. Se vertió la solución en la malla N° 200 y bajo un suave chorro de agua se lavó la muestra dejando pasar todo el material que se disolvió lo suficiente para no ser retenido en el tamiz

Figura 17

Material lavado y retenido en el tamiz N° 200



5. Una vez que el agua ya no tuvo color ni sedimentos la muestra retenida se secó en el horno durante 24 horas
6. Posteriormente la muestra seca se hizo pasar por los diferentes tamices de granulometría de suelos dispuestos de mayor a menor abertura mediante agitación.

Figura 18

Tamizaje de la muestra empleando un agitador mecánico



7. Por último, se pesó el material retenido en cada tamiz para determinar el porcentaje de material que queda retenido por malla. A partir de estos datos se confeccionó las curvas granulométricas (Figura 1. Curva Granulométrica).

Figura 19

Peso del material retenido en cada tamiz



El análisis granulométrico proporcionó los porcentajes en peso de los diversos tamaños de las partículas por lo que se obtuvo el porcentaje de finos (arcillas y limos) que es el porcentaje que pasó por el tamiz número 200 de la serie ASTM.

De igual forma se determinó el porcentaje de la fracción gruesa (gravas) mediante el tamiz n°10 ASTM y el porcentaje de arena fue el comprendido entre los dos tamices anteriores.

Análisis granulométrico, método del hidrómetro. (ASTM D 422 – 63)

Materiales y Equipos

- Agitador mecánico
- Agitador manual
- Hidrómetro 152H

- Probeta de sedimentación
- Termómetro
- Vasos de Precipitación
- Cronómetro
- Agente dispersante

Procedimiento

1. Se tomaron 50gr de finos de cada muestra y se dejaron saturar en un frasco con 125 ml. de una solución de hexametáfosfato de sodio al 4% durante 24 horas

Figura 20

Saturación de las muestras



2. Se calibró el hidrómetro a utilizar en la prueba.

Figura 21

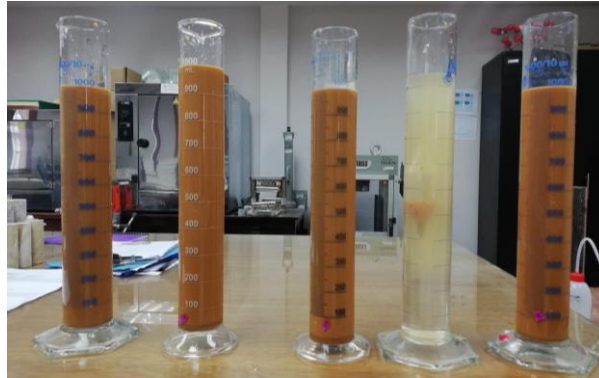
Corrección de la lectura del hidrómetro



3. En un mezclador mecánico se revolvió la suspensión formada anteriormente.
4. Se vertió la suspensión en una probeta y se agregó agua destilada hasta la marca de 1000 cm³.

Figura 22

Muestras en suspensión



5. Se agitó manualmente durante un minuto, haciendo movimientos verticales
6. Se colocó cuidadosa, pero rápidamente la probeta en una mesa firme, se puso en marcha el cronómetro y poco a poco se sumergió el hidrómetro hasta que comenzó a flotar. Se tomaron lecturas en el hidrómetro a los 1, 2, 5, 15, 30, 60, 120, 240, 480, 1440 y 2880 minutos, al igual que la lectura del termómetro.

Figura 23

Lectura del hidrómetro y termómetro



Cálculos

En el ensayo se necesitaron hacer 3 correcciones esenciales, estas son: por temperatura, por defloculante y por menisco, al aplicar todas las correcciones tuvimos lo que se conoce como corrección compuesta.

La primera corrección consistió en la diferencia de temperatura (C_t) entre lecturas que resultó en variaciones en las medidas tomadas por el hidrómetro, en la tabla 5 se muestran los datos que se usó para corregir cada lectura, dado que las temperaturas no fueron exactas se interpolaron los valores para corregir las lecturas sumando y restando los valores según fue el caso.

Tabla 5*Valores de Ct para diferentes temperaturas*

Temp °C	Hidrometro Graduado (Ct)	
	Densidad (g/cm ³)*10 ⁻³	
	HID 151H	HID 152H g/l
10	-1.3	-2
11	-1.2	-1.9
12	-1.1	-1.8
13	-1	-1.6
14	-0.9	-1.4
15	-0.8	-1.2
16	-0.6	-1
17	-0.5	-0.8
18	-0.3	-0.5
19	-0.2	-0.3
20	0	0
21	0.2	0.3
22	0.4	0.6
23	0.6	0.9
24	0.8	1.3
25	1	1.7
26	1.3	2
27	1.5	2.4
28	1.8	2.9
29	2	3.3
30	2.3	3.7

Para la corrección por defloculante se hizo un procedimiento manual, previo a iniciar con el ensayo se realizó una medida con el hidrómetro en la probeta de sedimentación con agua destilada y luego se adicionó la cantidad de defloculante correspondiente al ensayo y se midió nuevamente, la diferencia entre las dos marcas resultó en la corrección a realizar en todas las lecturas.

Finalmente, la corrección por menisco se refirió al error al leer el hidrómetro debido a la curvatura que marcaba el agua, por tanto, se realizó una lectura inicial, diferenciando la lectura correcta y la ocasionada por el menisco, este valor también se agregó a las lecturas obtenidas.

Todas estas correcciones adicionadas o diferenciadas según fue el caso, dieron como resultado la corrección compuesta que es el valor que se usó para los cálculos posteriores.

Seguidamente para el porcentaje de suelo que queda en suspensión al momento de la lectura del hidrómetro se hizo uso de la siguiente ecuación

$$P = \frac{Ra}{W} * 100$$

Donde:

a: Factor de corrección a ser aplicado a la lectura de hidrómetro 152H

R: Lectura del hidrómetro con la corrección compuesta

W: Masa de suelo ensayada por masa de suelo dispersada

Para el cálculo del factor de corrección *a* se tomó en cuenta la gravedad específica (*G_s*) de cada muestra y se empleó la siguiente ecuación que permitió trabajar con los valores de densidad que tuvieron las muestras analizadas

$$a = \frac{1.65 * G_s}{(G_s - 1) * 2.65}$$

Finalmente se requirió obtener el diámetro de las partículas de suelo en cada lectura, para esto se usó la formula descrita a continuación.

$$D = \sqrt{\frac{30n}{980(G - G_1)}} * \frac{L}{T}$$

Donde:

D: Diámetro de partícula, mm

n: Coeficiente de viscosidad del medio de suspensión medido en poises (agua)

L: Distancia en centímetros desde la superficie de la suspensión al nivel en el cual la densidad de la suspensión está siendo medida

T: Intervalo de tiempo desde el comienzo de la sedimentación a la toma de la lectura, en minutos

G: Gravedad específica de partículas de suelo

G₁: Gravedad específica del medio en suspensión

El cálculo de (*n*) se dio obteniendo las temperaturas de cada medida e interpolando cual fue el coeficiente de viscosidad del agua a esa temperatura.

Para obtener la profundidad específica (*L*) en cm, se trabajó con la siguiente fórmula

$$L = L_1 + \frac{1}{2} \left(L_2 - \frac{V_B}{A} \right)$$

Donde:

L₁: Distancia a lo largo del vástago del hidrómetro desde la parte superior del bulbo a la marca para una lectura de hidrómetro, cm.

L₂: Longitud general del bulbo del hidrómetro, cm

V_B : Volumen del bulbo del hidrómetro, cm^3

A: Área de sección transversal del cilindro de sedimentación, cm^2

Los valores usados para estos datos fueron tomados y calculados de los equipos empleados.

Tabla 6

Valores obtenidos para el cálculo de profundidad específica

L_1	10.5 cm (lectura de 0gr/litro)
$L_{1.1}$	2.3 cm (lectura de 50gr/litro)
L_2	14 cm
V_B	67.0 cm^3
A	28.57 cm^2

Nota. L_1 es la lectura desde la unión del bulbo hasta la lectura 0; $L_{1.1}$ es la lectura desde la unión del bulbo hasta la lectura de 50; L_2 la longitud de la sección de lecturas; V_B el volumen del bulbo del hidrómetro; A el área del vaso de precipitación.

Contracción lineal en seco y por quema (ASTM C 326-03).

Equipos y Materiales

- Tamiz No. 200
- Horno de Resistencias con control de Temperatura.
- Platos de aluminio y/o bandejas.
- Mortero
- Jarras Metálicas o plásticas de 1000 ml.
- Calibrador

Procedimiento

1. Se trituro la muestra en el mortero

Figura 24

Preparación de la muestra



2. Se pasó la muestra por el tamiz No. 200 y se obtuvo 100 gramos de material.

Figura 25

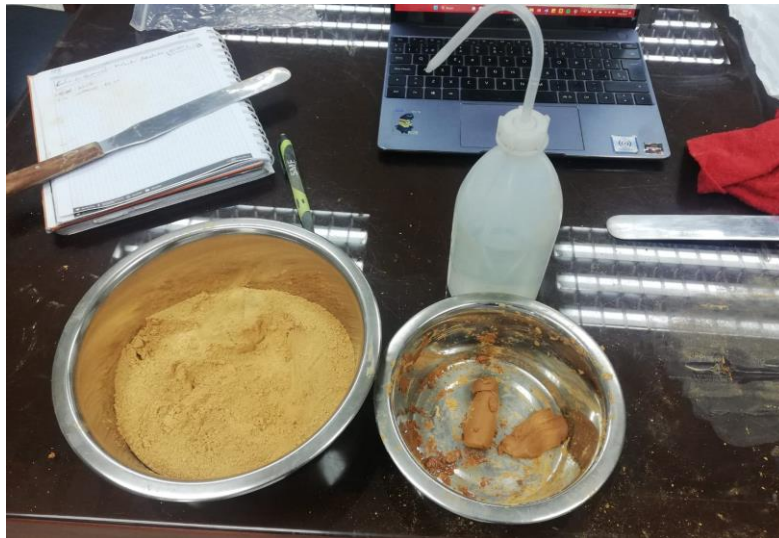
Tamizaje de las muestras



3. Se preparó una porción plástica que se mantuviera estable para modelar

Figura 26

Preparación de una masa consistente



4. Se formaron 5 barras redondas de 19 mm de diámetro y 127 mm de largo por muestra y en cada barra se marcó una línea de referencia de 102 mm con el calibrador

Figura 27

Medida de la línea plástica de referencia



5. Se dejó secar a temperatura ambiente por el lapso de 24 horas y se midió la longitud en los extremos marcados previamente.

Figura 28

Medición de la línea de referencia



6. Luego se los ingresó a la estufa a 105 °C por 24 horas más y se midió la longitud nuevamente

Figura 29

Secado de las muestras en la estufa



7. Seguidamente se pasaron las muestras a la mufla donde se simuló un proceso de quema de 9 horas
8. Finalmente se midió la línea de referencia con el calibrador

Cálculos

Se hizo uso de las siguientes fórmulas para el cálculo de contracción lineal en seco y por quema:

$$Sd = \frac{Lp - Ld}{Lp} * 100$$

$$Ss = \frac{Lp - Ls}{Lp} * 100$$

Donde:

Sd = % de contracción lineal en seco

Ss = % de contracción lineal por quema

Lp = Longitud plástica del espécimen.

Ld = Longitud seca del espécimen.

Ls = Longitud quemada del espécimen.

Además, se pudo calcular el factor de contracción dividiendo la longitud plástica para la longitud quemada

$$\text{Factor de contracción} = \frac{Lp}{Ls}$$

Donde:

Lp = Longitud plástica del espécimen.

Ls = Longitud quemada del espécimen.

Color en Seco y Quema.

Para identificar el color de las muestras en seco y quemadas, se hizo uso de la tabla de Munsell que presenta colores normados de acuerdo a 3 características Cromo, Brillo y Matiz de esta manera se asignó un color para las muestras secas y quemadas

Figura 30

Obtención del color en seco usando la tabla de Munsell



Método de absorción de agua. (ASTM C 373-88)

La norma aplicada está dirigida para productos cerámicos cocidos, por tanto, como preparación de la muestra, se elaboró esferas que fueron secadas y posteriormente cocidas a 1000 °C, simulando un proceso de quema de un producto elaborado con el material analizado.

Figura 31

Preparación y cocción de las muestras



Nota. Las muestras del lado izquierdo son muestras moldeadas y secadas al ambiente, mientras que en las muestras de la derecha "V" fue secada en la estufa a 105°C y "III" y "IV" muestras cocidas a 1000°C

Materiales y Equipos

- Balanza con precisión de 0.01 gr
- Horno

- Lazo
- Vaso de precipitación
- Agua destilada
- Mufla

Procedimiento

1. Se consideraron 5 esferas por muestra que se pesaron inmediatamente después de sacarse de la mufla, para asegurar que no contuviesen humedad
2. Luego se hirvieron durante 5 horas en agua destilada

Figura 32

Dos muestras hirviendo



3. Se saturaron 24 horas más en agua destilada

Figura 33

Saturación de las muestras cocidas



4. Al sacar las muestras del agua se usó un paño húmedo para retirar el exceso de agua y se tomó el peso saturado

Figura 34

Peso saturado de una muestra



5. Finalmente se aseguró un lazo en cada muestra y se colocó dentro de un vaso de precipitación lleno de agua destilada y de esta manera se obtuvo el peso sumergido

Figura 35

Peso sumergido de una muestra



Cálculos

Con los datos obtenidos de este ensayo se calculó varias propiedades que incluyeron la absorción de agua, volumen exterior, volumen de poros abiertos, volumen de porciones impermeables, densidad aparente, porosidad aparente y gravedad específica. Las siguientes fórmulas fueron usadas para los cálculos correspondientes.

$$A = \frac{M - D}{D} * 100$$

$$V = M - S$$

$$V_{op} = M - D$$

$$V_{ip} = D - S$$

$$P = \frac{M - D}{V} * 100$$

$$T = \frac{D}{D - S}$$

$$B = \frac{D}{V}$$

Donde:

A: Porcentaje de Absorción

V: Volumen Exterior

V_{op}: Volumen de poros abiertos

V_{ip}: Volumen de porciones impermeables

P: Permeabilidad aparente

T: Gravedad específica aparente

B: Densidad aparente

M: Peso saturado

D: Peso cocido

S: Peso sumergido

Determinación del pH. (ASTM D4972-19)

El método aplicado emplea un peachímetro:

1. Con 40 g de suelo y agua destilada se preparó una solución a relación 1:2.5

Figura 36

Solución 1:2,5 suelo agua



2. Se agitó la muestra haciendo uso del agitador magnético a 300 revoluciones por minuto, durante 1 minuto aproximadamente

Figura 37

Agitación de la muestra



3. El electrodo de pH se introdujo en la solución con cuidado en cada muestra y así se determinó el pH

Figura 38

pH de la muestra usando un peachímetro



4. Finalmente, en la misma solución se introdujo el electrodo del conductímetro para determina la conductividad.

Figura 39

Conductividad determinada por el conductímetro



La clasificación de las muestras dependió del valor obtenido para cada muestra y se hizo uso de la tabla 6 para darle la denominación correspondiente.

Tabla 7

Escala de clasificación de los suelos según su pH

pH	Clasificación
<4.5	Extremadamente ácido
4.6 – 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
6.1 – 6.5	Levemente ácido
6.6 – 6.9	Muy levemente ácido
7	Neutro
7.1 – 7.3	Muy levemente alcalino
7.4 – 7.8	Levemente alcalino
7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 – 9.0	Fuertemente alcalino
>9.0	Muy fuertemente alcalino

Nota. Medido en suspensión, relación suelo: agua 1:2.5. Tomado de (Cremona & Enriquez, 2020)

Finalmente se realizó la Difracción de Rayos X y Fluorescencia de Rayos X, para conocer la composición química y mineralógica respectivamente, estos ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Geoquímica Analítica de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Como resultado de esta fase se obtuvo las propiedades de las arcillas, conociendo su composición química/mineralógica y sus propiedades físico-mecánicas se determinó si son aplicables en un área productiva.

5.4.3. Metodología para el objetivo 3

Evaluar el uso de las arcillas de la parroquia Casanga de acuerdo a su clasificación industrial.

Luego de obtener tanto las zonas con arcillas dentro de la parroquia como la composición mineralógica y propiedades mecánicas, se organizó la información recolectada en una base de datos que muestra de manera general y se pueda correlacionar las propiedades obtenidas con las que definen su uso para la fabricación de productos cerámicos.

1. Se partió por organizar mediante Excel las muestras con todas sus propiedades obtenidas de acuerdo a cada ensayo.
2. Luego se agrupó de acuerdo a las similitudes en las propiedades entre diferentes muestras
3. Con la información se clasificó de acuerdo a las propiedades propuestas en las clasificaciones de las tablas 1, 2 y 3 que corresponden a las clasificaciones de acuerdo a sus minerales arcillosos (Galan Huertos, 1990), su composición

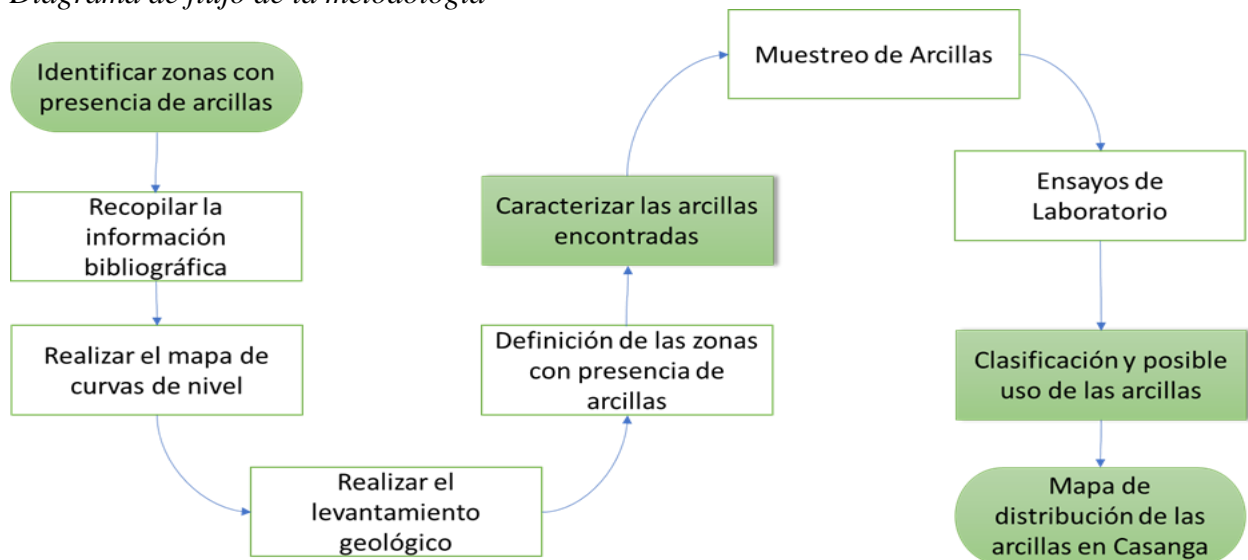
química (Parras, 2001) y sus propiedades industriales (de Pablo, 1964), respectivamente.

La clasificación de acuerdo a sus propiedades industriales (tabla 3) indicó el uso más adecuado para cada muestra ensayada, por tanto, el uso dentro de la industria cerámica fue determinado por esta última clasificación.

Finalmente, con toda la información se elaboró un mapa a escala 1:50000 especificando las zonas donde se presentan las arcillas, así como las propiedades que favorecen en su aplicación como materia prima.

Figura 40

Diagrama de flujo de la metodología



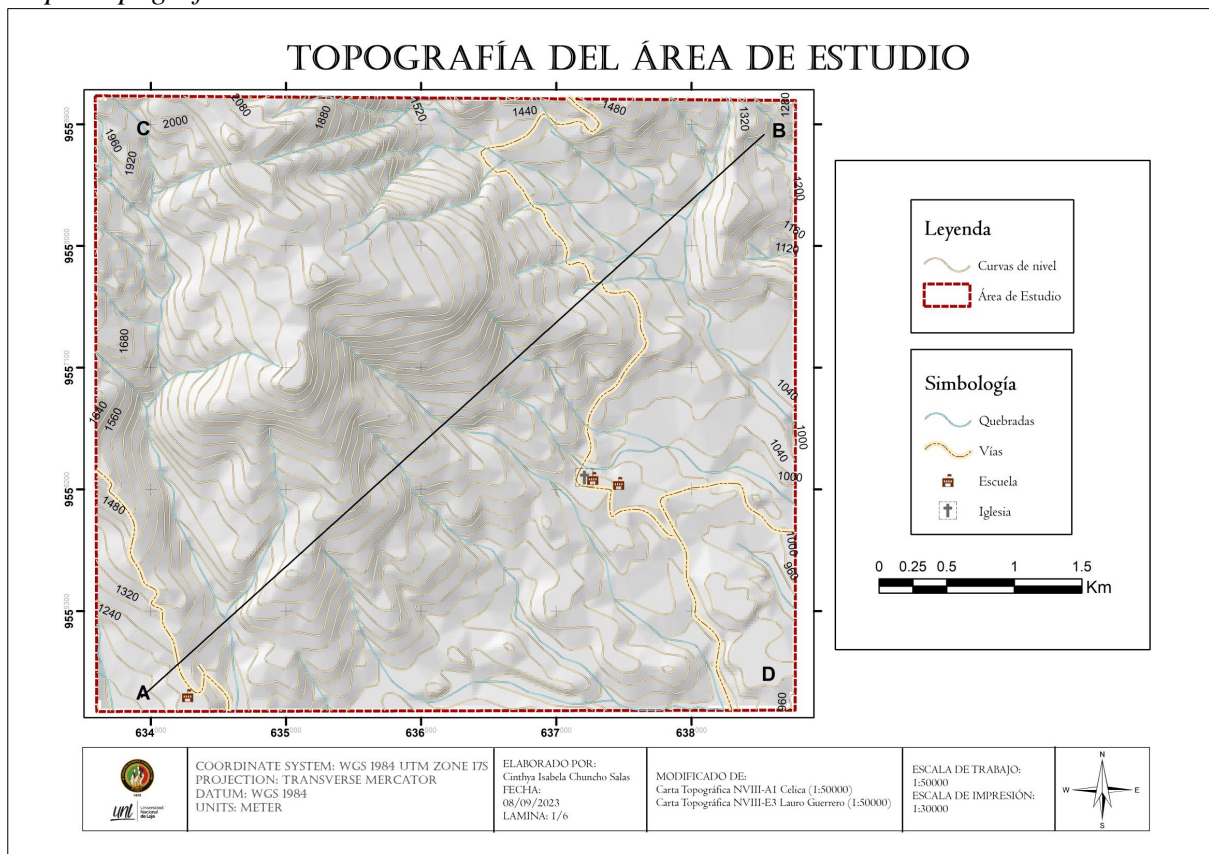
6. Resultados

6.1. Resultados del primer objetivo

Dentro del primer objetivo se buscó obtener la litología de la zona de estudio, para esto se reunió la información bibliográfica de la zona previo al levantamiento litológico, se procesó y generó el mapa de topografía, seguido del levantamiento de información, para obtener la litología local y además se identificó los puntos que presentaron arcillas por medio de un control básico y complementario.

6.1.1. Topografía

Figura 41
Mapa Topográfico



El área de estudio presenta elevaciones desde los 920 msnm (metros sobre el nivel del mar) hasta los 2160 msnm, las cotas de menor altura se presentan en la zona Sureste por la que desembocan las quebradas “El Chombo” y “El Pato”, y donde desciende una vía de tercer orden que sirve de conexión al poblado más cercano que es la cabecera parroquial de Casanga donde se ubicaron dos instituciones educativas y un centro religioso.

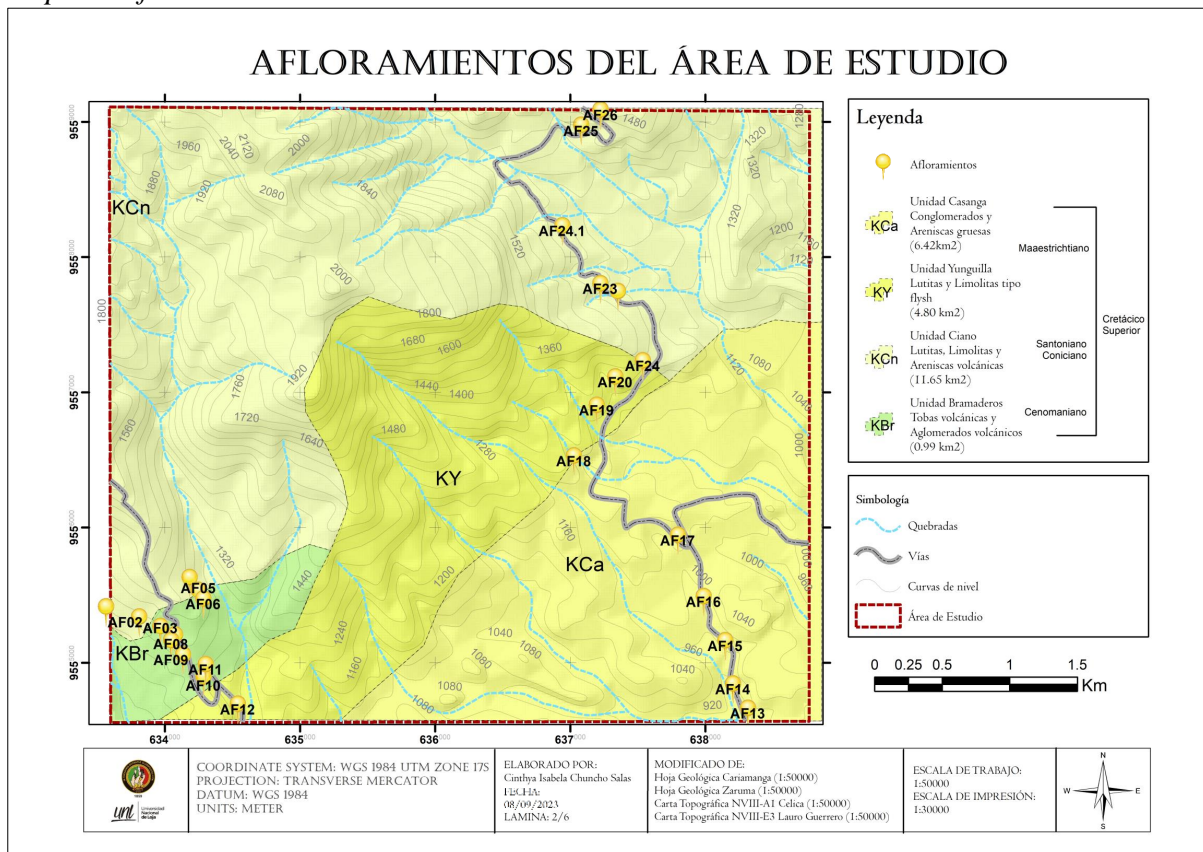
Las mayores cotas se pueden identificar en la zona Noroeste, más concretamente al por el área conocida como Yanangora, y la elevación de mayor altura es el “Cerro de Camba”, aquí

no se encuentran vías importantes, sin embargo, existen senderos que recorren las zonas más altas del área, pese a que no hay edificaciones ni zonas residenciales.

6.1.2. Litología Local

Para elaborar el mapa de litología local se realizó un análisis fotogeológico de las texturas y redes de drenaje *anexo 2* en conjunto con el levantamiento de afloramientos en el área para obtener toda la información posible

Figura 42
Mapa de afloramientos



En cada uno de ellos se corroboró la información previa, teniendo que en su mayoría coinciden con las litologías de las unidades en las que se ubicaron.

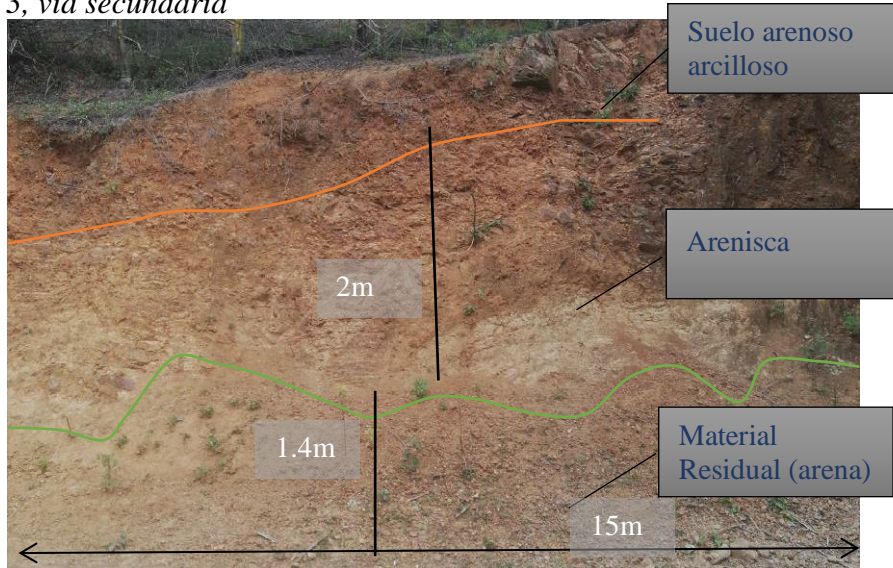
Unidad Ciano

Esta unidad está constituida por lutitas, limolitas y areniscas volcánicas, dentro de la zona de estudio se encontraron 6 afloramientos, de los cuales 3 evidencian areniscas masivas muy alteradas de grano fino, donde los limos se encuentran como intercalaciones muy finas con potencias no mayores a los 7 cm, por otro lado las arcillas identificadas (3 afloramientos), provenientes de la disgregación de lutitas, se presentan en la parte superior confiriéndole al suelo propiedades plásticas, pero esto solo es apreciable en los puntos más altos donde se

presencia un cambio de la coloración que pasó de cafés claros y grises a rojos y naranjas, pese a que a medida que se aumentaba la altitud la presencia de afloramientos era considerablemente menor si se podía evidenciar otros factores como el cambio de vegetación y la coloración, ya antes mencionada, que se encontraba en cada porción de suelo descubierto, se pudo obtener datos estructurales de algunos depósitos de areniscas cuyos valores corresponden a 215° de rumbo y 30° NW de buzamiento.

Figura 43

Afloramiento 3, vía secundaria

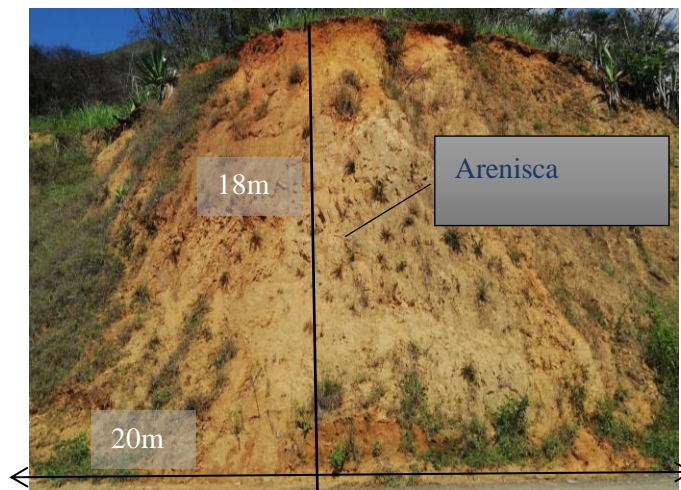


Unidad Bramaderos

Dentro de la Unidad Bramaderos encontramos 7 afloramientos, los cuales presentan areniscas, tobas y limolitas, aunque sí se pudo identificar algunos sedimentos turbidíticos, en menor cantidad, los afloramientos correspondientes a esta unidad son masivos y bastante meteorizados y alterados.

Figura 44

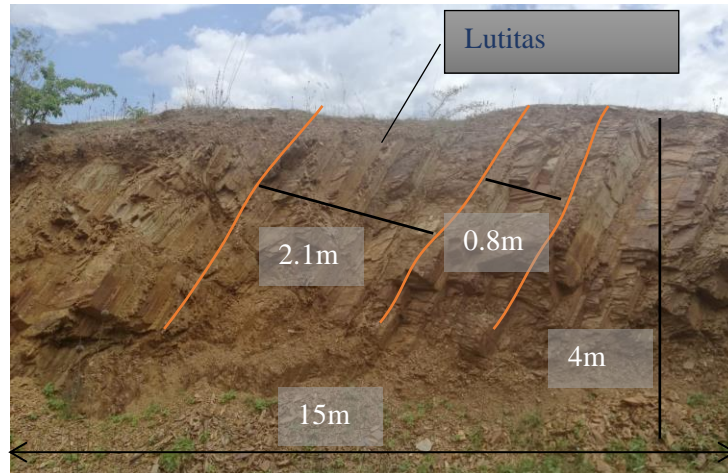
Afloramiento 22



Unidad Yunguilla

Por otro lado, hubo 6 afloramientos en la Unidad Yunguilla, que presentaron materiales arcillosos como la lutita e incluso arcillas totalmente disgregadas en la parte superior, y arenosos como las areniscas masivas y meteorizadas.

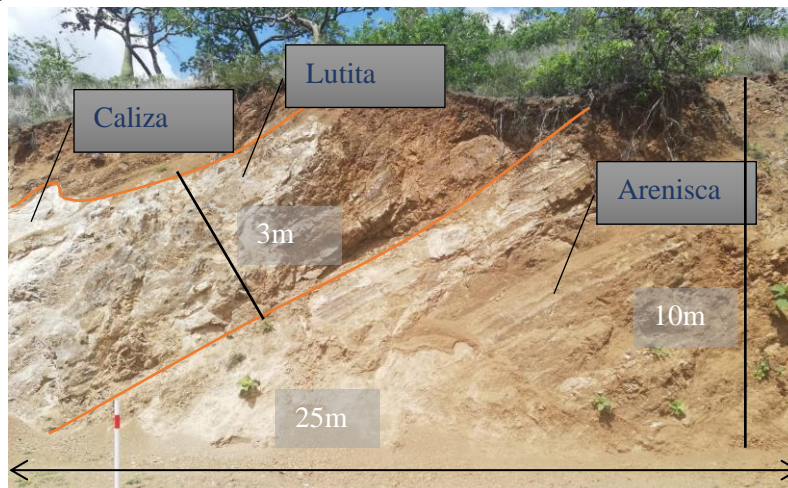
Figura 45
Afloramiento 11



Unidad Casanga

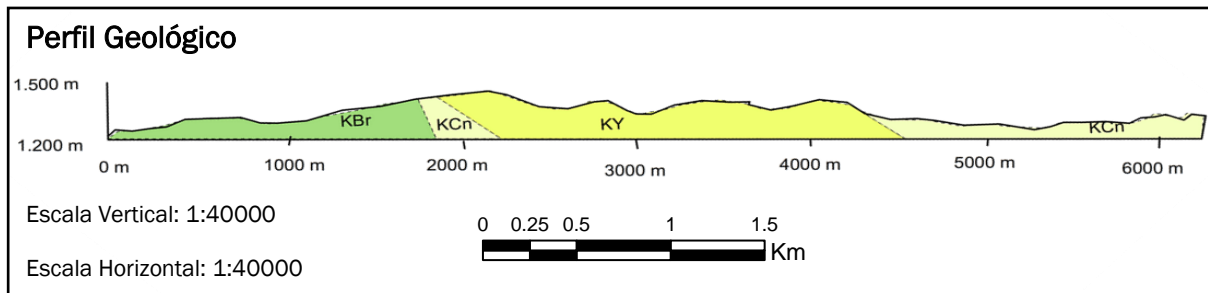
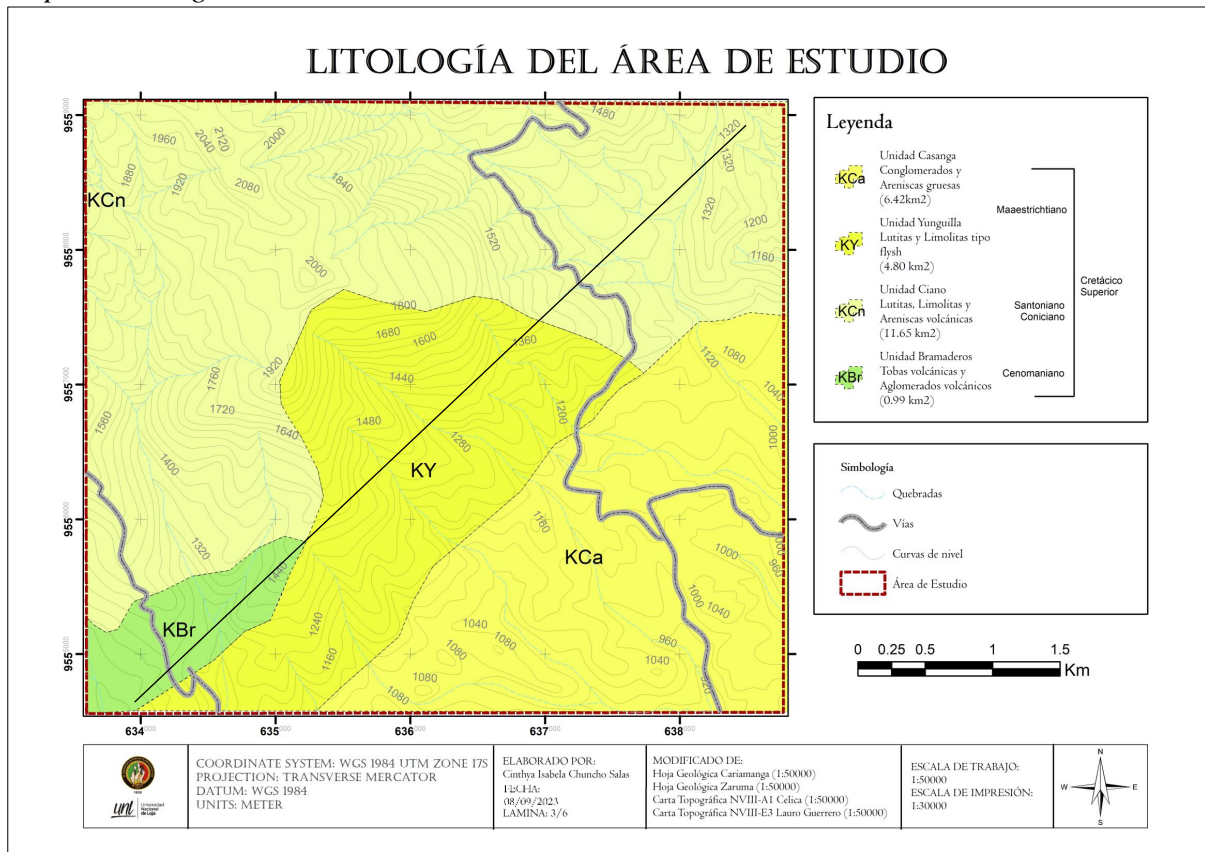
En la unidad Casanga se presentaron 6 afloramientos con areniscas, lutitas, limolitas, caliza y varios minerales calcáreos que se encuentran en conjunto con las lutitas, hay varios puntos en los que se pudo identificar estratos y otros en los que el material se presentaba masivamente.

Figura 46
Afloramiento 13



Finalmente, con el análisis fotogeológico y la información recopilada en el levantamiento de afloramientos se pudo elaborar el mapa litológico del área, a escala 1:50000.

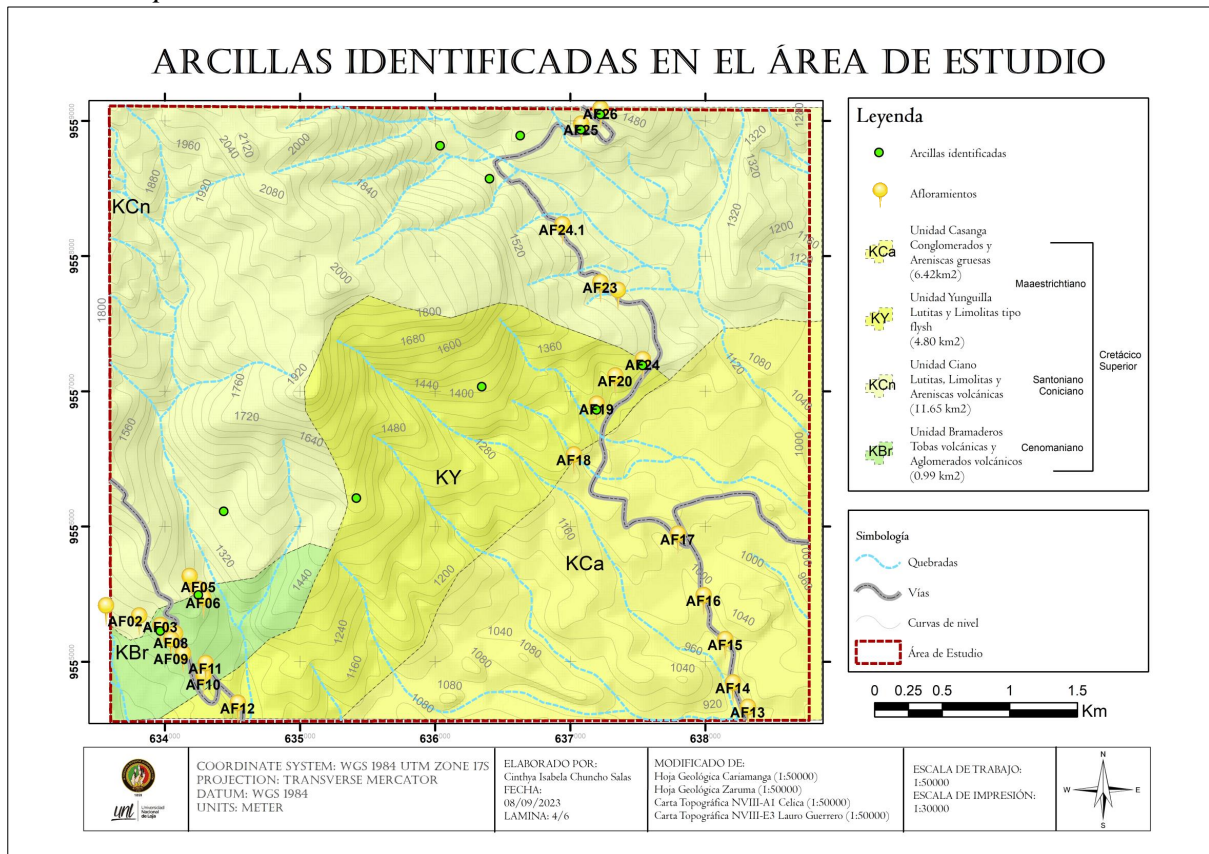
Figura 47
 Mapa de litología del área de estudio



6.1.3. Presencia de arcillas

Usando como base los afloramientos se determinó 4 puntos en los que se identificó arcillas, se revisó nuevamente estos puntos de interés y se cubrió zonas a las que no se tenía acceso por ser montañas y no tener caminos, en estas zonas no se encontró afloramientos por lo que se realizó aperturas en el suelo identificando 8 puntos adicionales que contaban con arcillas, teniendo un total de 12 puntos con presencia de arcillas.

Figura 48
Puntos con presencia de arcillas en la zona de estudio



6.2. Resultados del segundo objetivo

De acuerdo con las primeras fases de control, por atributos y por variables se definió cuatro puntos en los que se presentaron arcillas con las condiciones adecuadas para ser analizadas a mayor profundidad.

Figura 49

Puntos de muestreo de arcillas

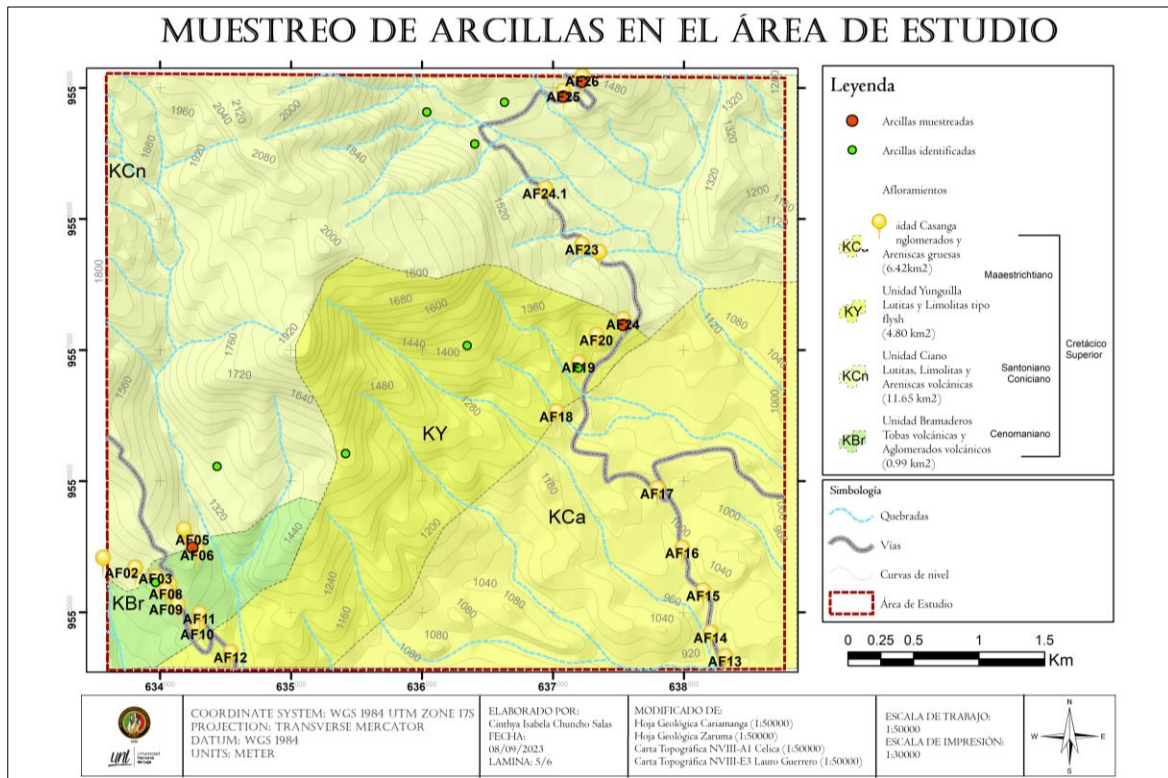


Tabla 8

Puntos identificados con arcillas

Punto	Código	Materiales	Coordenadas	Denominación
1	AF03	Arenisca, arena y arcilla	X: 633,968.541 Y: 9,555,245.719	Sin Muestra
2	AF05M01	Areniscas y arcillas	X: 634,245.653 Y: 9,555,479.725	Muestreada
3	AF19	Lutita y arcillas disgregadas	X: 637,207.670 Y: 9,556,865.284	Sin Muestra
4	AF21M01	Arcillas disgregadas	X: 637,540.205 Y: 9,557,191.660	Muestreada
5	AF25M01	Arcillas disgregadas, limolitas y corneanas	X: 637,084.510 Y: 9,558,934.385	Muestreada
6	AF26M02	Lutitas y arcillas disgregadas	X: 637,232.303 Y: 9,559,039.072	Muestreada
7	-	Arcillas disgregadas	X: 636,622.657 Y: 9,558,878.963	Sin Muestra
8	-	Arcillas disgregadas	X: 636,339.387 Y: 9,557,031.551	Sin Muestra
9	-	Arcillas disgregadas	X: 635,427.997 Y: 9,556,206.373	Sin Muestra
10	-	Arcillas disgregadas	X: 634,418.078 Y: 9,556,120.161	Sin Muestra
11	-	Arcillas disgregadas	X: 636,031.485 Y: 9,558,811.225	Sin Muestra
12	-	Arcillas disgregadas	X: 636,400.967 Y: 9,558,571.061	Sin Muestra

6.2.1. Resultados del ensayo de contenido de humedad

Tabla 9

Contenidos de humedad

Muestra	Número	Peso Capsula	Peso Húmedo	Peso Seco	CH	%CH
AF05M01	1	33.2	178.7	135.1	42.79	42.37
	2	32.2	172.9	131.3	41.98	
	3	33.3	176.5	133.9	42.35	
AF24M01	1	31.4	179.7	136.3	41.37	41.34
	2	31.8	179.8	136.6	41.22	
	3	30.5	166	126.3	41.44	
AF25M01	1	32.7	186	136.3	47.97	43.99
	2	33.2	194.2	146.3	42.35	
	3	33.8	200.5	151.5	41.63	
AF26M02	1	30.08	148.06	118.6	33.28	32.82
	2	29.5	138.05	111.53	32.33	
	3	28.7	145.73	116.8	32.84	

La muestra AF05M01 posee un contenido de humedad de 42.39%, la muestra AF24M01 tiene un valor de 41.34 %, la muestra AF25M01 corresponde a un 43.99% y por último la muestra AF26M02 contiene 32.82% de humedad.

6.2.2. Resultados del ensayo de la gravedad específica

Tabla 10

Densidad Relativa

Muestra	Peso P+T	Peso P+A+T	Peso P+M+A+T	Densidad
AF05M01	47.87	147.62	164.68	2.32
AF24M01	47.87	147.62	164.57	2.30
AF25M01	47.87	147.62	164.24	2.24
AF26M02	47.87	147.52	165.53	2.50

Nota. P: Picnómetro – T: Tapa – A: Agua – M: Muestra

La densidad resultante va en la primera muestra AF05M01 con un valor de 2.32 gr/ml, la segunda AF24M01 tiene 2.30 gr/ml, la tercera AF25M01 corresponde a 2.24 gr/ml y la última muestra AF26M02 obtuvo 2.5 gr/ml de densidad.

6.2.3. Resultados del ensayo de plasticidad

Tabla 11

Límites de Atterberg

	AF05M01	AF24M01	AF25M01	AF26M02
LL	53.00	60.00	55.00	52.00
LP	25.00	28.00	21.00	25.00
IP	28.00	32.00	34.00	27.00
Contracción lineal	13.146	15.023	15.962	12.676
Clasificación	Arcillas Inorgánicas de Alta Plasticidad			

Nota. LL: Límite Líquido – LP: Límite Plástico – IP: Índice de Plasticidad

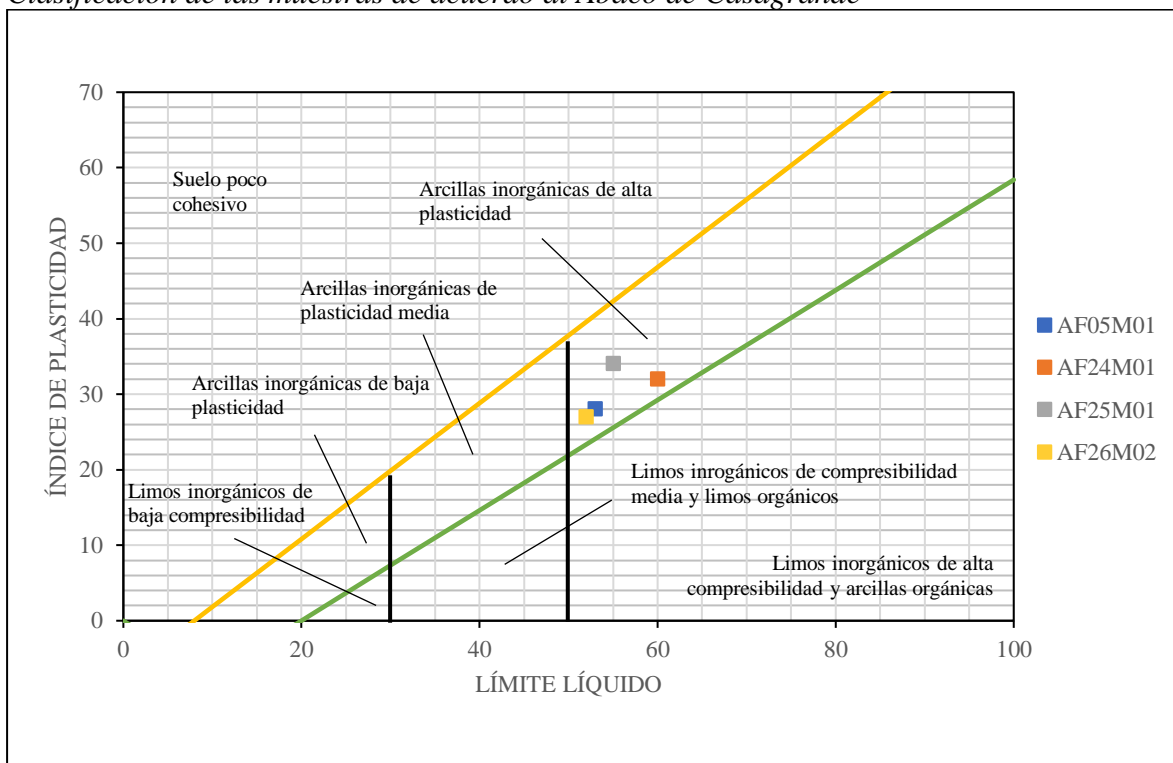
La primera muestra arrojó valores de límite líquido de 53, límite plástico 25 e índice de plasticidad de 28, la segunda muestra corresponde a límite líquido de 60, límite plástico 28, índice de plasticidad 32, la tercera muestra tiene valores de límite líquido 55, límite plástico 21, índice de plasticidad 34 y por último la muestra 4 tiene un límite líquido de 52, límite plástico de 25 e índice de plasticidad de 27.

Mediante el Índice de Plasticidad se pudo obtener un valor teórico de la contracción lineal que tiene cada muestra, obteniendo 13.15 para la muestra AF05M01, 15.02 para AF24M01, 15.96 para AF25M01 y 12.68 para AF26M02

En el ábaco de Casagrande (figura 47) se ubicaron las muestras de acuerdo a su índice de plasticidad y límite líquido, de acuerdo a las coordenadas que presentaron los puntos se clasificaron las muestras como Arcillas Inorgánicas de Alta Plasticidad.

Figura 50

Clasificación de las muestras de acuerdo al Ábaco de Casagrande



6.2.4. Resultados del ensayo de granulometría

Tabla 12

Granulometría del suelo

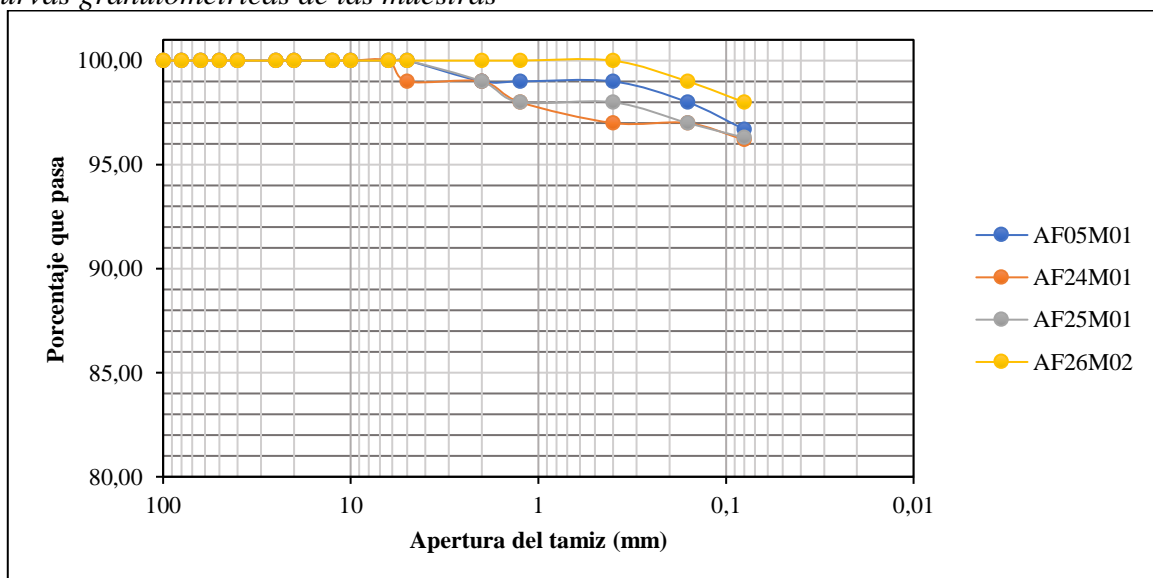
Tamiz	AF 05M01	Af24M01	AF25M01	AF26M02
(mm)	Pasa (%):	Pasa (%):	Pasa (%):	Pasa (%):
100	100.00	100.00	100.00	100.00
80	100.00	100.00	100.00	100.00

Tamiz	AF 05M01	AF24M01	AF25M01	AF26M02
(mm)	Pasa (%):	Pasa (%):	Pasa (%):	Pasa (%):
63	100.00	100.00	100.00	100.00
50	100.00	100.00	100.00	100.00
40	100.00	100.00	100.00	100.00
25	100.00	100.00	100.00	100.00
20	100.00	100.00	100.00	100.00
12.5	100.00	100.00	100.00	100.00
10	100.00	100.00	100.00	100.00
6.3	100.00	100.00	100.00	100.00
5	100.00	100.00	99.00	100.00
2	100.00	99.00	99.00	99.00
1.25	100.00	98.00	98.00	99.00
0.4	100.00	98.00	97.00	99.00
0.160	99.00	97.00	97.00	98.00
0.080	98.00	96.30	96.20	96.70
Valor de Índice de Grupo	18	20	19	17

Todas las muestras presentan un porcentaje nulo de gravas, un 1% de arenas y en su mayoría se trata de materiales finos, para la muestra AF05M01 podemos observar que el 100% del material pasa la malla #2, no muy diferente el resto de muestras AF24M01, AF25M01 y AF26M02 tienen un 99% de materiales finos,

Figura 51

Curvas granulométricas de las muestras



6.2.5. Resultados del ensayo de granulometría de finos

Tabla 13

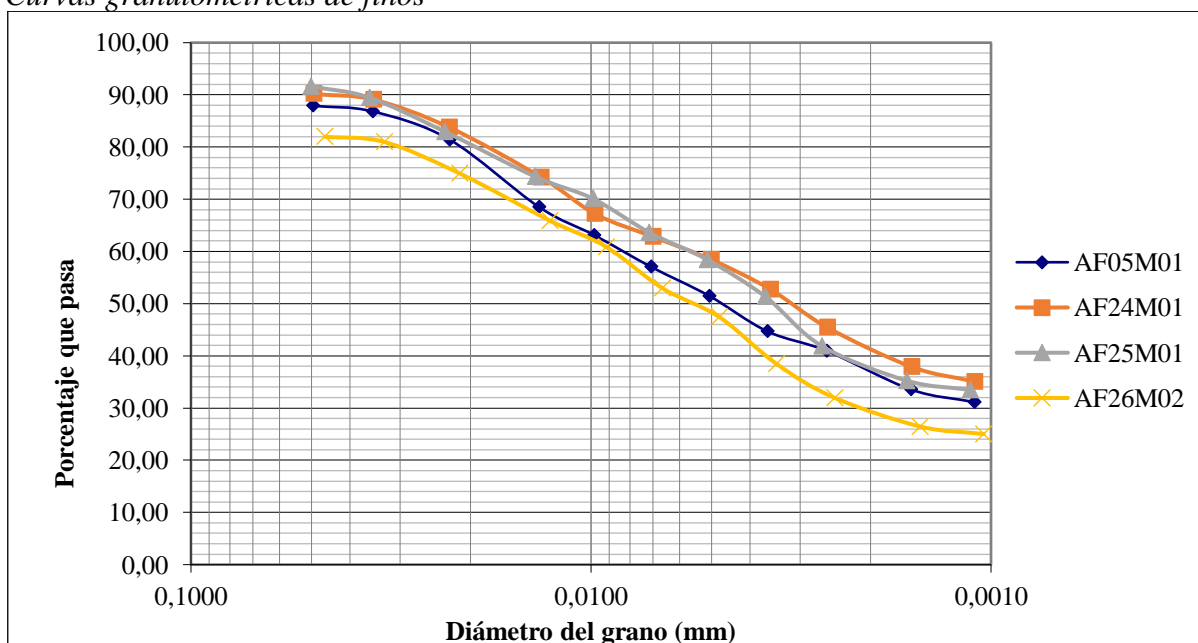
Porcentaje pasante análisis por el método del hidrómetro

Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa			
	AF05M01	AF24M01	AF25M01	AF26M02
0.05	87.91	90.15	91.65	81.98
0.005	51.52	58.41	58.43	47.44
0.002	40.95	45.41	41.87	31.97

La muestra AF05M01 tiene un porcentaje de 89.70 pasante del tamiz de 0.074mm, 52.57% pasante del tamiz de 0.005mm y 41.49% pasante del tamiz 0.002mm. La muestra AF24M01 tiene 93.62% pasante del tamiz de 0.074mm, 60.66% pasante de 0.005mm y 47.15% pasante de 0.001. La muestra AF25M01 tiene 95.27% pasante de 0.074mm, 60.74% pasante de 0.005mm y 43.53% pasante de 0.001mm. Por último, la muestra AF26M02 cuenta con 84.78% pasante del tamiz 0.074mm, 49.06% pasante del tamiz 0.005mm y 33.06% pasante del tamiz 0.001mm.

Figura 52

Curvas granulométricas de finos



6.2.6. Resultados del ensayo de contracción lineal en seco y por quema

En este ensayo se obtuvieron 3 aspectos de cada muestra, el porcentaje de contracción, el volumen de contracción y el factor de contracción.

Tabla 14*Porcentaje, volumen y factor de contracción*

Muestra	Porcentaje de contracción %			Volumen de contracción cm ³			Factor de contracción
	Al ambiente	En seco	Por quema	Al ambiente	En seco	Por quema	
	20 °C	110 °C	1000 °C	20 °C	110 °C	1000 °C	
AF05M01	4.55	10.57	16.58	13.02	28.47	41.96	1.20
AF24M01	3.99	10.48	15.29	11.51	28.27	39.21	1.18
AF25M01	4.19	9.88	14.65	12.05	26.82	37.83	1.17
AF26M02	5.68	8.33	10.47	16.08	22.96	28.23	1.12

La muestra AF05M01 presenta porcentajes de contracción de 4.55, 10.57 y 16.58, para las contracciones al ambiente, en seco y por quema, respectivamente mientras que el volumen de contracción al ambiente es de 13.02cm³, en seco de 28.47cm³ y por quema de 41.96cm³, teniendo un factor de contracción de 1.2.

La muestra AF24M01 presenta porcentajes de contracción de 3.99, 10.48 y 15.29, para las contracciones al ambiente, en seco y por quema, respectivamente, por otro lado, el volumen de contracción al ambiente es de 11.51cm³, en seco de 28.27cm³ y por quema de 39.21cm³, con un factor de contracción de 1.18.

La muestra AF25M01 tiene 4.19% de contracción al ambiente, 9.88% en seco y 14.65% por quema, con volúmenes de contracción de 12.05cm³ al ambiente, 26.82cm³ en seco y 37.83cm³ por quema, obteniendo un factor de contracción de 1.17.

Por último, la muestra AF26M02 tiene 5.68% de contracción al ambiente, 8.33% en seco y 10.47% por quema, con volúmenes de contracción de 16.08cm³ al ambiente, 22.96cm³ en seco y 28.23cm³ por quema y con un factor de contracción de 1.12.

6.2.7. Resultados del color en seco y de quema

Tabla 15*Color de las muestras secas al horno a 105 °C*

Muestra	Color	Croma	Brillo	#	Matiz
AF05M01	Amarillo rojizo	6	7	7/6	7.5 YR
AF24M01	Amarillo rojizo	6	7	7/6	7.5 YR
AF25M01	Amarillo rojizo	6	7	7/6	7.5 YR
AF26M02	Amarillo rojizo	6	7	7/6	7.5 YR

Tabla 16*Color de las muestras quemadas*

Muestra	Color	Croma	Brillo	#	Matiz
AF05M01	Rojo Claro	8	6	6/8	2.5 YR
AF24M01	Rojo Claro	8	6	6/8	2.5 YR
AF25M01	Rojo Claro	8	6	6/8	2.5 YR
AF26M02	Rojo Claro	8	6	6/8	2.5 YR

Todas las muestras obtuvieron un croma 6, brillo 7 y matiz 7.5 YR, denominadas así con el color amarillo rojizo en su estado seco. Para las muestras quemadas se determinó valores de croma 8, brillo 6 y matiz 2.5 YR, siendo el color rojo claro para todas las muestras ensayadas.

Figura 53

Cambio de coloración



Nota. De izquierda a derecha se puede observar el cambio de color y volumen debido al secado de las muestras, es así que la primera tiene un contenido de agua que hizo al material moldeable y plástico, la segunda fue secada 24 horas al ambiente, la tercera 24 horas a 105°C y la última fue cocida a 1000°C, simulando un proceso de cocción industrial.

6.2.8. Resultados del ensayo de absorción de agua

Tabla 17

Resultados de absorción, porosidad, gravedad específica y densidad

Muestra	Porcentaje de absorción	Volumen Exterior cm3	VOP cm3	VPI cm3	Porosidad Aparente	Gravedad Específica Aparente	Densidad Aparente
AF05M01	22.26	17.07	6.03	11.04	20.08	2.81	2.27
AF24M01	31.25	27.11	12.55	14.56	46.30	2.76	1.48
AF25M01	29.62	19.69	8.92	10.77	45.31	2.80	1.53
AF26M01	31.85	19.69	9.22	10.47	46.69	2.75	1.47

En la muestra AF05M01 se obtuvo un porcentaje de absorción de 22.26%, una porosidad aparente de 20.08%, gravedad específica aparente de 2.81 y densidad aparente de 2.27gr/cm³.

Para la muestra AF24M01 resultó un 31,25% de absorción, 46.30% porosidad aparente, 2.76 de gravedad específica aparente y 1.48gr/cm³ de densidad aparente.

Por otro lado, en la muestra AF25M01 se determinó 29.62% de absorción, 45.31% de porosidad aparente, 2.80 de gravedad específica aparente y 1.53gr/cm³ como densidad aparente.

Por último, la muestra AF26M01 tiene un porcentaje de absorción de 31.85%, porosidad aparente de 46.69%, gravedad específica aparente de 2.75 y densidad aparente de 1.47 gr/cm³.

6.2.9. Resultados del ensayo de pH y conductividad.

Tabla 18

pH y conductividad de las muestras ensayadas

Muestra	Temperatura	pH	Conductividad
AF05M01	20.4	4.91	131.8
AF24M01	20.5	5.13	67.1
AF25M01	20.4	5.17	67.0
AF26M02	20.6	5.74	49.1

La muestra AF05M01 tiene una conductividad de 131.8 μ s y un pH de 4.91, siendo una muestra muy fuertemente ácida; la muestra AF24M01 con una conductividad de 67.1 μ s y presenta un pH de 5.13 que la califica como fuertemente ácida; la muestra AF25M01 tiene conductividad de 67 μ s y pH de 5.17 siendo fuertemente ácida; y la muestra AF26M01 tiene una conductividad de 49.1 μ s y pH de 5.74 que la vuelve moderadamente ácida.

6.2.10. Resultados del ensayo de fluorescencia de rayos X

Este corresponde a uno de los ensayos realizados en un laboratorio particular, en la tabla 17 se presentan los resultados de los porcentajes de óxido de aluminio, óxido de silicio, óxido fosfórico, azufre, óxido de titanio, óxido de calcio y óxido férrico.

Tabla 19

Composición química de las muestras ensayadas

Muestra	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	S %	TiO ₂ %	CaO %	Fe ₂ O ₃ %
AF05M01	25.6	32.5	ND	0.06	1.36	0.31	8.33
AF24M01	27.5	34.1	ND	0.09	1.38	0.26	8.05
AF25M01	26.0	33.7	ND	0.086	1.39	0.28	8.04
AF26M02	23.3	50.7	0.14	0.063	0.73	0.26	5.43

La primera muestra AF05M01 presenta 32.5% de óxido de silicio, 25.6% de óxido de aluminio, 8.33% de óxido férrico, 1.36% de óxido de titanio, 0.31% de óxido de calcio y 0.06% de azufre.

La segunda muestra AF24M01 presenta 34.1% de óxido de silicio, 27.5% de óxido de aluminio, 8.05% de óxido férrico, 1.38% de óxido de titanio, 0.26% de óxido de calcio y 0.09% de azufre.

La tercera muestra AF25M01 presenta 33.7% de óxido de silicio, 26% de óxido de aluminio, 8.04% de óxido férrico, 1.39% de óxido de titanio, 0.28% de óxido de calcio y 0.086% de azufre.

Finalmente, la cuarta muestra AF26M02 contiene un 50.7% de óxido de silicio, 23.3% de óxido de aluminio, 5.43% de óxido férrico, 0.73% de óxido de titanio, 0.26% de óxido de calcio, 0.063% de azufre y 0.14% de óxido fosfórico.

6.2.11. Resultados del ensayo de difracción de rayos X

La composición mineralógica de las muestras ensayadas resultó con contenidos de Caolinita, Cuarzo, Goethita y Antigorita, que varían dependiendo de la muestra, en la tabla 18 se muestran los resultados cuantitativos de las muestras.

Tabla 20

Fases minerales

Muestra	Fases Minerales	Semicuantificación (%)
AF05 M01	Caolinita	73.7
	Cuarzo	26
	Goethita	0.3
AF24 M01	Caolinita	91.1
	Goethita	8.9
AF25 M01	Caolinita	74.3
	Antigorita	12.4
	Goethita	9.9
	Cuarzo	3.4
AF26 M02	Cuarzo	67.3
	Caolinita	20.9
	Antigorita	11.8

Estos datos representan la composición mineralógica de las muestras analizadas. Cada fila corresponde a una muestra y las columnas indican la presencia de diferentes minerales junto con el porcentaje estimado de cada mineral en esa muestra.

La muestra AF05 M01 está compuesta principalmente de caolinita, que constituye aproximadamente el 73.7% de la muestra, tiene una cantidad significativa de cuarzo, que representa el 26% y hay una pequeña presencia de goethita, que constituye solo el 0.3% de la muestra.

En el caso de la muestra AF24 M01, la caolinita es el mineral predominante, con un 91.1% de la composición total lo cual lo convierte en el mineral más importante en esta muestra. La goethita también está presente, pero en menor medida, con un 8.9%.

La muestra AF25 M01 tiene una composición mineral más diversa. La caolinita sigue siendo el mineral principal, con un 74.3%, también contiene antigorita (12.4%) y goethita (9.9%) en proporciones significativas y se encuentra cuarzo en un 3.4%.

La muestra AF26 M02 difiere significativamente de las anteriores. En esta muestra, el cuarzo es el mineral dominante, con un 67.3%. La caolinita también está presente, aunque en menor cantidad que el cuarzo, con un 20.9% y la antigorita constituye el 11.8% de la muestra.

6.3.Resultados del tercer objetivo

Dentro de las propiedades obtenidas existen ciertas características que se emplearon para clasificar las arcillas de la zona, entre estas constan la composición química, el índice de plasticidad, las fases minerales, el color y la contracción.

Tabla 21

Propiedades empleadas para la clasificación

Propiedades		AF05 M01	AF24 M01	AF25 M02	AF26 M02
Composición Química	Al ₂ O ₃	25.6	27.5	26	23.3
	SiO ₂	32.5	34.1	33.7	50.7
	P ₂ O ₅	-	-	-	0.14
	S	0.06	0.09	0.086	0.063
	TiO ₂	1.36	1.38	1.39	0.73
	CaO	0.31	0.26	0.28	0.26
	Fe ₂ O ₃	8.33	8.05	8.04	5.43
Fases Minerales	Caolinita	73.7	91.1	74.3	20.9
	Antigorita	-	-	12.4	11.8
	Goethita	0.3	8.9	9.9	-
	Cuarzo	26	-	3.4	67.3
Índice de Plasticidad		28	32	34	27
Color en seco		Amarillo rojizo	Amarillo rojizo	Amarillo rojizo	Amarillo rojizo
Color en quema		Rojo claro	Rojo claro	Rojo claro	Rojo claro
Contracción		1.2	1.18	1.17	1.12

Si evaluamos las propiedades de manera individual, podemos notar que el color, la contracción y el índice de plasticidad exhiben valores muy similares o iguales en todas las muestras. Sin embargo, como era de prever, se observan algunas variaciones importantes en la composición química y las fases minerales entre las muestras.

6.3.1. Clasificación según sus minerales arcillosos

De acuerdo a la clasificación de Galán Huertos (1990), los minerales que definirían el grupo al que pertenece las arcillas serían caolín, montmorillonita, illita, attapulgita, sepiolita o alófana. La composición mineralógica de todas las muestras analizadas contiene un mineral arcilloso en común que es la caolinita, por tanto, las cuatro muestras se clasificaron con una estructura cristalina, pertenecientes al grupo caolín y con el mineral caolinita, teniendo un origen posible hidrotermal o de meteorización.

Tabla 22

Denominación según sus minerales arcillosos

Mineralogía de las arcillas		Origen	
Cristalinos	Caolín	Caolinita	Hidrotermal-meteorización
		Dickita	Meteorización
		Nacrita	Hidrotermal

Mineralogía de las arcillas		Origen	
		Anauxita	Meteorización
		Halloysita	Hidrotermal-meteorización
		Endelita	Meteorización
	Montmorillonita	Montmorillonita	Meteorización
		Nontronita	Hidrotermal
		Saponita	Hidrotermal
		Beidelita	Hidrotermal
		Hectorita	Meteorización
	Illita o Hidromicas	Illita	Meteorización
	Attapulgita Sepiolita	Attapulgita	Meteorización
		Sepiolita	Meteorización

Fuente: Modificado de (Galan Huertos, 1990)

6.3.2. Clasificación según su composición química

Esta clasificación se basó en la consideración de los porcentajes de MgO, CaO y Al₂O₃, así como en el índice de plasticidad. En este contexto, todas las muestras cumplen con los criterios del grupo 4 denominado "Arcillas No Margosas" y se clasifican como "Arcillas plásticas". Esto se debe a que las cuatro muestras satisfacen las condiciones de tener un porcentaje de Óxido de Calcio y Óxido de Magnesio inferior al 2.5%, además de contener más del 19% de Óxido de Aluminio y un índice de plasticidad superior a 25.

Tabla 23

Denominación según su composición química

Grupo	Denominación	Características	Aplicaciones Principales
Grupo 4 Arcillas No Margosas	Arcillas plásticas	CaO+MgO<2,5% Al ₂ O ₃ ≥19% IP≥25	Forman parte de la formulación pastas para gres en porcentajes elevados (hasta el 70% en algunos casos). Se mezclan arcillas con diferentes IP y materias desgrasantes hasta obtener el comportamiento óptimo de la pasta en crudo y en cocido
	Arcillas poco plásticas (incluye la Tipo Moró)	CaO+MgO<2,5% Al ₂ O ₃ <19% IP<25	

Fuente: (Fernandez, García, Lombardero, Sánchez, & Regueiro, 2002)

6.3.3. Clasificación según sus propiedades industriales

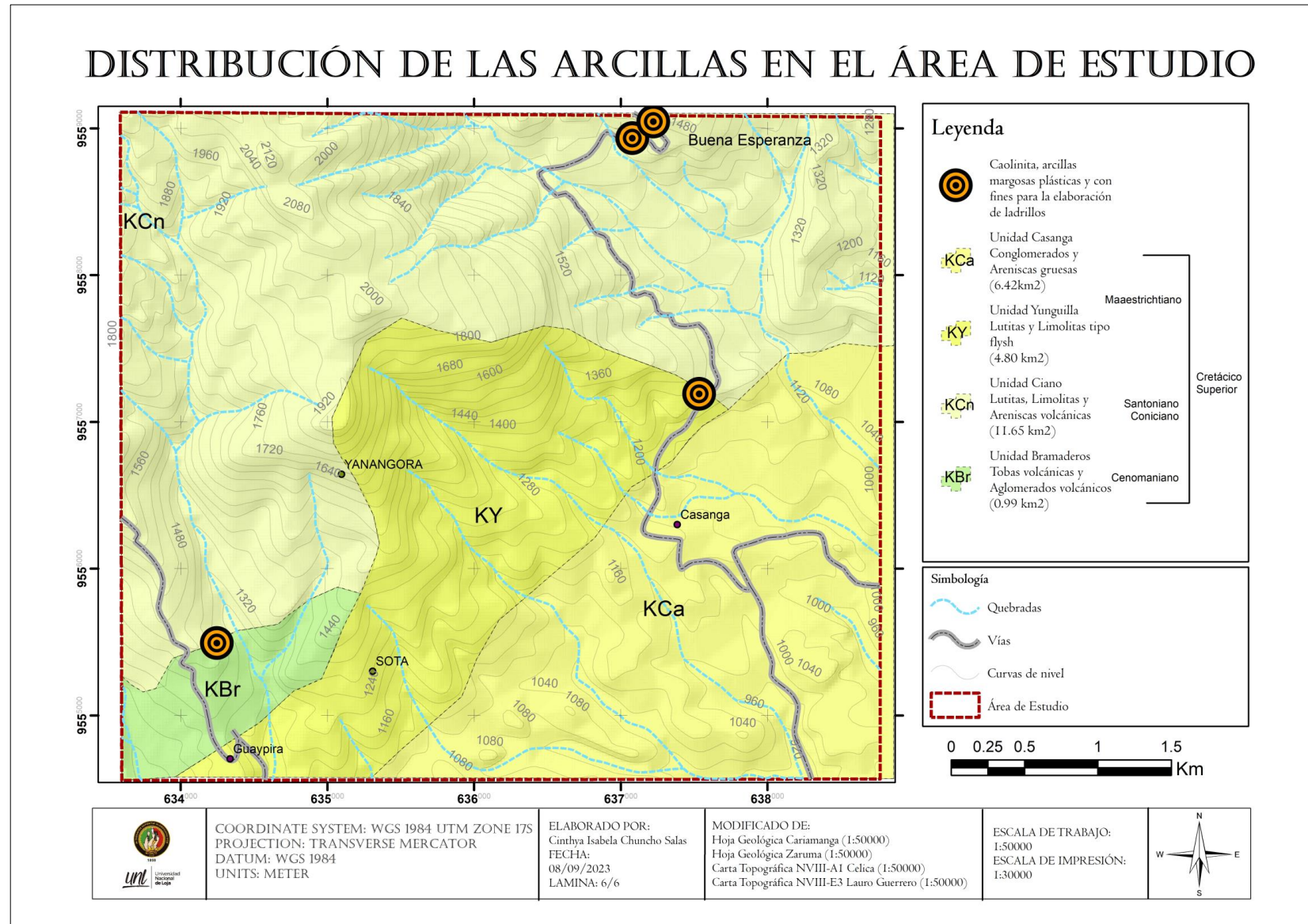
Basándonos en las propiedades como el color (Amarillo Rojizo y Rojo Claro), la plasticidad (Alta plasticidad), las variaciones en la composición química y mineralógica (menos del 12% de alcalinotérreos y 8% de óxido férrico) todas las muestras se han categorizado como "Arcillas para ladrillos". Este término se obtiene del libro "Las arcillas. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales" del autor Liberto de Pablo en 1964 donde se refiere a este tipo de arcillas como las más adecuadas para la fabricación de ladrillos y productos similares. Es importante señalar que esta fue la única categoría en la que las muestras se ajustaron tanto individualmente como en conjunto, cumpliendo con las propiedades requeridas para esta clasificación.

Tabla 24*Denominación según sus propiedades industriales*

Tipo de Arcilla	Características	Propiedades
Arcillas para ladrillos	Útiles para la fabricación de ladrillos	<ul style="list-style-type: none">- Impuras- Mediana a alta plasticidad- Composición y mineralogía variable- Color no blanco- Hasta 5% de alcalies, 12% de alcalinotérreos y 8% de óxido férrico

Fuente: (de Pablo, 1964)

Figura 54
Ubicación y tipos de las arcillas



7. Discusión

La granulometría de las muestras permitió identificar en primera instancia que se trataban de materiales arcillosos, debido a los altos porcentajes (96-98% < 0.075um) de finos que resultaron en las 4 muestras analizadas, este resultado resulta afín con Sosa Fabré (2022) que caracterizó materiales originales arcillosos y resultó con valores superiores al 76% de materiales finos clasificándolos por granulometría como “arcilloso”.

Debido a esta gran cantidad de materiales finos, se precisó realizar la granulometría de finos determinado que las muestras contaban con porcentajes del 6 al 12% en arena fina, 34 al 42% en limo y 31 al 45% en arcillas. Los datos obtenidos también corresponden a materiales arcillosos, esto se puede corroborar con la información obtenida por Zea Osorio, en su trabajo “Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales” en el año 2005, que realizando el mismo ensayo, obtiene para la muestra de arcilla valores de 18.25% de arena, 34.75% de limo y 47% de arcillas.

Una de las propiedades fundamentales que se evaluó es la plasticidad de las arcillas, ya que esta da paso a una clasificación importante de los materiales muestreados. Según los resultados de este análisis, todas las muestras se identificaron como "arcillas inorgánicas de alta plasticidad", considerando su límite líquido, plástico e índice de plasticidad, retomando el trabajo de Zea Osorio, mencionado anteriormente, las arcillas evaluadas en ese caso variaron de denominaciones como “Arcillas limosas de alta plasticidad”, “Arcillas limosas medianamente plásticas” hasta “Arcillas inorgánicas de alta plasticidad”, siendo la última la que presenta mayores similitudes en los valores obtenidos en este ensayo.

Con los datos de granulometría y plasticidad se logró obtener además un factor teórico de contracción en seco, que resultó 12 a 15% lo cual significaría que el material presenta una actividad importante de contracción al secarse a una temperatura de 100 a 110°C, ahora bien, este valor difiere con el obtenido en el ensayo de contracción lineal en seco, donde resultaron valores de 8 a 10%, esta diferencia se debe probablemente a la connotación teórica del primer resultado.

La propiedad de contracción es relevante en las distintas fases de la creación de un producto cerámico, por tanto además del porcentaje de contracción en seco, se determinó un valor por quema, que representaría la parte final del proceso de elaboración de un producto cerámico, siendo la reducción del volumen del mismo al ser cocido, aquí las muestras se contrajeron de 10 a 16%, a 1000°C una temperatura adecuada para la cocción de arcillas rojas,

la muestra AF05M01 es la que tiene un mayor factor de contracción con 1.20, mientras que esto puede contrastar con la muestra AF26M02 con un valor de 1.12, siendo el más bajo y alejado, debido principalmente a la diferencia de la composición mineralógica y a las reacciones diferenciadas a tan altas temperaturas.

En los ensayos de contracción lineal en seco para arcillas rojas, Sosa Fabré (2022) no pudo determinar valores de contracción lineal a más de 900°C, dado que a esa temperatura las muestras presentaron hinchazón, deformación y fragmentación, por tanto no se logró cocerlas a la temperatura adecuada, sin embargo en este trabajo sí se obtuvo los valores deseados ya que los ejemplares no sufrieron ninguna deformación ni complicación en el proceso, esto pudo deberse tanto a la curva de cocción aplicada para las muestras, a la preparación de las mismas, los equipos usados o las pequeñas variaciones químicas que se pudieron ampliar al generar la recristalización del material.

El análisis de difracción de rayos X reveló que todas las muestras contenían caolinita, un mineral arcilloso común, en menor proporción se identificaron otros minerales en algunas muestras, como cuarzo, goethita y antigorita. El tener como mineral principal la caolinita y considerar que productos cerámicos elaborados con este material cuentan con temperaturas de cocción de aproximadamente 1000°C resulta en contar con transformaciones mineralógicas al momento de la destrucción de la red cristalina de este mineral obteniendo espinelas, olivino y finalmente mullita, la cual se relaciona con la presencia del cuarzo y la goethita ya que la mullita se forma durante la transformación de la sílice en vidrio y se relaciona con la presencia de hierro (Linares González, Huertas García, & Capel Martínez, 2013).

El alto contenido de caolinita permitió ubicar este tipo de arcillas dentro del grupo Caolín, sin embargo, la presencia de este mineral geológicamente distingue dos tipos de Caolines, Primario o residuales secundarios o sedimentarios. Pese a los altos porcentajes de caolinita, estas arcillas no cumplen con ciertos criterios del material Caolín, es decir no cuentan con el comportamiento físico, ni con la coloración, ni la pureza que exigen los caolines primarios, por tanto se clasificarían en el segundo grupo que resulta del arrastre y depósito con presencia en yacimientos de una serie sedimentaria arcilla – limo – arena, que son materiales que se lograron identificar en la zona (Guillem Monzonis & Guillem Villar, 1988). Esta información se corrobora al identificar dentro de las muestras, compuestos químicos en menor cantidad que corresponden a óxidos de titanio, de hierro y aluminio que resultan ser parte de las sustancias accesorias de los caolines.

La importancia del cuarzo dentro de la mineralogía de las muestras radica en el tamaño de grano, en este caso en todas las muestras el cuarzo fue de grano fino lo cual favorece a la formación de vidrio y al reaccionar con Óxido de Calcio da paso a las fases mineralógicas que se presentan en durante la fusión, las que pueden ser dióxido, wollastonita, feldespatos potásico, ghelenita y anortita (Linares González, Huertas García, & Capel Martínez, 2013).

El porcentaje de absorción de agua de las muestras es considerablemente alto, lo que significa inconvenientes para su uso después de la cocción, pero esta propiedad es propia de las arcillas que tienen altos contenidos de minerales arcillosos, como es este caso, al momento de emplear el material se prepara pastas que incluyen más elementos que disminuyen esta propiedad, precisamente el valor de absorción permite identificar que proporciones de elementos como arena de sílice se puede requerir de acuerdo al producto final a elaborar.

En lo que respecta al color, se observaron diferencias tanto en estado seco como después de la quema, pasando de amarillo rojizo a rojo claro, estos resultados son iguales a los obtenidos por Sosa (2022) aplicando la cocción de muestras arcillosas hasta los 1000°C y esta propiedad adquiere importancia al momento de establecer condiciones estéticas para los productos elaborados con esta materia prima.

Las coloraciones resultaron sin variaciones internas relacionadas con el defecto del “corazón negro” que se suelen presentar en algunos especímenes, cuyos núcleos muestran colores distintos a la parte exterior de la forma quemada, la presencia de este fenómeno se atribuye a las diferencias de temperaturas que puedan existir durante la cocción, y la carencia en las muestras ensayadas del presente trabajo puede ser resultado del equipo usado y el hermetismo y mejor control de la temperatura del ambiente en el que se cocieron las muestras.

Las muestras contaron tres clasificaciones, de las cuales puede considerarse que la más relevante para determinar el uso de estas arcillas es la que las denominó como arcillas útiles para la fabricación de ladrillos, considerando su grado de plasticidad, la coloración y porcentajes de compuestos, pese a que las arcillas presentan gran cantidad de caolín, no cuentan con una coloración adecuada para ser consideradas Ball Clays, esto debido a la presencia de óxido férrico, lo cual las “contamina” y no les da la pureza para direccionar el uso en cerámica fina, pero de acuerdo al contexto de la zona sur, además de su propósito en construcción, estas arcillas serían propias para generar artículos domésticos y artesanías como las que se producen y tiene un mercado en varias partes de la provincia de Loja.

8. Conclusiones

En la parroquia Casanga se presenta una geología de tipo sedimentario, en la que se identifica cuatro unidades litológicas, Unidad Ciano ubicada en la parte norte, con un área de 11.65Km² y que presenta areniscas y lutitas, Unidad Bramaderos, localizada en la parte suroeste, tiene una extensión 0.99 Km² y tiene una litología de tobas y areniscas, Unidad Yunguilla, aflora en la parte sur y cuenta con 4.81 km² de materiales sedimentarios, como areniscas, limolitas y lutitas y finalmente la Unidad Casanga, que se encuentra en el sureste con 6.42 Km² y tiene conglomerados, limolitas y minerales calcáreos.

Con respecto a los ensayos de laboratorio la muestra AF05M01 según el ensayo de plasticidad recibe la denominación de Arcillas Inorgánicas de Alta plasticidad, de acuerdo a la granulometría contiene 100% de finos, con 40.95% de arcillas, el factor de contracción fue de 1.2, el color por quema se denominó Rojo Claro, el porcentaje de absorción fue de 22.26%, su composición química fue de 25.6% de Al₂O₃, 32.5% de SiO₂, 8.33 Fe₂O₃, y con una composición mineralógica de 73.7% de Caolinita y 26% de Cuarzo.

La muestra AF24M01 recibe la denominación de Arcillas Inorgánicas de Alta plasticidad, de acuerdo a la granulometría contiene un porcentaje de 99% de finos, con 45.41% de arcillas, el factor de contracción fue de 1.18, el color por quema fue Rojo Claro, el porcentaje de absorción fue de 31.25%, su composición química fue de 27.5% de Al₂O₃, 34.1% de SiO₂, y 8.05% Fe₂O₃ y con una composición mineralógica de 91.1% de Caolinita.

La muestra AF25M01 recibe la denominación de Arcillas Inorgánicas de Alta plasticidad, de acuerdo a la granulometría contiene un 99% de finos, con 41.87% de arcillas, el factor de contracción fue de 1.17, el color por quema fue Rojo Claro, el porcentaje de absorción fue de 29.62%, su composición química fue de 26% de Al₂O₃, 33.7% de SiO₂ y 8.04% Fe₂O₃, y con una composición mineralógica de 74.3% de Caolinita.

La muestra AF26M02 recibe la denominación de Arcillas Inorgánicas de Alta plasticidad, de acuerdo a la granulometría contiene un porcentaje de 99% de finos, con 31.97% de arcillas, el factor de contracción fue de 1.12, el color por quema fue Rojo Claro, el porcentaje de absorción es de 31.85%, su composición química fue de 23.3% de Al₂O₃, 50.7% de SiO₂ y 5.43% Fe₂O₃, y con una composición mineralógica de 20.9% de Caolinita y 67.3% de Goethita.

Según sus fases mineralógicas las arcillas del sector pertenecen al grupo Caolín, por composición química se clasificaron como "Arcillas No Margosas" y resultaron altamente plásticas, lo que las convierte en aptas para diversas aplicaciones industriales, y las propiedades

uniformes, como el color y la contracción, sugieren un uso prometedor en la fabricación de ladrillos y productos cerámicos de acuerdo a su clasificación industrial. Este material se encuentra distribuido en la zona Noroeste y Suroeste de la zona de estudio.

9. Recomendaciones

Para una comprensión más completa de la distribución y disposición de las arcillas, se recomienda realizar muestreos adicionales y a menor escala en la zona noroeste del sector.

Si se plantea el uso de las arcillas para la elaboración de ladrillos u otros productos cerámicos, se recomienda contar con lineamientos sostenibles para la extracción y procesamiento de este recurso, con esto se disminuiría el impacto ambiental a futuro.

Se recomienda integrar la información geológica obtenida, en la planificación territorial y el desarrollo productivo del sector, esto para garantizar la seguridad y la estabilidad de una futura actividad extractiva, construcciones o cualquier uso de suelo en las áreas donde se presentan arcillas.

Se considera importante compartir los resultados de esta investigación con la comunidad científica, las autoridades locales y la industria para así fomentar una comprensión más amplia de los recursos geológicos y el uso potencial que pueden tener en la zona.

Las arcillas de la zona Noreste, en el sector Buena Esperanza, presentan las mejores propiedades para considerar proyectos de explotación, se recomienda priorizar este sector en caso de planificar actividades extractivas.

10. Bibliografía

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (04 de Marzo de 2022). *Geoportal de Catastro Minero*. Recuperado el 2022, de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>:
<https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8b53f9388c034b5e8e3147f03583d7ec>
- Amethyst Galleries. (27 de Diciembre de 2005). *The Clay mineral Group*. Obtenido de mineral.galleries.com: <http://mineral.galleries.com/minerals/silicate/clays.htm>
- Angamarca Angamarca, Z. C. (2020). *Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Catamayo, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas y Puyango de la provincia de Loja a escala 1:50000*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja, Loja.
- ASTM. (128 – 01). *Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad*.
- ASTM. (136 – 01). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. Norma.
- ASTM. (D2216). *Determinación del contenido de humedad de suelo y rocas*.
- ASTM. (D4318). *Los métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos*.
- Barros Sierra, J. (Mayo de 2016). *Método de Prueba para determinnar la contracción lineal*. Obtenido de <https://fpuagrm.files.wordpress.com/2016/05/contraccion-lineal-cap-7-nmx-c-146-onncce-2003.pdf>
- Betancurt, D., Martinera, F., & Day, R. (2007). Influencia de la adición de carbonato de calcio en la eficiencia. *Rev. Ing. Constr*, 187-196.
- Brito, S., & Markwich Sosa, H. (1990). *Inventario de Materias Primas No Metálicas en el Ecuador. Provincia de Loja*. Quito: INEMIN-BGR.
- Camargo, J. A. (2004). *Manual de Geología Estructural*. Universidad Surcolombiana.
- Cañas, J. S. (1996). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz N° 200 (75um) en agregado mineral por lavado*. Universidad Centroamericana, San Salvador.
- Cornejo Aguilar, P. I. (2016). *Depósitos Minerales no Metálicos del Ecuador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.




- C21 Committee. (s. f.). Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, Ceramic Tiles, and Glass Tiles. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0373-88R06>
- Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica (0326-7040). EEA Bariloche.
- de Pablo, L. (1964). Las arcillas. I. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 49-91.
- Dean, W. E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *J. Sed. Petrol*, 242-248.
- D18 Committee. (s. f.). Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D2216-19>
- Domínguez, J. M., & Schifter, I. (1992). Las arcillas: El barro noble. Fondo de cultura económica Mexico.
- Fernandez, C., García, J., Lombardero, M., Sánchez, E., & Regueiro, M. (2002). *Materias primas para pavimentos y revestimientos cerámicos en la región de Murcia. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. <http://boletines.secv.es/upload/20090505124322.200140345.pdf>.
- Florez Arenas, A. (2018). Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de ladrillos en la ladrillera Mariscal Robledo S. A. *Facultad de Tecnologías: Química industrial*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71399397.pdf>
- Galan Huertos, E. (1990). *Arcillas*. España: Textos Universitarios.
- García-Romero, E., Suárez, M., & Bustillo, A. (2004). *Clays and Clay Minerals*. Madrid: Universidad Complutense.
- Gelder, A., & Asociación Española de Técnicos Cerámicos. (2004). *Tecnología Cerámica Aplicada/SACMI*. Castellon de la Plana: Faenza Editrice Ibérica.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Casanga. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Primera Actualización 2015 - 2019*.
- Guillem Monzonis, C., & Guillem Villar, M. (1988). Materias primas cerámicas. Yacimientos de arcillas y caolines.




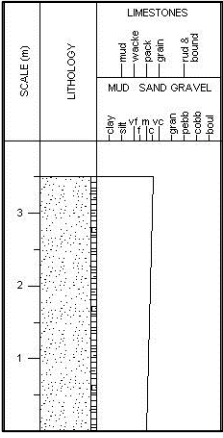
- Guimarães, T. L. B. (2016). Determinação da cor do solo pela carta de Munsell e por colorimetria.
- Hoja geológica Cariamanga (Instituto Geográfico Militar del Ecuador). (2012). [Map].
- Howard, A. D. (1967). Drainage analysis in geologic interpretation: A summation. AAPG bulletin, 51(11), 2246-2259.
- INEC. (1999). *Encuesta Anual de Manufactura y Minería*. Talleres Gráficos del INEC.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2019). Resolución N° 2019-082-DE. Instituto de Investigación Geológico y Energético. https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/15_Resolucion_No_2019-082-DE.pdf
- Linares González, J., Huertas García, F., & Capel Martínez, J. (2013). La arcillas como material cerámico. Características y comportamiento. *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*, 479-490. Obtenido de <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cpag/article/view/1224/1415>
- López Vergara, M. L. (1978). *Manual de Fotogeología*. Madrid: JEN.
- Mata-Fernández, I., Rodríguez-Gamiño, M., López-Blanco, J., & Vela-Correa, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(5), 26-35.
- Meijer, E. L., & Buurman, P. (2003). Chemical trends in a perhumid soil catena on the Turrialba volcano. *Geoderma*.
- Naciones Unidas. (24 de Junio de 2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- Parras, J. (2001). *Alteración de pizarras: mineralogía, propiedades y aplicaciones en la industria cerámica*. Universidad de castilla-la mancha, Ciudad Real.
- Prefectura de Loja. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Loja 2015-2025*. Prefectura de Loja, Loja. Obtenido de <https://prefectura Loja.gob.ec/documentos/lotaip/2019/PDOT-2019.pdf>
- Rhoades, J., Manteghi, N., Shouse, P., & Alves, W. (1989). Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. *Soil Science Society of America Journal*, 53(2), 433-439.
- Rus, J. (2007). Munsell color system.




- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Quito.
- Simonson, R. W. (1993). Soil color standards and terms for field use—History of their development. *Soil color*, 31, 1-20.
- Sosa Fabré, E. N. (2022). *Comparación de diferentes materiales originales arcillosos de la planicie costera del río de la plata paara su utilización en alfarería artesanal*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Uribe, R., Chico, A., Rosas, N., & Lascano, L. (2020). Minerales Arcillosos del Ecuador. Protocolo de Categorización Cerámica: Una Revisión. *Infoanalítica*, 57-80.
- Valarezo Riofrío, M. V. (2015). *Evaluación de las Arcillas de los barrios el Calvario y las Palmeras para el uso de Cerámica*. Trabajo de Fin de Titulación, Loja.
- Zea Osorio, N. L. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales*. Tesis para, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf




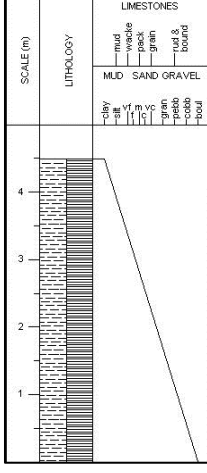
11. Anexos

Anexo 1. Fichas de Afloramientos




	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA																																																
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables																																																
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>																																																
	<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>																																																
Nº de Afloramiento	1	Código	AF01	Descripción Litológica Afloramiento Masivo, muy meteorizado, no se pueden diferenciar estratos, posible roca volcánica, fracturada, la cobertura vegetal se extiende por la superficie de la roca.																																													
Responsable	Cintha Isabela Chuncho Salas	Fecha	03/02/2023																																														
Ubicación																																																	
<i>Provincia</i>	Loja																																																
<i>Cantón</i>	Paltas																																																
<i>Parroquia</i>	Casanga																																																
<i>Sector</i>																																																	
Coordenadas																																																	
<i>Datum</i>	WGS 84																																																
<i>X</i>	633625																																																
<i>Y</i>	955537																																																
<i>Z</i>	1350.01																																																
Características																																																	
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico																																																
<i>Formación</i>	Ciano																																																
<i>Dimensiones</i>	A: 12m – h: 5m																																																
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado																																																
<i>Datos estructurales</i>	-																																																
Registro Fotográfico																																																	
																																																	
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">SCALE (m)</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">LITHOLOGY</th> <th colspan="6" style="text-align: center;">LIMESTONES</th> </tr> <tr> <th style="font-size: 8px;">mud</th> <th style="font-size: 8px;">SAND</th> <th style="font-size: 8px;">GRAVEL</th> <th style="font-size: 8px;">mud & sand</th> <th style="font-size: 8px;">bound</th> <th style="font-size: 8px;">fossil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="background-color: #e0e0e0;"></td> <td style="font-size: 8px;">-clay</td> <td style="font-size: 8px;">-silt</td> <td style="font-size: 8px;">-fine</td> <td style="font-size: 8px;">-medium</td> <td style="font-size: 8px;">-coarse</td> <td style="font-size: 8px;">-shell</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="background-color: #e0e0e0;"></td> <td style="font-size: 8px;">-mud</td> <td style="font-size: 8px;">-silt</td> <td style="font-size: 8px;">-fine</td> <td style="font-size: 8px;">-medium</td> <td style="font-size: 8px;">-coarse</td> <td style="font-size: 8px;">-shell</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="background-color: #e0e0e0;"></td> <td style="font-size: 8px;">-mud</td> <td style="font-size: 8px;">-silt</td> <td style="font-size: 8px;">-fine</td> <td style="font-size: 8px;">-medium</td> <td style="font-size: 8px;">-coarse</td> <td style="font-size: 8px;">-shell</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="background-color: #e0e0e0;"></td> <td style="font-size: 8px;">-mud</td> <td style="font-size: 8px;">-silt</td> <td style="font-size: 8px;">-fine</td> <td style="font-size: 8px;">-medium</td> <td style="font-size: 8px;">-coarse</td> <td style="font-size: 8px;">-shell</td> </tr> </tbody> </table>				SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES						mud	SAND	GRAVEL	mud & sand	bound	fossil	4		-clay	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell	3		-mud	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell	2		-mud	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell	1		-mud	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES																																															
		mud	SAND	GRAVEL	mud & sand	bound	fossil																																										
4		-clay	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell																																										
3		-mud	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell																																										
2		-mud	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell																																										
1		-mud	-silt	-fine	-medium	-coarse	-shell																																										





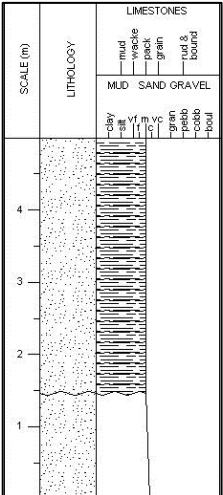
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	3	Código	AF03	Descripción Litológica
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento de arenisca metamorfozada, presenta bandeamiento e intercalaciones de estratos de material fino de potencias milimétricas
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Guaypirá			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	633966			
<i>Y</i>	9555228			
<i>Z</i>	1289.27			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Ciano			
<i>Dimensiones</i>	A: 15m – h: 3.4m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	197°/27 NW			
Registro Fotográfico				
				




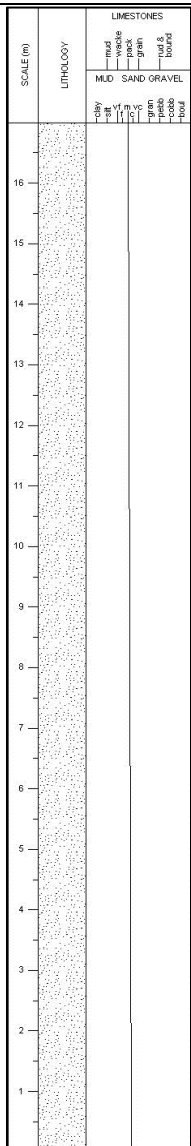
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA																																	
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables																																	
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial																																	
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>																																		
Nº de Afloramiento	4	Código	AF04																															
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023																															
Ubicación																																		
<i>Provincia</i>	Loja																																	
<i>Cantón</i>	Paltas																																	
<i>Parroquia</i>	Casanga																																	
<i>Sector</i>	Guaypirá																																	
Coordenadas																																		
<i>Datum</i>	WGS 84																																	
<i>X</i>	634182																																	
<i>Y</i>	955589																																	
<i>Z</i>	1325																																	
Características																																		
<i>Tipo de afloramiento</i>	Natural																																	
<i>Formación</i>	Ciano																																	
<i>Dimensiones</i>	A: 15m – h: 12m																																	
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado																																	
<i>Datos estructurales</i>	-																																	
Registro Fotográfico																																		
																																		
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">SCALE (m)</td> <td rowspan="2" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">LITHOLOGY</td> <td colspan="6" style="text-align: center;">LIMESTONES</td> </tr> <tr> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">mud</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">vashle</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">pack</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">gran</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">mud &</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">bound</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="6" style="text-align: center;">MUD SAND GRAVEL</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">sily</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">v m</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">v</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">gran</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">petro</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">collab</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">foul</td> </tr> </table>				SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES						mud	vashle	pack	gran	mud &	bound			MUD SAND GRAVEL								sily	v m	v	gran	petro	collab	foul
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES																																
		mud	vashle	pack	gran	mud &	bound																											
		MUD SAND GRAVEL																																
		sily	v m	v	gran	petro	collab	foul																										



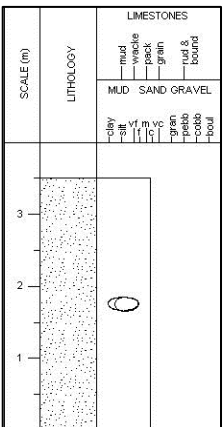

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>		
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>			
Nº de Afloramiento	5	Código	AF05
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023
Ubicación			
<i>Provincia</i>	Loja		
<i>Cantón</i>	Paltas		
<i>Parroquia</i>	Casanga		
<i>Sector</i>	Guaypirá		
Coordenadas			
<i>Datum</i>	WGS 84		
<i>X</i>	634248		
<i>Y</i>	9555494		
<i>Z</i>	1325.59		
Características			
<i>Tipo de afloramiento</i>	Natural		
<i>Formación</i>	Ciano		
<i>Dimensiones</i>	A: 4m – h: 4.5m		
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado		
<i>Datos estructurales</i>	-		
Registro Fotográfico			
			
			




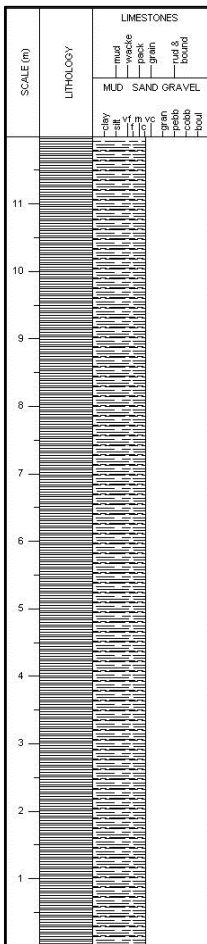
Afloramiento con arcilla desde la superficie, junto a esta se encuentra roca estratificada fracturada




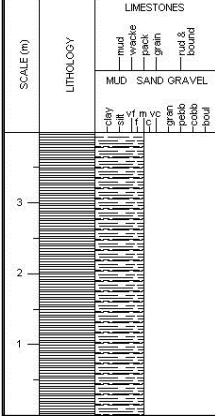
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA																																
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables																																
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>																																
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>																																	
Nº de Afloramiento	6	Código	AF06	Descripción Litológica																													
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023																														
Ubicación																																	
<i>Provincia</i>	Loja			Areniscas muy alteradas y meteorizadas, en un afloramiento masivo y con cobertura vegetal mínima																													
<i>Cantón</i>	Paltas																																
<i>Parroquia</i>	Casanga																																
<i>Sector</i>	Guaypirá																																
Coordenadas																																	
<i>Datum</i>	WGS 84																																
<i>X</i>	634283																																
<i>Y</i>	9555431																																
<i>Z</i>	1329.91																																
Características																																	
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico																																
<i>Formación</i>	Ciano																																
<i>Dimensiones</i>	A: 17m – h: 2,5m																																
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado																																
<i>Datos estructurales</i>	292/36 SW																																
Registro Fotográfico																																	
				<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">SCALE (m)</td> <td rowspan="2">LITHOLOGY</td> <td colspan="6">LIMESTONES</td> </tr> <tr> <td>hard</td> <td>medium</td> <td>soft</td> <td>cherty</td> <td>crin.</td> <td>rust & brownst.</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td rowspan="2">1</td> <td colspan="2">MUD</td> <td colspan="2">SAND</td> <td colspan="2">GRAVEL</td> </tr> <tr> <td>clay</td> <td>silt</td> <td>fine</td> <td>med</td> <td>coarse</td> <td>pebbles</td> <td>hoast</td> </tr> </table>	SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES						hard	medium	soft	cherty	crin.	rust & brownst.	2	1	MUD		SAND		GRAVEL		clay	silt	fine	med	coarse	pebbles	hoast
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES																															
		hard	medium	soft	cherty	crin.	rust & brownst.																										
2	1	MUD		SAND		GRAVEL																											
		clay	silt	fine	med	coarse	pebbles	hoast																									




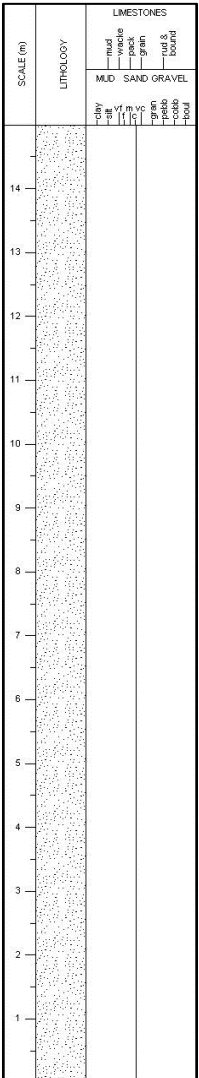
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	7	Código	AF07	Descripción Litológica
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			En la parte superior se encuentra arena y en la base areniscas que grano grueso, muy meteorizadas y alteradas
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Guaypirá			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	634074			
<i>Y</i>	9555165			
<i>Z</i>	1300.87			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Ciano			
<i>Dimensiones</i>	A: 20m – h: 5m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	215/30 NW			
Registro Fotográfico				
 				



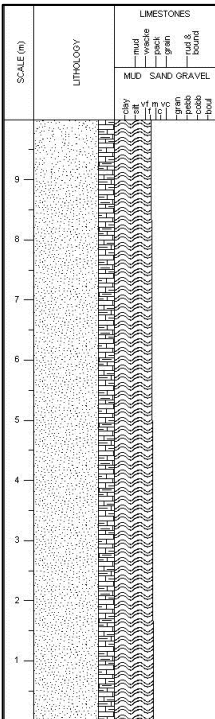

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>			
Nº de Afloramiento	8	Código	AF08
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023
Ubicación			
<i>Provincia</i>	Loja		
<i>Cantón</i>	Paltas		
<i>Parroquia</i>	Casanga		
<i>Sector</i>	Guaypirá		
Coordenadas			
<i>Datum</i>	WGS 84		
<i>X</i>	634044		
<i>Y</i>	9555123		
<i>Z</i>	1286.40		
Características			
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico		
<i>Formación</i>	Ciano		
<i>Dimensiones</i>	A: 25m – h: 17m		
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado		
<i>Datos estructurales</i>	-		
Registro Fotográfico			
			




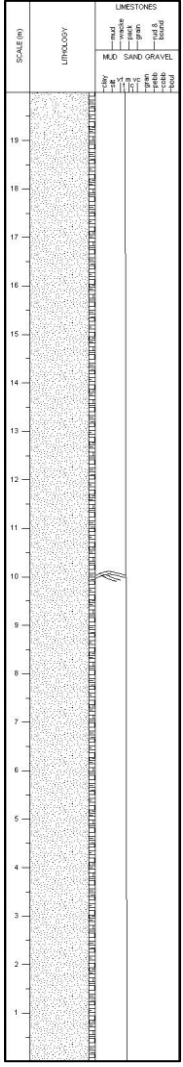
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	9	Código	AF09	Descripción Litológica
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo, no se pueden diferenciar estratos, dentro de la matriz de arenisca se encuentra una inclusión muy alterada
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Guaypirá			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	634133			
<i>Y</i>	9555017			
<i>Z</i>	1276.95			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Yunguilla			
<i>Dimensiones</i>	A: 6m – h: 3,5m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	10	Código	AF10	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chuncho Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento correspondiente a un solo material de coloraciones naranjas y grises, muy fracturado y con rotura en plano, no hay granos visibles
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Guaypirá			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	634284			
<i>Y</i>	9554854			
<i>Z</i>	1236.29			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Yunguilla			
<i>Dimensiones</i>	A: 25m – h: 12m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	296/52 SW (contacto)			
Registro Fotográfico				
				




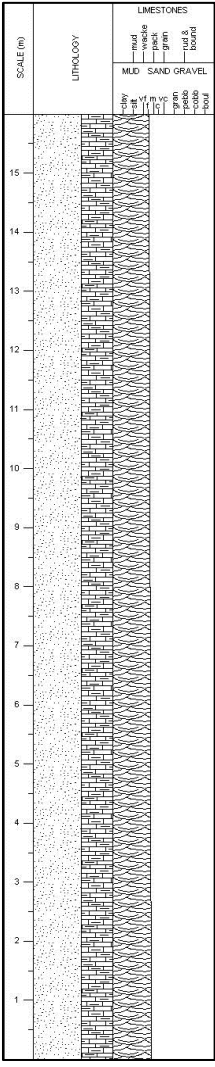
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	11	Código	AF11	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo de colores naranjas y grises, muy fracturado y con rotura en plano.
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Guaypirá			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	634301			
<i>Y</i>	9554946			
<i>Z</i>	1235.64			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Yunguilla			
<i>Dimensiones</i>	A: 15m – h: 4m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	287/55 SW			
Registro Fotográfico				
				




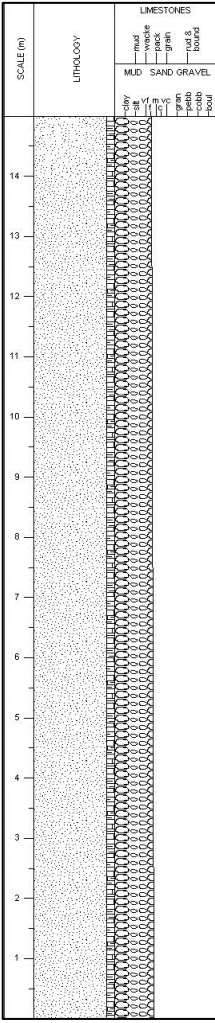
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables				
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>					
Nº de Afloramiento	12	Código	AF12	Descripción Litológica	
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023		
Ubicación					
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo, de material de grano grueso muy meteorizado	
<i>Cantón</i>	Paltas				
<i>Parroquia</i>	Casanga				
<i>Sector</i>	Guaypirá				
Coordenadas					
<i>Datum</i>	WGS 84				
<i>X</i>	634539				
<i>Y</i>	9554652				
<i>Z</i>	1167.84				
Características					
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico				
<i>Formación</i>	Yunguilla				
<i>Dimensiones</i>	A: 20 m – h: 15 m				
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado				
<i>Datos estructurales</i>	-				
Registro Fotográfico					
					



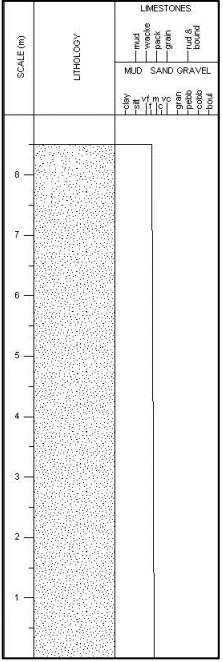

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	13	Código	AF13	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento estratificado de material arenoso, con vetillas de calcita, muy meteorizado
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	638313			
<i>Y</i>	9554622			
<i>Z</i>	927.70			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Casanga			
<i>Dimensiones</i>	A: 25m – h: 10m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	210/30 NW			
Registro Fotográfico				
				




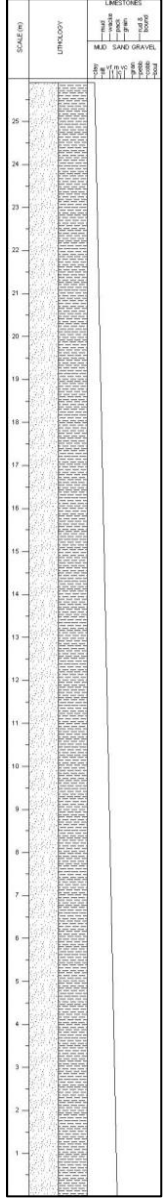
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>			
Nº de Afloramiento	14	Código	AF14
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023
Ubicación			
<i>Provincia</i>	Loja		
<i>Cantón</i>	Paltas		
<i>Parroquia</i>	Casanga		
<i>Sector</i>	Casanga		
Coordenadas			
<i>Datum</i>	WGS 84		
<i>X</i>	638203		
<i>Y</i>	9554802		
<i>Z</i>	943.50		
Características			
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico		
<i>Formación</i>	Casanga		
<i>Dimensiones</i>	A: 40m – h: 20m		
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado		
<i>Datos estructurales</i>	260 – 20 NW		
Registro Fotográfico			
			
			




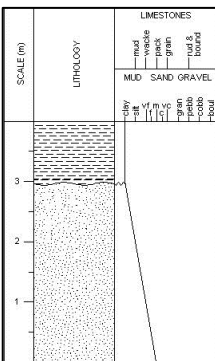
Afloramiento estratificado de material arenoso con vetillas de calcita que lo atraviesan, muy meteorizado y alterado




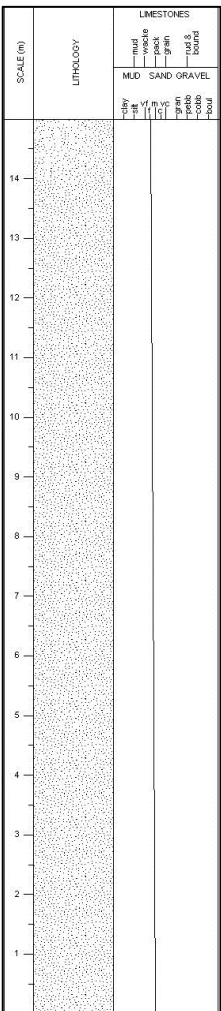
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	15	Código	AF15	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	28/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo muy meteorizado, alterado y disgregándose, material arenoso con vetillas de calcita
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	638146			
<i>Y</i>	9555122			
<i>Z</i>	959.89			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Casanga			
<i>Dimensiones</i>	A: 20m – h: 16m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				



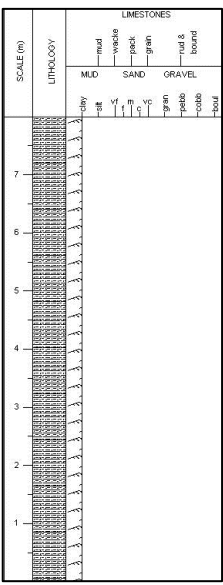
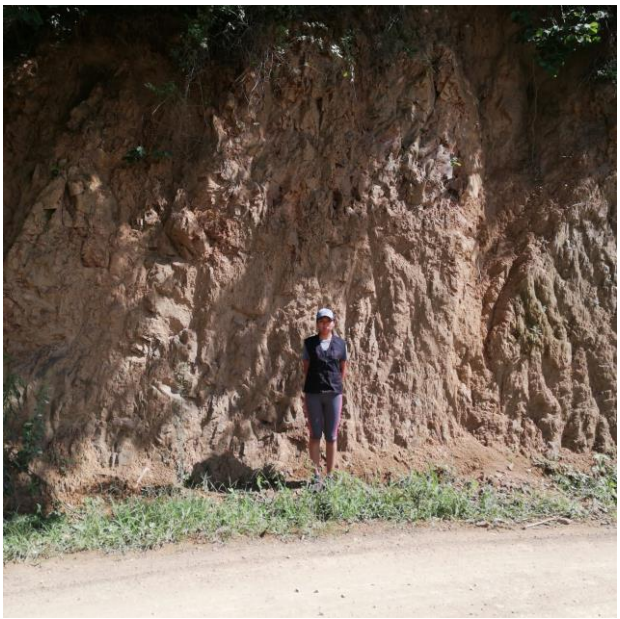
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	16	Código	AF16	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo de material arenoso, con inclusiones de rocas redondeadas, se pueden observar pliegues casi imperceptibles.
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637985			
<i>Y</i>	9555448			
<i>Z</i>	994.69			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Casanga			
<i>Dimensiones</i>	A: 23m – h: 15m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				




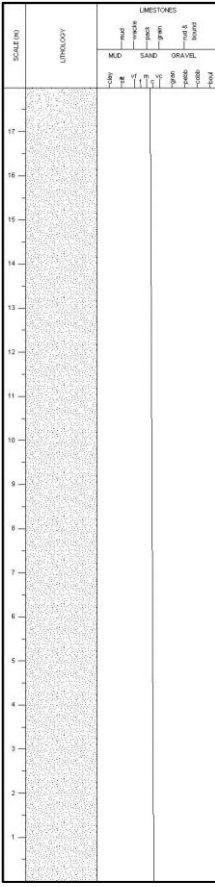
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	17	Código	AF17	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chuncho Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo de material arenoso, muy alterado y con material disgregado en la base
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637795			
<i>Y</i>	9555901			
<i>Z</i>	1028.53			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Casanga			
<i>Dimensiones</i>	A: 14m – h: 8,5m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				




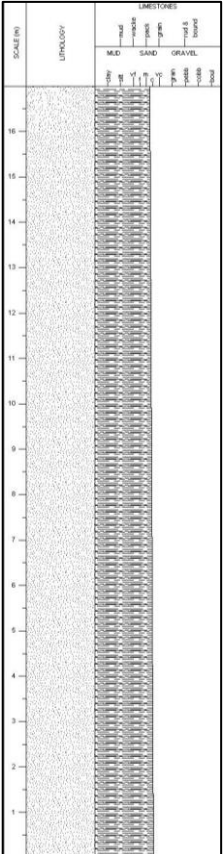
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	18	Código	AF18	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo, meteorizado, de grano grueso y fino, posible contacto, entre arenisca y lutita
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637025			
<i>Y</i>	9556488			
<i>Z</i>	1155.57			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Casanga			
<i>Dimensiones</i>	A: 10m – h: 25m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				




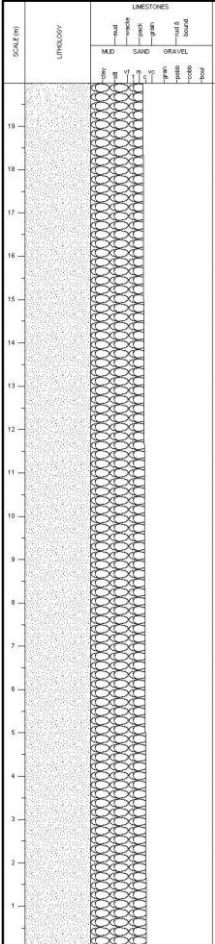
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	19	Código	AF19	Descripción Litológica
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento con roca estratificada muy meteorizada, con arcillas en la superficie muy cerca de la cobertura vegetal
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637203			
<i>Y</i>	9556868			
<i>Z</i>	1173,63			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Yunguilla			
<i>Dimensiones</i>	A: 3,5m – h: 4m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				





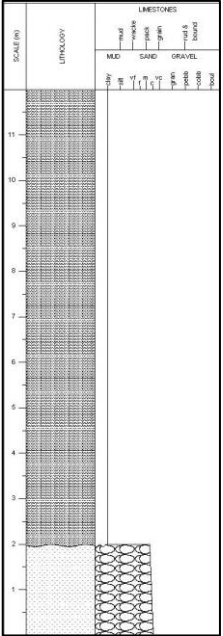
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	20	Código	AF20	Descripción Litológica
Responsable	Cintha Isabela Chuncho Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo, con material de grano fino dispuesto en estratos, muy meteorizado y fracturado con cobertura vegetal superficial
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637332			
<i>Y</i>	9557072			
<i>Z</i>	1187.87			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Yunguilla			
<i>Dimensiones</i>	A: 20m – h: 15m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				

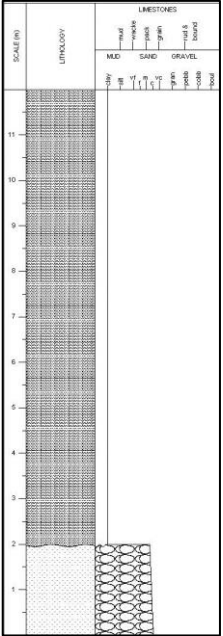
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	21	Código	AF24	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo de material de grano fino, muy meteorizado, fracturado y con cobertura vegetal abundante
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Casanga			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637535			
<i>Y</i>	9557192			
<i>Z</i>	1189.24			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Yunguilla			
<i>Dimensiones</i>	A: 17m – h: 8m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				




	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	22	Código	AF22	Descripción Litológica
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				
<i>Provincia</i>	Loja			Afloramiento masivo de material fino, muy alterado con posible oxidación, meteorizado y muy fracturado
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Buena Esperanza			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637350			
<i>Y</i>	9557704			
<i>Z</i>	1266.89			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Bramaderos			
<i>Dimensiones</i>	A: 20m – h: 18m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	-			
Registro Fotográfico				
				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables			
	<i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i>			
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>				
Nº de Afloramiento	23	Código	AF23	Descripción Litológica
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023	
Ubicación				<p>Afloramiento estratificado de material arenoso con intercalaciones de material más fino, muy alterado, meteorizado y fracturado</p>
<i>Provincia</i>	Loja			
<i>Cantón</i>	Paltas			
<i>Parroquia</i>	Casanga			
<i>Sector</i>	Buena Esperanza			
Coordenadas				
<i>Datum</i>	WGS 84			
<i>X</i>	637221			
<i>Y</i>	9557762			
<i>Z</i>	1300.70			
Características				
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico			
<i>Formación</i>	Bramaderos			
<i>Dimensiones</i>	A: 19m – h: 17m			
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado			
<i>Datos estructurales</i>	174/14 SW			
Registro Fotográfico				
				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>			
Nº de Afloramiento	24	Código	AF242
Responsable	Cinthy Isabela Chuncho Salas	Fecha	03/02/2023
Ubicación			
<i>Provincia</i>	Loja		
<i>Cantón</i>	Paltas		
<i>Parroquia</i>	Casanga		
<i>Sector</i>	Buena Esperanza		
Coordenadas			
<i>Datum</i>	WGS 84		
<i>X</i>	636940		
<i>Y</i>	9558190		
<i>Z</i>	1340.27		
Características			
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico		
<i>Formación</i>	Ciano		
<i>Dimensiones</i>	A: 25m – h: 20m		
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado		
<i>Datos estructurales</i>	-		
Registro Fotográfico			
			
Afloramiento masivo de material fino y con inclusiones de rocas grandes redondeada y rocas pequeñas angulosas			

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>			
Nº de Afloramiento	25	Código	AF25
Responsable	Cintha Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023
Ubicación			
<i>Provincia</i>	Loja		
<i>Cantón</i>	Paltas		
<i>Parroquia</i>	Casanga		
<i>Sector</i>	Buena Esperanza – San Francisco		
Coordenadas			
<i>Datum</i>	WGS 84		
<i>X</i>	637079		
<i>Y</i>	9558933		
<i>Z</i>	1439.50		
Características			
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico		
<i>Formación</i>	Ciano		
<i>Dimensiones</i>	A: 18m – h: 12m		
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado		
<i>Datos estructurales</i>	-		
Registro Fotográfico			
			
			



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA																																																																																						
	Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables																																																																																						
	Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial																																																																																						
<i>Caracterización mineralógica y mecánica de las arcillas presentes en la parroquia Casanga, cantón Loja, provincia de Loja, para el aprovechamiento en la industria cerámica</i>																																																																																							
Nº de Afloramiento	26	Código	AF26																																																																																				
Responsable	Cinthy Isabela Chunchu Salas	Fecha	03/02/2023																																																																																				
Ubicación																																																																																							
<i>Provincia</i>	Loja																																																																																						
<i>Cantón</i>	Paltas																																																																																						
<i>Parroquia</i>	Casanga																																																																																						
<i>Sector</i>	Buena Esperanza – San Francisco																																																																																						
Coordenadas																																																																																							
<i>Datum</i>	WGS 84																																																																																						
<i>X</i>	637223																																																																																						
<i>Y</i>	9559047																																																																																						
<i>Z</i>	1497.71																																																																																						
Características																																																																																							
<i>Tipo de afloramiento</i>	Antrópico																																																																																						
<i>Formación</i>	Ciano																																																																																						
<i>Dimensiones</i>	A: 28m – h: 15m																																																																																						
<i>Estado de Alteración</i>	Muy Alterado																																																																																						
<i>Datos estructurales</i>	-																																																																																						
Registro Fotográfico																																																																																							
			<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 8px; margin-right: 5px;">SCALE (m)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <table border="1" style="font-size: 6px; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LITHOLOGY</th> <th colspan="4">LIMESTONES</th> </tr> <tr> <th>MED.</th> <th>SAND</th> <th>GRAVEL</th> <th>SHALE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	LITHOLOGY	LIMESTONES				MED.	SAND	GRAVEL	SHALE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0	0	0	9	0	0	0	0	10	0	0	0	0	11	0	0	0	0	12	0	0	0	0	13	0	0	0	0	14	0	0	0	0
LITHOLOGY	LIMESTONES																																																																																						
	MED.	SAND	GRAVEL	SHALE																																																																																			
0	0	0	0	0																																																																																			
1	0	0	0	0																																																																																			
2	0	0	0	0																																																																																			
3	0	0	0	0																																																																																			
4	0	0	0	0																																																																																			
5	0	0	0	0																																																																																			
6	0	0	0	0																																																																																			
7	0	0	0	0																																																																																			
8	0	0	0	0																																																																																			
9	0	0	0	0																																																																																			
10	0	0	0	0																																																																																			
11	0	0	0	0																																																																																			
12	0	0	0	0																																																																																			
13	0	0	0	0																																																																																			
14	0	0	0	0																																																																																			

Anexo 2. Litología por Fotointerpretación

Con el fin de complementar la información litológica recolectada a través del levantamiento de afloramientos y así generar una litología más acertada, se realizó el análisis de la litología por fotointerpretación, utilizando ortofotos del año 2011 que fueron facilitadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), las hojas geológicas de Zaruma y Cariamanga a escala 1:100000 y la carta topográfica de Celica a escala 1:50000, así como información bibliográfica de hidrología y geomorfología de la zona.

Para generar la información litológica se relacionó dos parámetros relevantes para este fin: los tipos de drenajes y las texturas del área.

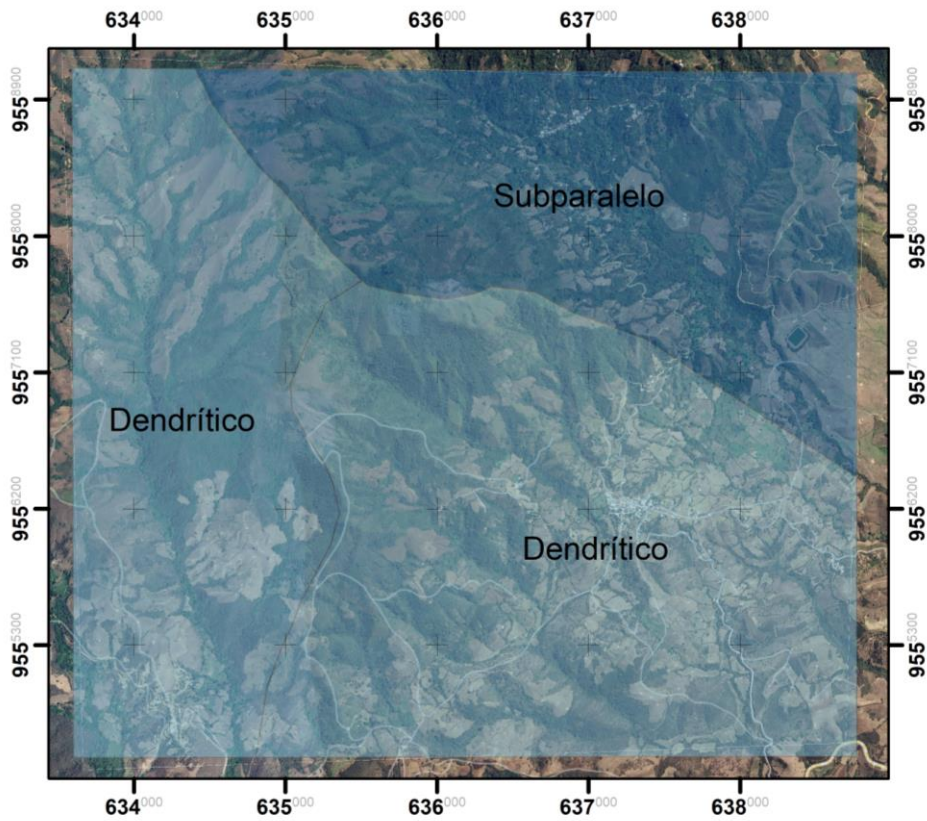
Drenaje

- **Drenaje Dendrítico:**

En la zona Sur y Oeste del área encontramos este tipo drenaje, donde las redes hídricas se abren a manera de raíces, de acuerdo con Howard, (1967) este tipo de drenaje es propio de muchos ambientes, pero generalmente se presenta sobre materiales homogéneos en composición y sin control estructural, como materiales sedimentarios poco consolidados, su presencia se vincula con litología de baja permeabilidad, baja cobertura vegetal y zonas litológicamente muy alteradas.

- **Drenaje Subparalelo**

Este tipo de drenaje se presentó en la zona Noroeste, se caracteriza por tener ramificaciones con ángulos agudos, paralelos entre sí mientras se alejan del cauce principal, pero perpendiculares al mismo, este drenaje se presenta en pendientes uniformes y se desarrollan paralelamente a la dirección de rocas sedimentarias fuertemente plegadas. Este tipo de drenaje es propio de rocas sedimentarias limo - arcillosas



Texturas

- **Rugosa**

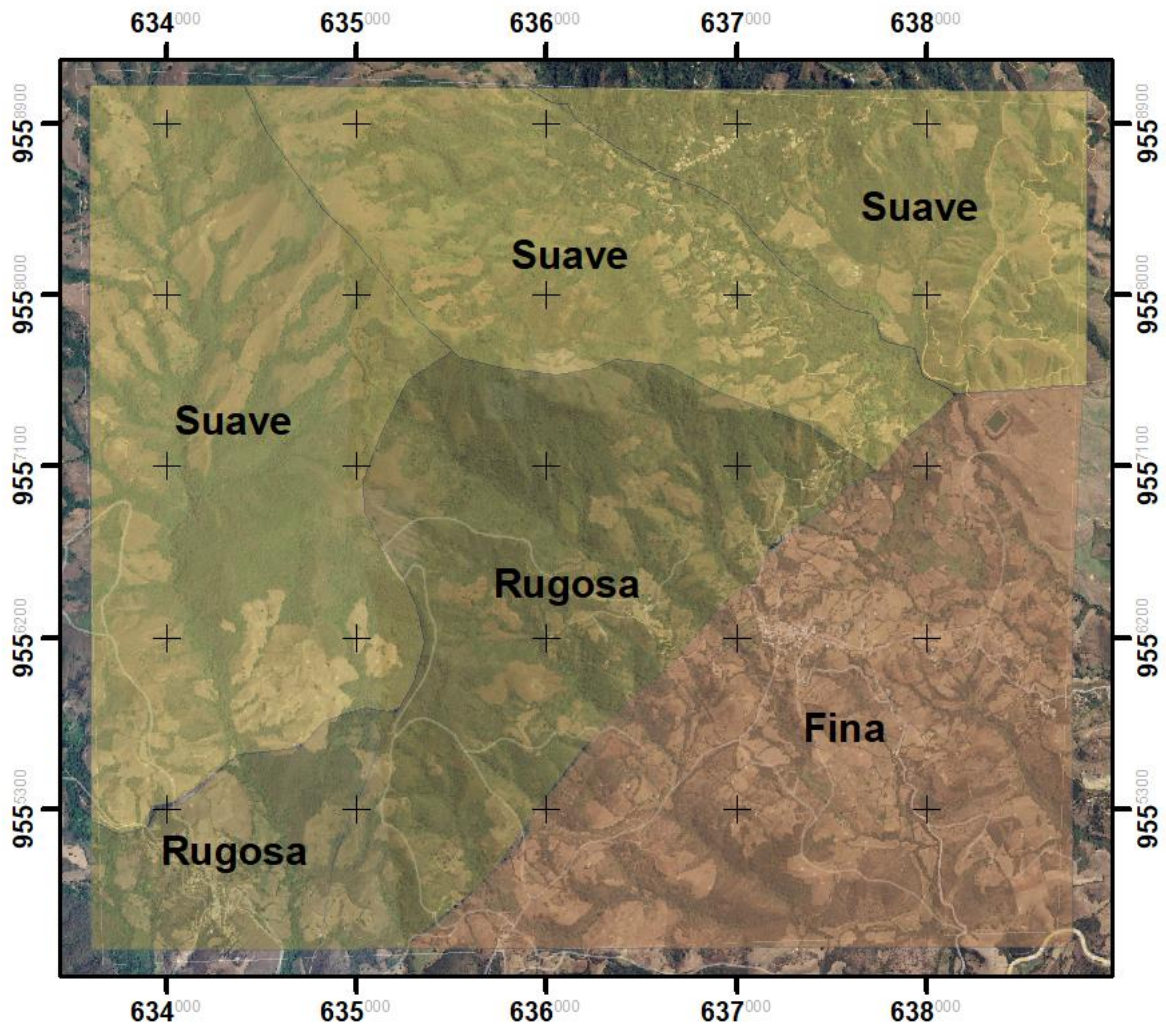
En la zona media del área se identificó una textura rugosa, asociada con un drenaje dendrítico, que se extiende por la ladera de la zona con mayores cotas, en este contexto geológico este tipo de textura se asocia a rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas, sedimentarias clásticas arenosas y volcanosedimentarias tipo areniscas, limolitas y tobas.

- **Suave**

Este tipo de textura se localiza en el norte y oeste de la zona de estudio, está asociada a rocas sedimentarias clásticas limo – arcillosas, y carbonatadas y presenta un drenaje bus paralelo.

- **Fina**

Ubicado en la zona Sureste, esta textura con un drenaje dendrítico, se asocia con rocas metamórficas carbonatadas, rocas sedimentarias clásticas limo – arcillosas y rocas sedimentarias carbonatadas, esta zona constituye la de menor altitud en toda el área.



Anexo 3. Informe de Fluorescencia de Rayos X



UTPL
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ANALÍTICA

Asunto: Informe de Fluorescencia de Rayos X

Método: Mining Light Elements (MLE)

Solicitante: Cinthya Isabela Chuncho Salas

Fecha de entrega: 31 de julio de 2023

En la siguiente tabla se presentan los valores de composición química, obtenidos mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) de las muestras correspondientes al **PED-0040**, empleando el equipo Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X portátil marca Bruker S1 Turbo SD.

MUESTRA	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	S (%)	TiO ₂ (%)
AF25M01 3-3	26.0	33.7	ND	0.086	1.39
	CaO (%)	Fe₂O₃ (%)			
	0.28	8.04			
AF05M01 3-3	Al₂O₃ (%)	SiO₂ (%)	P₂O₅ (%)	S (%)	TiO₂ (%)
	25.6	32.5	ND	0.06	1.36
	CaO (%)	Fe₂O₃ (%)			
	0.31	8.33			
AF24M01 2-3	Al₂O₃ (%)	SiO₂ (%)	P₂O₅ (%)	S (%)	TiO₂ (%)
	27.5	34.1	ND	0.09	1.38
	CaO (%)	Fe₂O₃ (%)			
	0.26	8.05			
AF26M01 1-2	Al₂O₃ (%)	SiO₂ (%)	P₂O₅ (%)	S (%)	TiO₂ (%)
	23.3	50.7	0.14	0.063	0.73
	CaO (%)	Fe₂O₃ (%)			
	0.26	5.43			

Estos resultados corresponden a la composición química de la muestra expresada en elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0,1%) y trazas (ppm).

ND: No detectó.

Observaciones: El Na₂O y Carbono no es analizado por FRX, pero la muestra los puede contener.

Universidad Técnica Particular de Loja (U.T.P.L) y Laboratorio de Geoquímica Analítica se deslindan de toda responsabilidad civil, laboral y penal, derivado del protocolo de muestreo de las alícuotas ingresadas al laboratorio que puedan alterar los resultados del análisis, puesto que en este caso no fueron tomadas por un representante de la U.T.P.L.



Ing. Carlos Roberto Correa J.
Técnico de Laboratorio de Geoquímica Analítica

San Cayetano Alto s/n Loja -
Ecuador
Telf.: (593 - 7) 3701444
Fax: (593 - 7) 2584893
informacion@utpl.edu.ec Apartado
Postal: 11 - 01 - 608 www.utpl.edu.ec

Anexo 4. Informe de Difracción de Rayos X



Universidad Técnica Particular de Loja
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento de Geociencias
Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X
Cliente: Cinthya Isabela Chuncho Salas
Fecha: 04-08-2023

INFORME DE DRX

A continuación, se presente el informe sobre el análisis mineralógico de Difracción de Rayos X de las muestras: AF24 M01 2-3, AF05 M01 3-3, AF25 M01 3-3 y AF26 M02 1-2, expediente PED-0040-2023, empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y los programas para la determinación cualitativa y semicuantitativa DIFFRAC.EVA y TOPAS.

Muestra	Fases Minerales	Semicuantificación (%)
AF24 M01 2-3	Caolinita	91,1
	Goethita	8,9
AF05 M01 3-3	Caolinita	73,7
	Cuarzo	26,0
AF25 M01 3-3	Goethita	0,3
	Cuarzo	3,4
	Goethita	9,9
	Antigorita	12,4
AF26 M02 1-2	Caolinita	74,3
	Cuarzo	67,3
AF26 M02 1-2	Caolinita	20,9
	Antigorita	11,8

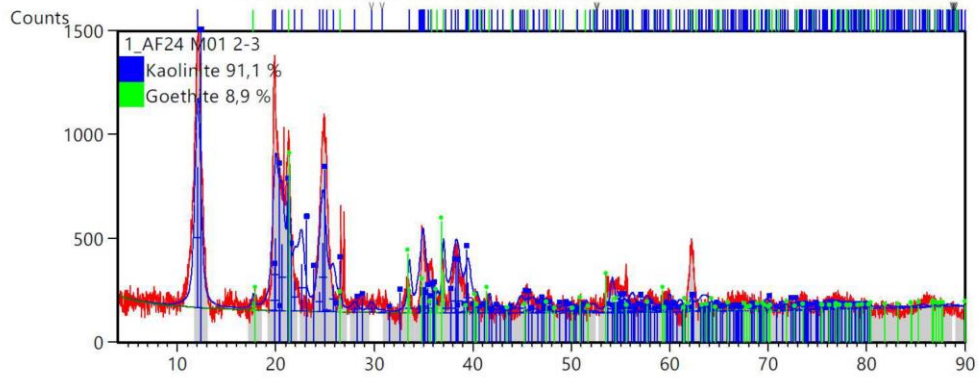
Este análisis mineralógico semicuantitativo refleja la composición de la parte cristalina de la muestra. La misma puede contener fases amorfas. El laboratorio no se hace responsable por el muestreo previo al análisis.

**John
Manrique**
Firmado digitalmente por John Manrique
Fecha: 2023.08.04 17:43:48 -05'00'

M.Sc. en Geoquímica John Manrique
ANALISTA de DRX

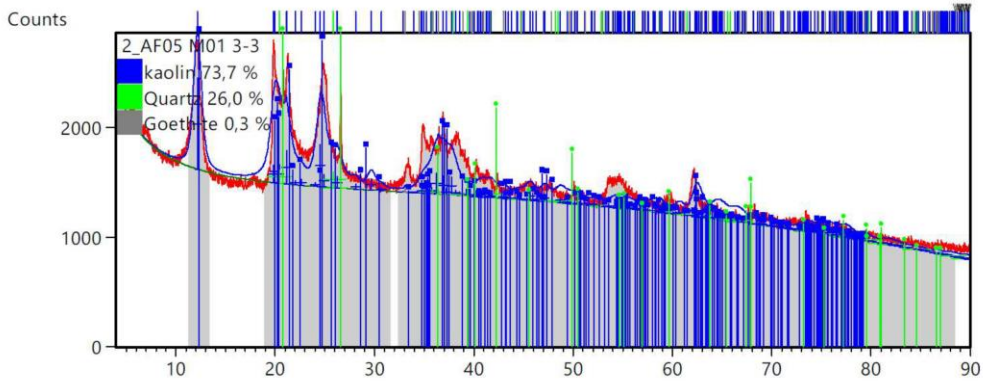
P. D.: Se adjuntan difractogramas.

ANEXO 1. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA AF24 M01 2-3.

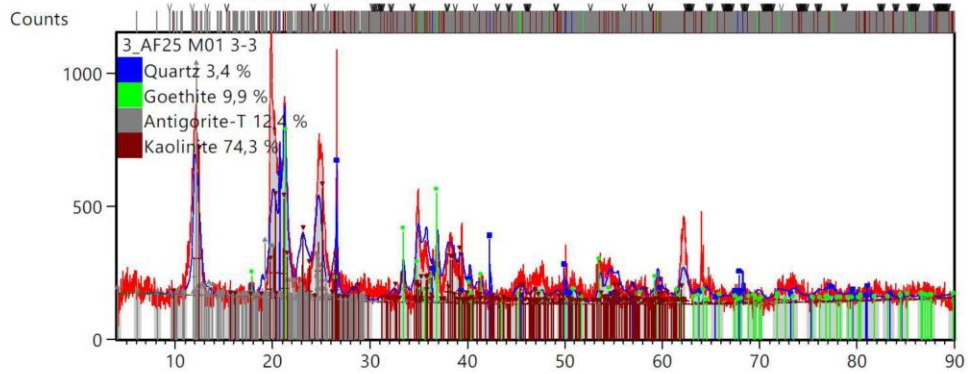


2

ANEXO 2. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA AF05 M01 3-3.

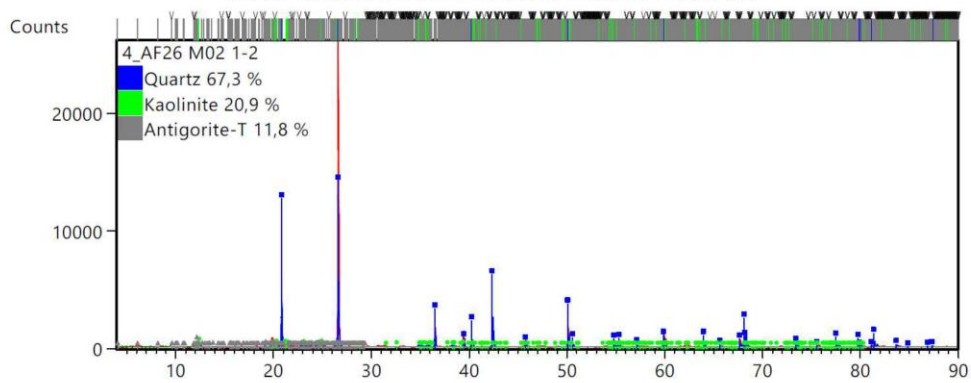


ANEXO 3. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA AF25 M01 3-3.

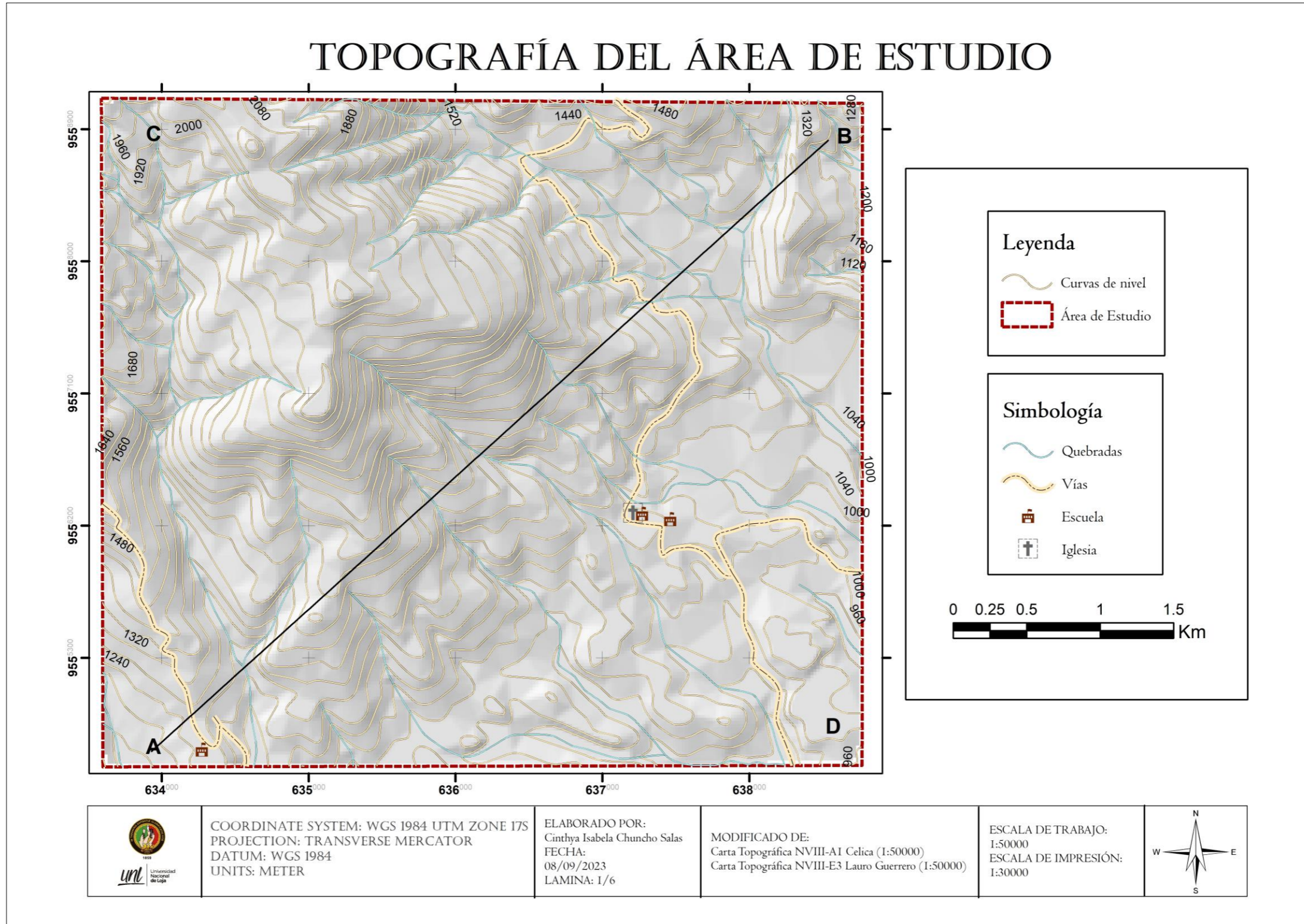


4

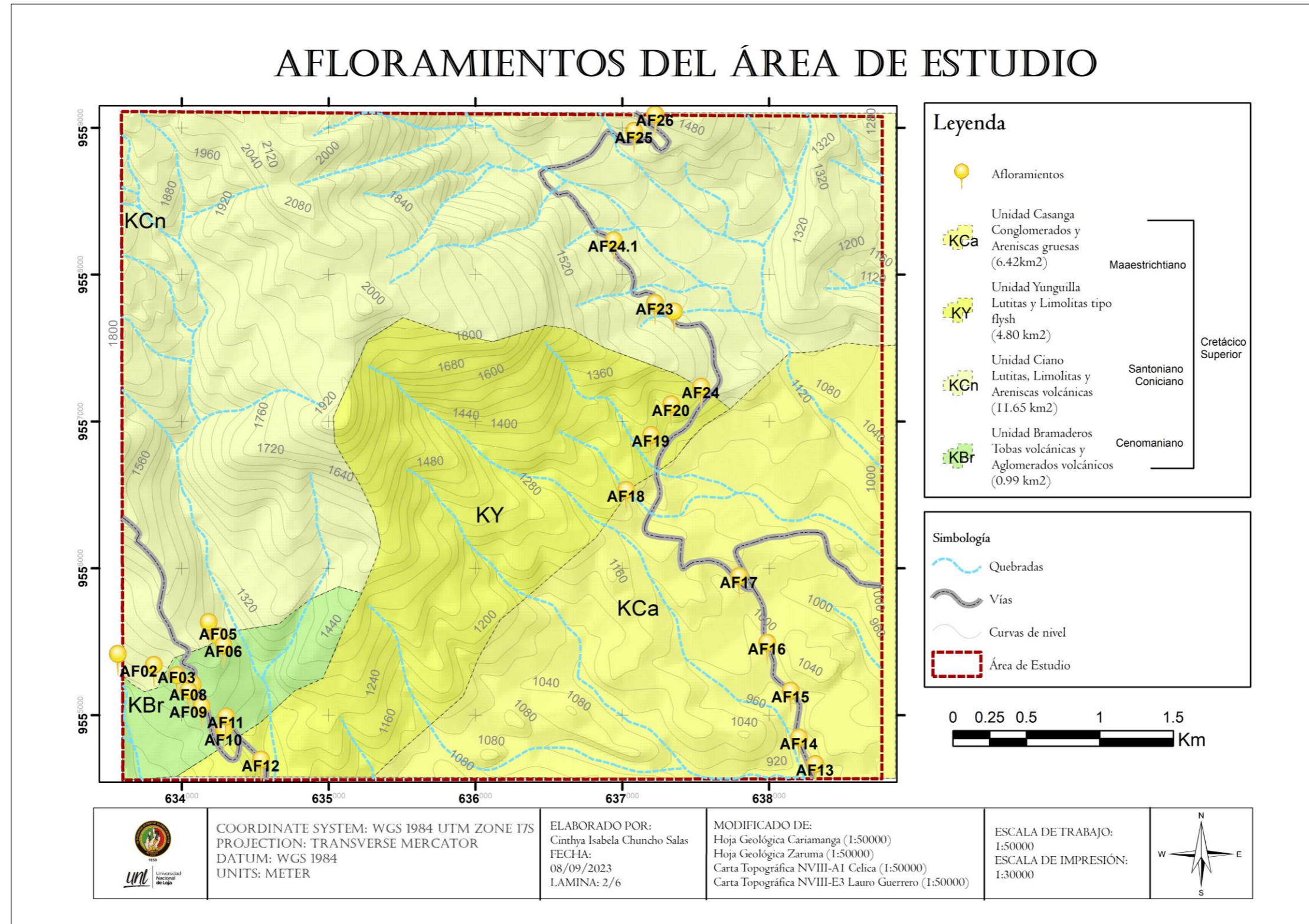
ANEXO 4. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA AF26 M02 1-2.



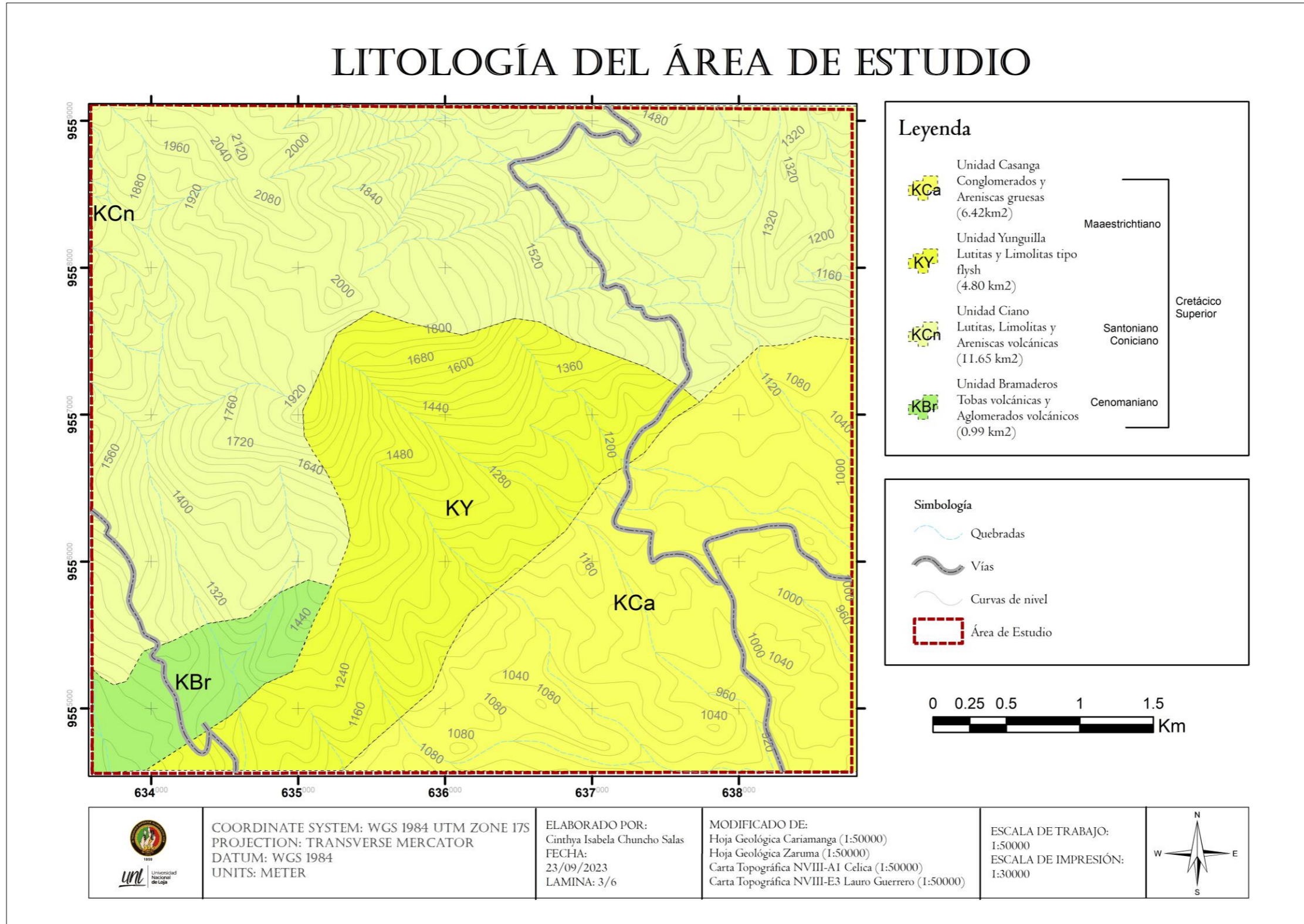
Anexo 5. Mapa topográfico de área de estudio (a escala)



Anexo 6. Afloramientos en el área de estudio (a escala)

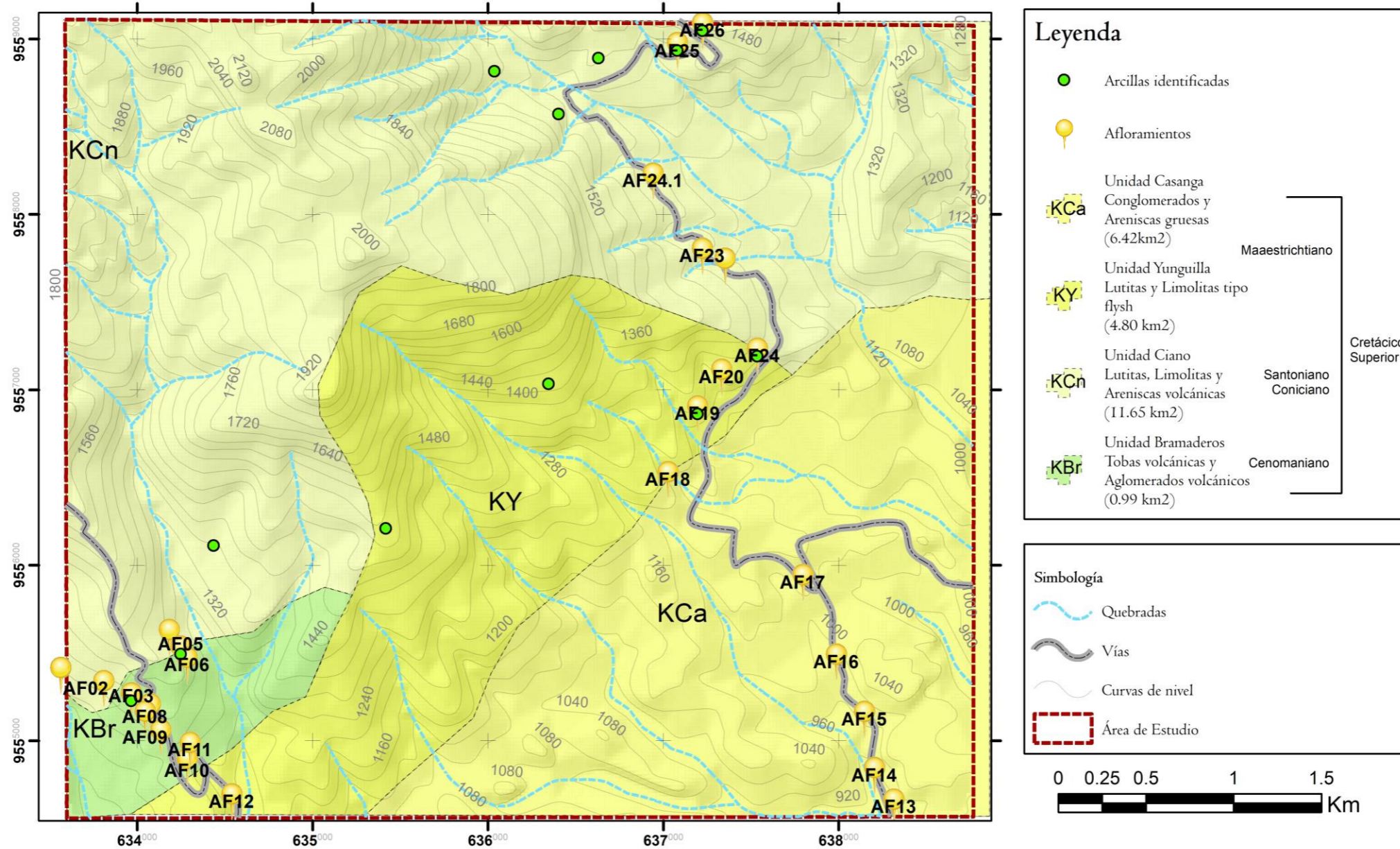


Anexo 7. Mapa de litología del área de estudio (a escala)



Anexo 8. Arcillas Identificadas en el área de estudios (a escala)

ARCILLAS IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



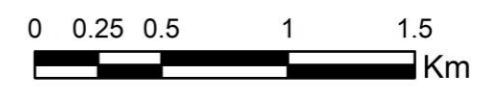
Leyenda

- Arcillas identificadas
- Afloramientos
- Unidad Casanga
Conglomerados y Areniscas gruesas (6.42km²)
- Unidad Yunguilla
Lutitas y Limolitas tipo flysh (4.80 km²)
- Unidad Ciano
Lutitas, Limolitas y Areniscas volcánicas (11.65 km²)
- Unidad Bramaderos
Tobas volcánicas y Aglomerados volcánicos (0.99 km²)

Maastrichtiano
Cretácico Superior
Santoniano Coniaciano
Cenomaniano

Simbología

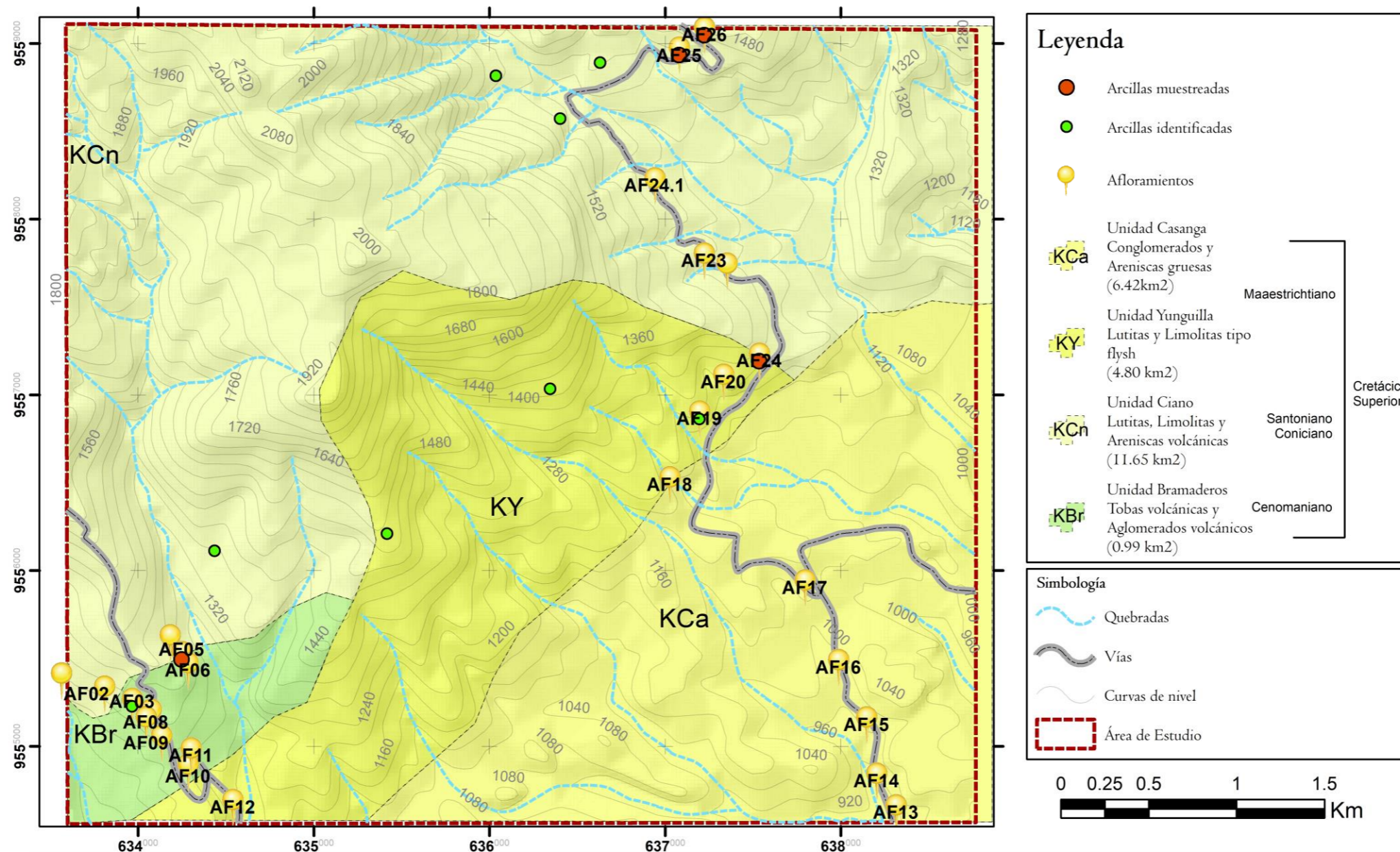
- Quebradas
- Vías
- Curvas de nivel
- Área de Estudio



	COORDINATE SYSTEM: WGS 1984 UTM ZONE 17S	ELABORADO POR: Cinthya Isabela Chunchu Salas	MODIFICADO DE: Hoja Geológica Cariamanga (1:50000)	ESCALA DE TRABAJO: 1:50000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:30000	
	PROJECTION: TRANSVERSE MERCATOR	FECHA: 08/09/2023	Hoja Geológica Zaruma (1:50000)		
	DATUM: WGS 1984	LAMINA: 4/6	Carta Topográfica NVIII-A1 Celica (1:50000)		
	UNITS: METER		Carta Topográfica NVIII-E3 Lauro Guerrero (1:50000)		

Anexo 9. Arcillas muestreadas en la zona (a escala)

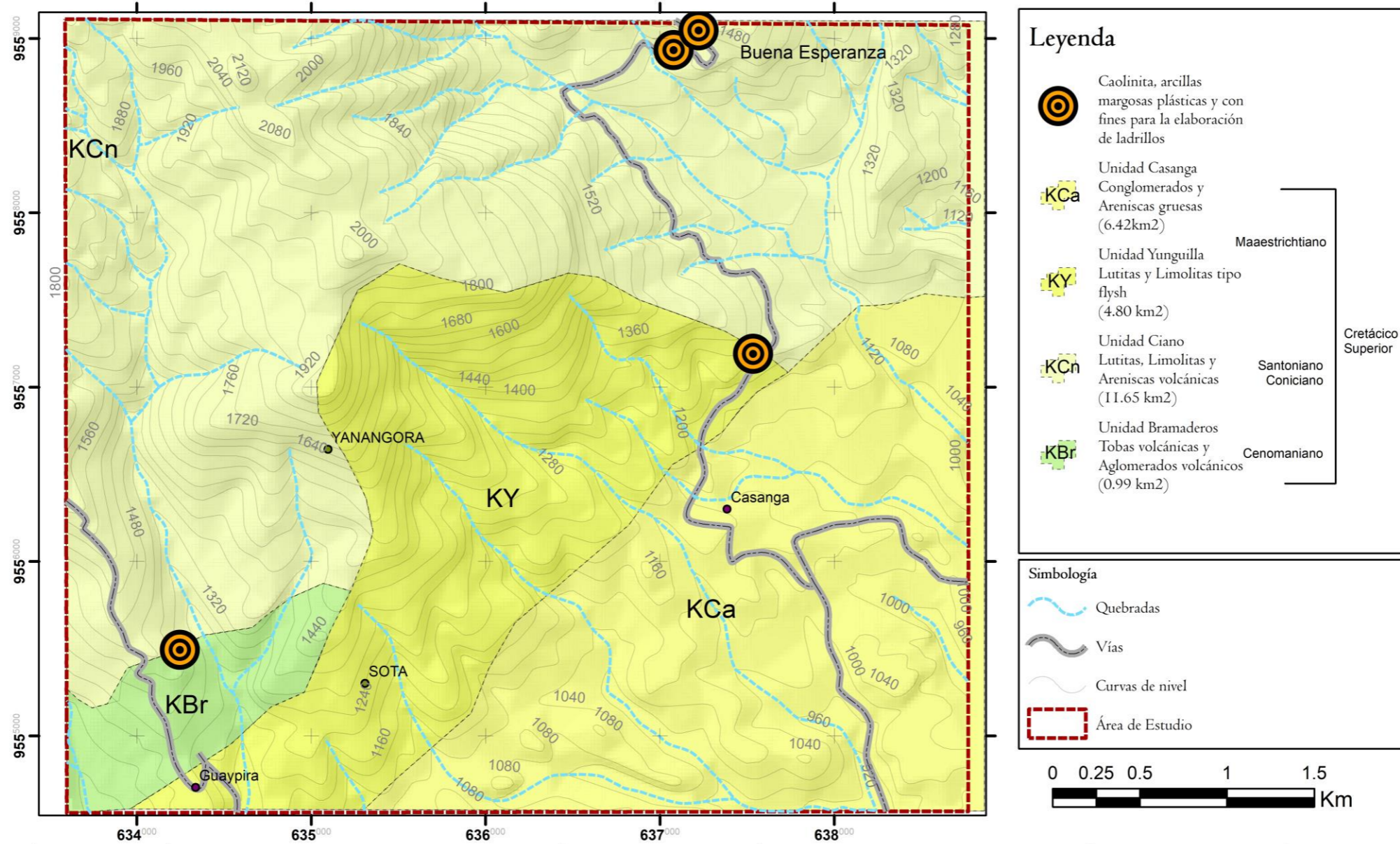
MUESTREO DE ARCILLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



	<p>COORDINATE SYSTEM: WGS 1984 UTM ZONE 17S PROJECTION: TRANSVERSE MERCATOR DATUM: WGS 1984 UNITS: METER</p>	<p>ELABORADO POR: Cinthya Isabela Chunchu Salas FECHA: 08/09/2023 LAMINA: 5/6</p>	<p>MODIFICADO DE: Hoja Geológica Carimanga (1:50000) Hoja Geológica Zaruma (1:50000) Carta Topográfica NVIII-A1 Celica (1:50000) Carta Topográfica NVIII-E3 Lauro Guerrero (1:50000)</p>	<p>ESCALA DE TRABAJO: 1:50000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:30000</p>	
--	---	---	--	---	--

Anexo 10. Tipo de arcillas en la parroquia Casanga (a escala)

DISTRIBUCIÓN DE LAS ARCILLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Leyenda

- Caolinita, arcillas margosas plásticas y con fines para la elaboración de ladrillos
- Unidad Casanga Conglomerados y Areniscas gruesas (6.42km²)
- Unidad Yunguilla Lutitas y Limolitas tipo flysh (4.80 km²)
- Unidad Ciano Lutitas, Limolitas y Areniscas volcánicas (11.65 km²)
- Unidad Bramaderos Tobas volcánicas y Aglomerados volcánicos (0.99 km²)

Maestrichtiano
 Santoniano Conociano
 Cretácico Superior
 Cenomaniano

Simbología

- Quebradas
- Vías
- Curvas de nivel
- Área de Estudio



	COORDINATE SYSTEM: WGS 1984 UTM ZONE 17S	ELABORADO POR:	MODIFICADO DE:	
	PROJECTION: TRANSVERSE MERCATOR	Cinthya Isabela Chunchu Salas	Hoja Geológica Cariamanga (1:50000)	
	DATUM: WGS 1984	FECHA:	Hoja Geológica Zaruma (1:50000)	ESCALA DE TRABAJO:
	UNITS: METER	08/09/2023	Carta Topográfica NVIII-A1 Celica (1:50000)	ESCALA DE IMPRESIÓN:
		LAMINA: 6/6	Carta Topográfica NVIII-E3 Lauro Guerrero (1:50000)	1:30000

Anexo 11. Certificación de traducción del Resumen

Loja, 05 de enero del 2023

Yo, Rocío Magaly Salas Paucar, con cédula de identidad: 1103724942, Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés.

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español a idioma inglés correspondiente a un resumen del Trabajo de Titulación, el cual se realizó en base a los documentos originales entregados por su autora, la Srta. Cinthya Isabela Chuncho Salas, con cédula de identidad: 1105712051, traducción que servirá para fines personales y académicos de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad y a su vez autorizo a la interesada a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.



Lic. Rocío Magaly Salas Paucar
C.I. 1103724942