



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

**Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-  
Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Díaz Capa, Wilman Hernán

**DIRECTOR:** Guartán Medina, José Arturo, MSc.

LOJA ECUADOR

2015

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

MAGISTER.

José Arturo Guartán Medina.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN.

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: “Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja” realizado por Wilman Hernán Díaz Capa, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2015.

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Wilman Hernán Díaz Capa declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación “Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja”, de la Titulación en Geología y Minas; siendo José Arturo Guartán Medina, MSc. director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disponibilidad del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Wilman Hernán Díaz Capa

1104814809

## DEDICATORIA

*El Éxito que he alcanzado lo dedicó a Dios quien ha guiado mi vida durante este largo trayecto. A mis queridos padres Ítalo y Carmita que depositaron toda su confianza en mí y me brindaron apoyo incondicional. A mis dos hermanas Diana y Lizbeth por la paciencia que me supieron tener durante toda su vida. A mis abuelitos Felicia y Marcelino, Josefina y Ángel que me brindaron mucho cariño en mi infancia y ahora me llenan de sapiencia con sus consejos.*

*Este logro también les dedico a mis tíos, primos y toda mi familia por ser parte de mi vida. A mis buen@s amig@s con los cuales se pasaron buenos momentos de diversión y regocijo.*

*“Cualquier cosa que valga la pena tener en la vida merece que se trabaje por ella, incluido la persona viviente más importante” Andrew. Carnegie.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Dejo constancia de mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja en las personas de MSc. José A. Guartán e Ing. Verónica Freire por su apoyo dirección e ilustraciones durante el trayecto como estudiante y también para el éxito de esta investigación, agradezco a toda la planta docente de la Titulación de Ingeniería en Geología y Minas por transmitir ampliamente sus enseñanzas.

A la Dra. Silvia Gonzales del departamento de Química Aplicada le agradezco por la ayuda y facilidades que nos prestó en el desarrollo del proyecto, a la Ing. Jessica Cuestas, quiero agradecerle su amistad, orientación y ayuda brindada en la elaboración de esta tesis de ingeniero, la cual no habría sido posible llevar a cabo sin sus conocimientos.

A los compañeros Marco Valarezo y Leonardo Valle por ese espíritu de compañerismo, nobleza y de trabajo en equipo que se existió en la ejecución de esta investigación.

A mis padres y hermanas que me han apoyado constantemente, a toda mi familia y amigos que estuvieron conmigo durante esta etapa de mi vida, Gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>CAPÍTULO I</b> .....	14
<b>GENERALIDADES</b> .....	14
<b>1.1. Antecedentes.</b> .....	15
<b>1.2. Justificación.</b> .....	16
<b>1.3. Objetivos.</b> .....	17
<b>1.3.1. Objetivo General:</b> .....	17
<b>1.3.2. Objetivos Específicos:</b> .....	17
<b>CAPÍTULO II</b> .....	18
<b>ASPECTOS FÍSICOS Y GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO</b> .....	18
<b>2.1. Localización Geográfica.</b> .....	19
<b>2.2. Acceso.</b> .....	21
<b>2.3. Hidrografía.</b> .....	22
<b>2.4. Climatología y vegetación.</b> .....	23
<b>CAPÍTULO III</b> .....	24
<b>GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	24
<b>3.1. Geomorfología.</b> .....	25
<b>3.2. Contexto Geológico.</b> .....	26
<b>1.3.3. Geología Regional.</b> .....	26
<b>1.3.4. Geología Local.</b> .....	30
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	33
<b>METODOLOGÍA</b> .....	33
<b>4.1. Recopilación de información.</b> .....	34
<b>4.2. Trabajo de campo.</b> .....	35
<b>4.3.1. Reconocimiento de campo.</b> .....	35
<b>4.3.2. Mapeo y muestreo.</b> .....	35
<b>4.3. Trabajo de laboratorio.</b> .....	36
<b>4.3.1. Tratamiento de las muestras.</b> .....	36

4.3.2. Ensayos Mecánicos.....	37
4.3.3. Ensayos Físicos. ....	37
4.3.4. Ensayos Químicos.....	38
<b>CAPÍTULO V</b> .....	39
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	39
<b>5.1. Resultado de las muestras</b> .....	42
a. Muestra W1-P1 .....	42
b. Muestra W2-P1 .....	43
c. Muestra W3-P1 .....	44
d. Muestra W4-P1 .....	46
e. Muestra W5-P1 .....	47
f. Muestra W6-P1 .....	48
g. Muestra W7-P1 .....	50
h. Muestra W8-P1 .....	51
i. Muestra W9-P1 .....	53
j. Muestra W10-P1 .....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....	57
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	59
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	60
<b>ANEXOS</b> .....	62
<b>ANEXO I FICHAS DE CAMPO</b> .....	64
<b>ANEXO II PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO</b> .....	75
<b>ANEXO III ENSAYOS DE LABORATORIO</b> .....	87
<b>ANEXO IV REGISTRO FOTOGRÁFICO</b> .....	112
<b>ANEXO V MAPA DE LAS ZONAS DE INTERÉS</b> .....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas de ubicación geográfica. Datum WGS 84. ....	20
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas de las muestras recolectadas, Datum WGS 84.....	20
<b>Tabla 3.</b> Número de muestras recolectadas.....	35
<b>Tabla 4.</b> Tipos de ensayos a aplicar a las muestras. ....	36
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de arcilla según superficie específica .....	40
<b>Tabla 6.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W1-P1 .....	42
<b>Tabla 7.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W2-P1 .....	43
<b>Tabla 8.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W3-P1 .....	45
<b>Tabla 9.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W4-P1 .....	46
<b>Tabla 10.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W5-P1 .....	48
<b>Tabla 11.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W6-P1 .....	49
<b>Tabla 12.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W7-P1 .....	51
<b>Tabla 13.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W8-P.....	52
<b>Tabla 14.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W9-P1.....	54
<b>Tabla 15.</b> Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W10-P1. ....	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del área de estudio. Datum WGS 84. ....	19
<b>Figura 2.</b> Mapa hidrográfico. Datum WGS 84. ....	22
<b>Figura 3</b> Mapa geológico. Datum WGS 84. ....	26
<b>Figura 4.</b> Secciones estratigráficas de la Cuenca Sedimentaria de Loja. ....	29
<b>Figura 5.</b> Quebrada el Carmen, afluente del río Zamora Huayco. ....	30
<b>Figura 6.</b> Afloramiento de conglomerado Formación Quillollaco. ....	31
<b>Figura 7.</b> Estratos de lutitas y arcilla de coloración gris, Miembro Inferior San Cayetano. ....	31
<b>Figura 8.</b> Depósitos aluviales, Entrada a Los Rosales. ....	32
<b>Figura 9.</b> Secado y triturado de las muestras ....	36
<b>Figura 10.</b> Eliminación de materia orgánica. ....	37
<b>Figura 11.</b> Carta de Casagrande, SUCS ....	40
<b>Figura 12.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W1P1 ....	43
<b>Figura 13.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W2P1 ....	44
<b>Figura 14.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W3P1 ....	45
<b>Figura 15.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W4P1 ....	47
<b>Figura 16.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W5P1 ....	48
<b>Figura 17.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W6P1 ....	50
<b>Figura 18.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W7P1 ....	51
<b>Figura 19.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W8P1 ....	53
<b>Figura 20.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W9P1 ....	54
<b>Figura 21.</b> Resultados de análisis de DRX muestra W10P1. ....	56
<b>Figura 22.</b> Clasificación de pH de los suelos ....	86

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de Cuenca Loja. Por tanto se realizaron trabajos de campo para identificar y describir los lugares donde se recolectaron las muestras de arcillas, que luego fueron sometidas a análisis físicos, químicos y mecánicos.

Las muestras fueron recolectadas de las formaciones San Cayetano y Quillollaco, los análisis determinaron que la composición principal es cuarzo con un porcentaje mayor al 60%, los valores de superficie especifican en 90% de las muestras es baja por tal razón se atribuye a las propiedades de los minerales de arcilla del grupo del caolín.

Los ensayos de DRX efectuados por Proinstra S.A. permitieron corroborar la composición mineralógica siendo el cuarzo, caolinita, illita, moscovita y grupo de las plagioclasas los minerales más representativos, la montmorillonita que es un mineral de interés por sus propiedades se presenta de manera significativa en W1P1.

Se elaboró un mapa a escala 1:15.000 indicando los lugares que presentan interés debido a su composición mineralógica.

**Palabras clave:** minerales de arcilla, caolín., superficie específica, DRX.

## ABSTRACT

The present investigation work has as objective the Characterization physique - mechanics and chemistry of the clays of the South area This of Cuenca Loja. Therefore they were carried out fieldworks to identify and to describe the places where the samples of clays were gathered that then were subjected to physical, chemical analysis and mechanics.

The samples were gathered of the formations San Cayetano and Quillollaco, the analyses determined that the main composition is quartz with a bigger percentage to 60%, the surface values specify in 90% of the samples it is low, for such a reason it is attributed to the properties of the minerals of clay of the group of the kaolin.

The tests of DRX made by Proinstra S.A. they allowed to corroborate the mineralogical composition being the quartz, caolinita, illita, Muscovite and group of the plagioclasas the most representative minerals, the montmorillonita that is a mineral of interest for its properties shows up in a significant way in W1P1.

A map was elaborated to scale 1:15.000 indicating the places that present interest due to their mineralogical composition.

**Words key:** clay minerals, kaolin, specific surface, DRX.

## INTRODUCCIÓN

Según Agustín Paladines, John Soto (2010), la mayor concentración de áreas de explotación de arcillas se localizan en la región austral en las cuencas intermontañas de Cuenca - Biblian - San Fernando y Loja - Malacatos - Catamayo, en estas cuencas existe arcillas de excelente calidad las cuales genéticamente están relacionadas a cuencas sedimentarias lacustres de edad Miocénica.

Para comprender a fondo cual y el porque de los comportamientos geomecánicos que presentan determinados sustratos arcillosos que conforman las facies sedimentarias de la Cuenca de Loja que han sido descritas geológica y estratigráficamente por Hungerbühler Dominik (1997), Kennerley (1973). Se ha visto conveniente realizar la presente investigación con el tema “Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja”. El mismo que deriva del proyecto “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN SEMÁNTICA QUE INTEGRE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E INGENIERILES DE ARCILLAS NATURALES DEL ECUADOR CON POTENCIAL USO TECNOLÓGICO”.

Como ya se señaló, el interés radica en conocer las propiedades y mineralogía que presentan los estratos sedimentarios del sector mencionado, dando un aporte científico para futuras investigaciones que se puedan realizar en base a los resultados que se obtuvieron.

Se llevó a cabo la siguiente metodología y se halla descrita en cinco capítulos:

El primer capítulo, hace referencia a los objetivos a desarrollar en esta tesis y el aporte científico en la geología local que beneficiará a grupos de desarrollo industrial e intelectual, ejemplo de este último tenemos la Titulación de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja.

En el segundo capítulo, tenemos localización geográfica del área de estudio y de las muestras recolectadas junto con los accesos, incluye hidrografía, climatología y vegetación del lugar.

El tercer capítulo exhibe la geomorfología causada por interacción de un ambiente sedimentario y los relieves empinados, provocados por la tectónica de desarrollo de la Cordillera Real. Otro punto importante es la geología regional que domina la Cuenca

Sedimentaria de edad Miocénica, también la geología local que es observada y descrita en afloramientos naturales y artificiales.

El cuarto capítulo, contiene los procedimientos aplicados en la investigación, comprende recopilación de información referente a grupos de minerales de arcilla, usos y aplicaciones, propiedades que presentan y los ensayos para determinar sus características. El trabajo de campo es otro ítem en la metodología que comprende descripción litológica y ubicación de los lugares a muestrear, continuando con el trabajo de laboratorio que consistió en preparación de las muestras para los análisis.

El último capítulo, contiene tablas de resultados y su interpretación en base a los datos obtenidos de los ensayos.

Las conclusiones se definen luego de culminar con la interpretación de resultados, señalando que son suelos orgánicos de baja plasticidad y ligeramente ácidos presentando una baja superficie específica.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

## **1.1. Antecedentes.**

Al realizar la evaluación de un yacimiento de rocas y minerales industriales, a más de los parámetros para evaluar un yacimiento de minerales metálicos es necesario investigar la calidad del mineral o roca según propiedades físico-mecánicas y químicas. Buen ejemplo de lo anotado son las arcillas que tiene diferente valor en base a su plasticidad y pureza, ya que son empleadas en la industria de cerámica tosca, fina, blanca, artística.

En la Cuenca Sedimentaria de Loja se ha realizado proyectos de investigación de carácter geológico y los resultados obtenidos han demostrado la existencia de cantidades considerables de arcilla en determinadas formaciones sedimentarias, de ahí el interés en estudiar las propiedades de las arcillas para determinar su valor cualitativo.

Como aporte científico de la geología local de la Cuenca Sedimentaria, se planteó investigar detalladamente las características físicas-mecánicas y mineralógicas de las arcillas del flanco Sur-Este.

## **1.2. Justificación.**

Las arcillas son los minerales constitutivos esenciales de los sedimentos arcillosos y son el resultado de la intemperización química de las rocas ígneas y metamórficas. El tipo de arcilla depende de la composición de la roca madre y de las condiciones del intemperismo que prevalezcan, (Petrología, Walter Huang, 2010).

Otro concepto según J.D.Dana 1997, arcilla es un término petrográfico; y, como la mayoría de las rocas, está constituida por un cierto número de diferentes minerales en proporciones inconstantes; algunos de ellos con partículas muy variables. La palabra arcilla se emplea con referencia a un material de grano fino, terroso, que se hace plástico al ser mezclado con algo de agua.

Las reservas de arcilla a nivel mundial son ilimitadas y debido a su bajo coste se usan preferentemente los yacimientos más próximos a las industrias, como por ejemplo cerámica fina (vajillas y lozas), cerámica tosca (ladrillos y tejas), plásticos, pinturas, fabricación de papel, producción de cemento, fabricación de refractarios, etc.

En el territorio nacional en 75 áreas se explota arcillas y caolines, la mayor concentración de áreas se localizan en la región austral en las cuencas intermontañas de Cuenca - Biblian - San Fernando; y, Loja – Malacatos - Catamayo, en estas cuencas existe arcillas de excelente calidad las cuales genéticamente están relacionadas a cuencas sedimentarias lacustres de edad Miocénica. (Agustín Paladines, John Soto, 2010).

La presente investigación está encaminada al muestreo y análisis de las formaciones sedimentarias que afloran en la zona Sur - Este de la Cuenca de Loja, como parte del proyecto “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN SEMÁNTICA QUE INTEGRE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E INGENIERILES DE ARCILLAS NATURALES DEL ECUADOR CON POTENCIAL USO TECNOLÓGICO”, para ello se aplicaran técnicas de análisis de laboratorio como: Método de consistencia, Método de picnómetro, Peso unitario, Superficie específica, pH y Difractometría de Rayos X.

Este trabajo enriquecerá la información científica sobre la geología de la Cuenca Sedimentaria, ya que actualmente se desconoce las propiedades y composición de las arcillas, además será una actividad importante por el efecto tecnológico, económico y social que puede generar la información obtenida.



### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

Determinar las propiedades físico-mecánico y químicas de las arcillas del sector Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

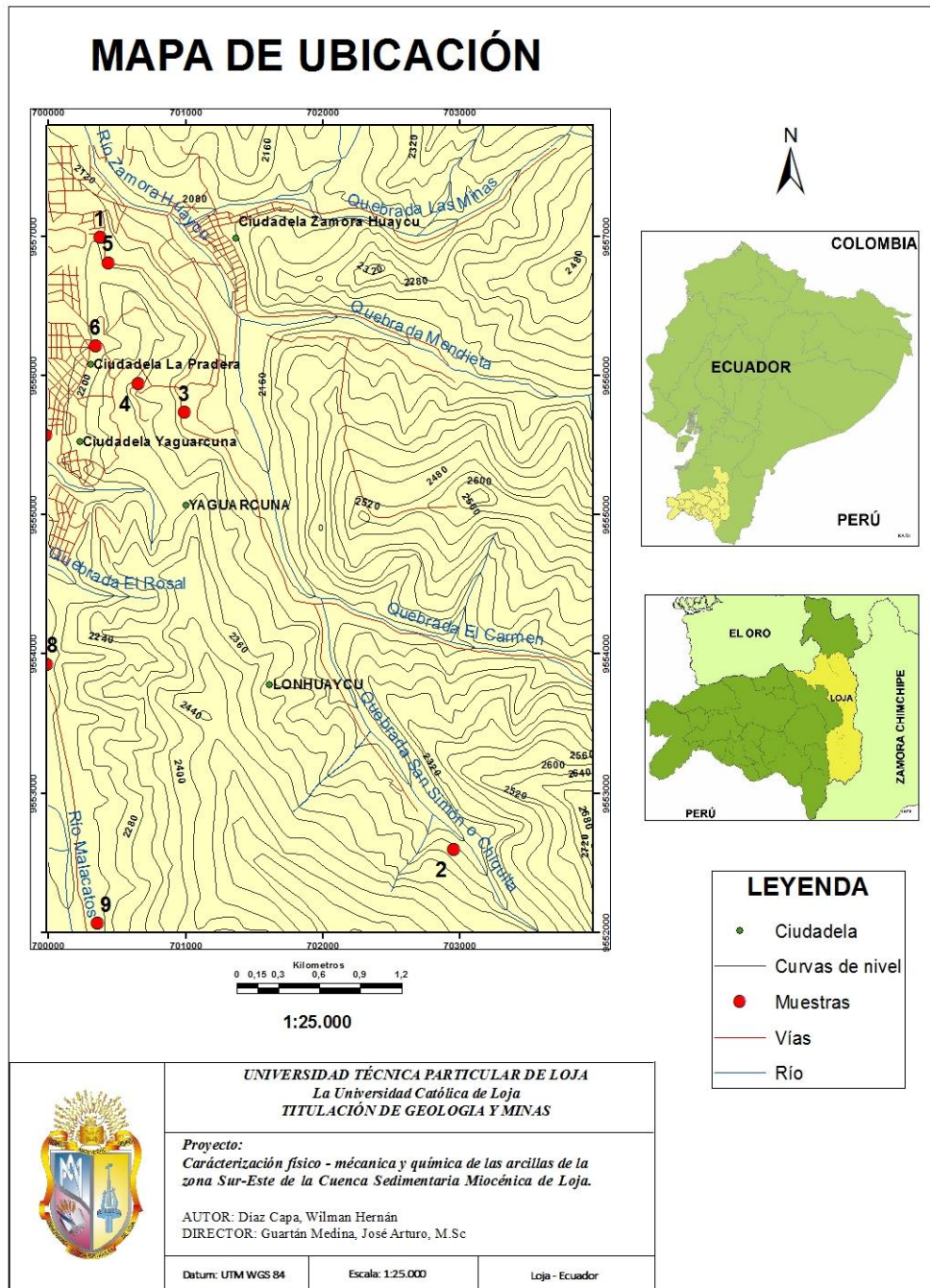
- Describir geológicamente y litológicamente los afloramientos del área de estudio.
- Determinar las caracterizaciones físico-mecánico y químicas de las arcillas.
- Definir la composición mineralógica presente en cada muestra.
- Construir un mapa con los resultados obtenidos e identificar las zonas de mayor interés.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS FÍSICOS Y GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## 2.1. Localización Geográfica.

El área del proyecto se localiza en la región austral del Ecuador, en la provincia de Loja y ciudad del mismo nombre donde se encuentra acentuada la estructura geológica y geomorfológica de edad Miocénica la Cuenca Sedimentaria Intermontana, originada por procesos tectónicos producto de la orogénesis de la Cordillera Real de los Andes, Loja se sitúa en los 3°59'49,27" latitud Sur y los 79°12,05'2877" de longitud Oeste con una altitud promedio de 2200 msnm (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio. Datum WGS 84.  
**Fuente:** Díaz, W.

La zona del proyecto se ubica al Sur de la Cuenca Sedimentaria en el flanco Este cubriendo sectores de la urbe como son: Zamora Huayco, Parque infantil, Parque Pucará, Yaguarcuna, Pradera, Los Rosales y Capulí. A continuación se detalla las coordenadas de ubicación exacta del área investigada (Tabla 1).

**Tabla 1.** Coordenadas de ubicación geográfica. Datum WGS 84.

PUNTO	X	Y
1	696000	9558000
2	704000	9558000
3	704000	9551000
4	696000	9551000

Fuente: Díaz, W.

Dentro del polígono luego de haber elaborado un cronograma de trabajo se determinó 10 lugares para recolección de muestras, a continuación los ubicamos en la siguiente tabla (Tabla 2).

**Tabla 2.** Coordenadas de las muestras recolectadas, Datum WGS 84

Puntos de Muestreo	X	Y	Z
1	700380	9556990	2169
2	702960	9552592	2235
3	700991	9555733	2155
4	700652	9555938	2221
5	700434	9556808	2166
6	700347	9556210	2195
7	699758	9555570	2133
8	699987	9553924	2158
9	700354	9552064	2193
10	700587	9557845	2147

Fuente: Díaz, W.

## **2.2. Acceso.**

Para llegar a los lugares donde se recolectaron las muestras es necesario recorrer caminos de primer, segundo y tercer orden e incluso seguir senderos, la movilización se realiza mediante vehículos motorizados, mecánicos de tracción humana y caminando.

Se accedió a los puntos 1, 3, 4, 5 siguiendo la vía de segundo orden que conduce desde la Urbe, sector Parque Pucará hacia el Barrio Zamora Huayco Alto, esta vía es lastrada y pasa habilitada durante todo el año en época invernal tiende a volverse muy resbalosa por lo que se debe conducir con precaución.

El punto 2 se encuentra ubicado a 2.5 km del barrio Zamora Huayco Alto en dirección Sur-Este subiendo hacia la Escuela Amauta, hasta el sitio llegan vehículos luego es necesario seguir un sendero por las laderas de la cordillera hasta llegar al punto de muestreo.

El punto número 6 se llega fácilmente utilizando la vía de primer orden que conduce detrás de la ciudadela Pradera.

Para llegar hasta el punto 7, se sigue el recorrido del bus con ruta Saucés Norte Argelia, justo a la salida de la Ciudadela Yaguarcuna hacia la avenida principal.

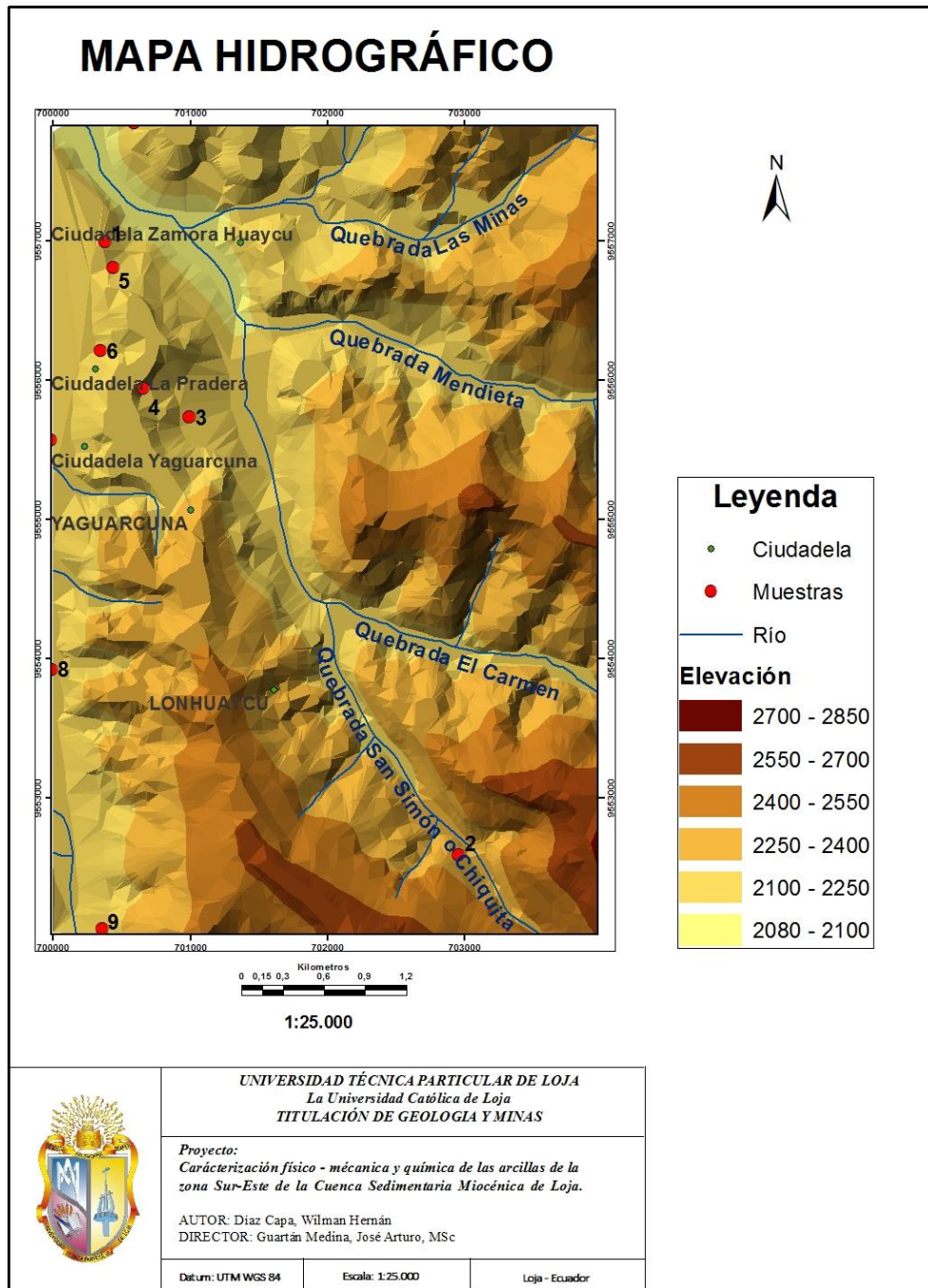
El punto 8 se ubica al margen de la vía principal a Vilcabamba, cerca de la gasolinera de la Argelia, siendo fácil el acceso hacia el lugar de muestreo.

Para llegar hacia el punto 9 se utilizó la vía Vilcabamba, en el sector Capulí se toma hacia la derecha un camino de tercer orden que conduce a la finca del Sr. Palacios.

El acceso hacia el punto 10 se lo realizó siguiendo la vía antigua a Zamora, la ciudadela que se ubica detrás del Hotel Howard Johnson.

### 2.3. Hidrografía.

Del nudo de Cajanuma nace el sistema hídrico del valle a través de los ríos Malacatos y Zamora Huayco los mismos que al unirse constituyen una red principal que fluyen de Sur a Norte a lo largo de la Hoya de Loja conociéndose con el nombre de río Zamora, este continúa su trayecto hacia Norte al que fluyen nuevos ríos y quebradas para luego atravesar la Cordillera Real y dirigirse hacia el Este para unirse al caudal del río Amazonas (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa hidrográfico. Datum WGS 84.

**Fuente:** Díaz, W.

Este sistema de red fluvial se define como tipo detrítica, ocasionada por el relieve y la topografía que se presentan en los flancos de la cordillera de los Andes.

#### **2.4. Climatología y vegetación.**

El clima de la ciudad de Loja es templado Andino, influenciado por el clima típico amazónico y los vientos alisios. Los factores que afectan el clima de la Hoya de Loja son los mismos que afectan a toda la región andina especialmente latitud y relieve, presentan una temperatura media de 16°C generalmente cálido en el día y más frío y húmedo en las noches (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional 2007).

La vegetación de la Hoya de Loja se encuentra representada por tipos característicos de acuerdo a la ubicación en que se encuentran y así tenemos los siguientes:

- Bosque de montaña bajo: pino, eucalipto, romerillo.
- Vegetación arbustiva: chamana, chilca
- Vegetación de llanura: hierba y pajonales
- Vegetación baja: cultivos hortalizas, frutales y árboles ornamentales.

**CAPÍTULO III**  
**GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**



### **3.1. Geomorfología.**

El relieve geomorfológico de la Cuenca Sedimentaria de Loja es muy variado teniendo así algunas geofomas que dan una agradable vista paisajística de la ciudad, por ello se describen dos procesos de formación para esta cuenca intermontana, el primero de origen tectónico provocado por el desarrollo de la Cordillera de los Andes y el segundo de origen deposicional en un medio lacustre característico de edades Miocénicas.

#### *Relieve de origen tectónico.*

Los relieves de origen tectónico son aquellos que se han desarrollado en rocas metamórficas de edad Precámbrica afectadas por procesos de levantamientos orogénicos de los Andes Ecuatorianos.

En los márgenes de la ciudad se puede apreciar que las rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda forman relieves montañosos y empinados, de igual manera constituyen el basamento donde se asientan las formaciones sedimentarias. Estos relieves por su fuerte pendiente han sufrido movimientos en masa, movimientos gravitacionales además de erosión dejando grandes escarpes.

La geomorfología presente en la zona de estudio se caracteriza por presentar un relieve de tipo fluvial que formando valles en "V", por ello en el sector predomina un patrón de drenaje dendrítico.

La Cuenca se allá limitada por fallas que ponen en contacto los sedimentos terciarios con las rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda. Así mismo la cuenca está cortada por una falla de cobijadura dirigida hacia el Oeste la cual es paralela a la actual falla inversa de rumbo N-S de la depresión de la cuenca (Guartán J. 2010).

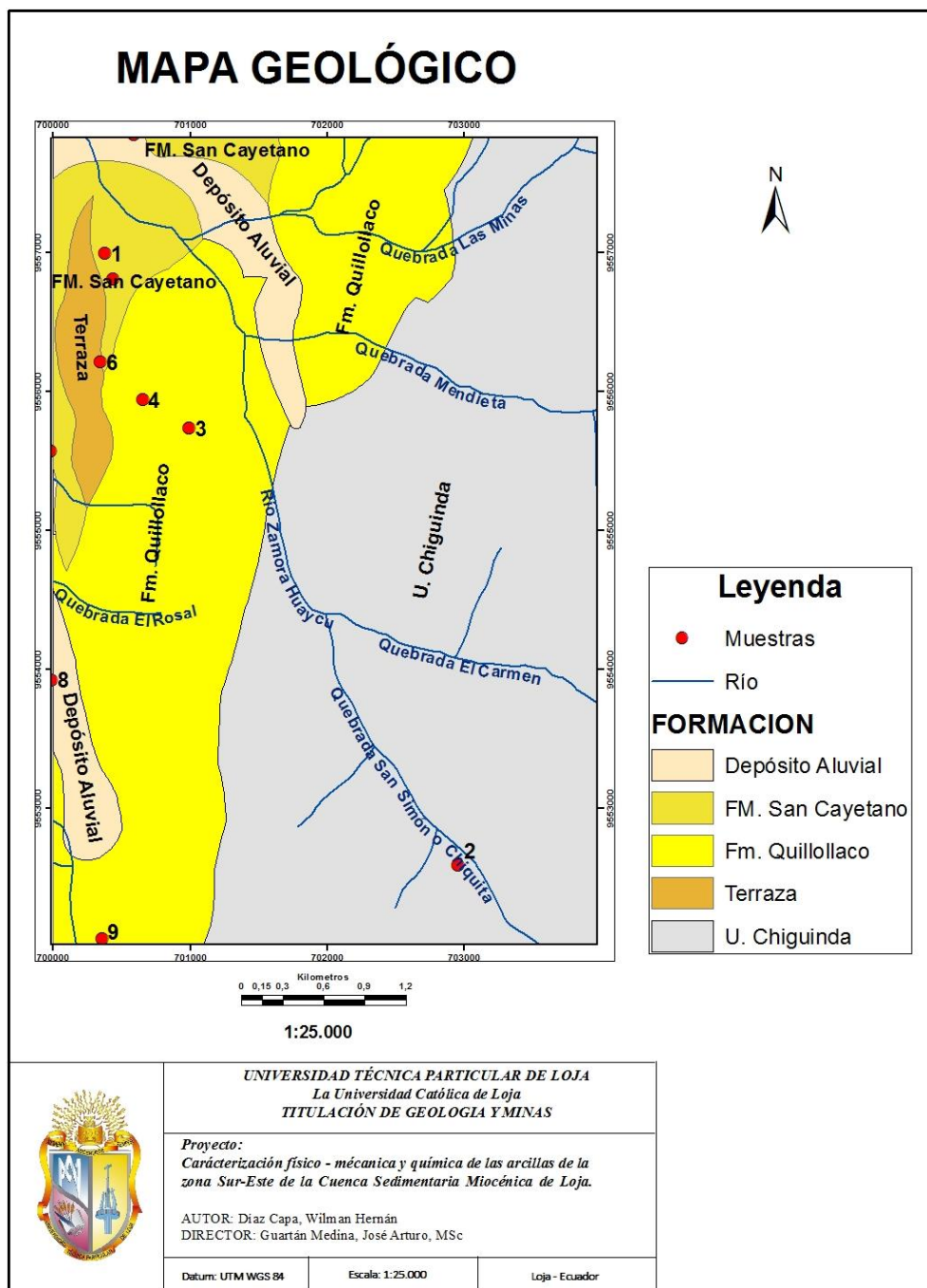
#### *Relieve de origen de posicional*

Acercándose al centro del valle las pendientes son más suaves, representado por colinas medianas y altas de carácter sedimentario dejando al pie de sus laderas depósitos coluviales. Ya en el lecho de los ríos las pendientes son casi planas de hasta 5% conformada por terrazas aluviales dejadas por los ríos Malacatos y Zamora Huayco.

### 3.2. Contexto Geológico.

#### 1.3.3. Geología Regional.

La Cuenca Sedimentaria de Loja se halla asentada sobre basamento metamórfico de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoica, constituida por rocas como: cuarcitas, esquistos, filitas y pizarras sobre la que yacen discordantemente rocas de origen sedimentario. (José A. Guartán. 2010)(D. Hungerbühler 2002) (Figura 3).



**Figura 3** Mapa geológico. Datum WGS 84.  
**Fuente:** Díaz, W.

Las formaciones geológicas que conforman la cuenca sedimentaria son las siguientes:

Unidad Chigüinda (Paleozoico).

Corresponde a la Cordillera Real ubicada como el basamento de la Cuenca Sedimentaria de Loja, está formada por filitas negras, esquistos grafiticos y escasa meta grauvacas, se puede apreciar con claridad esta litología a lo largo de las diferentes vías de comunicación como es Loja - Catamayo, Loja - Zamora, Loja - Zumba y Sigsig - Chigüinda.

Formación Trigal (Mioceno)

Compuesta de arenisca de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limonitas. Los conglomerados están compuestos por clastos volcánicos (< 1 cm) también presentes formando capas paralelas estratificadas dentro de las areniscas. Las areniscas muestran una estratificación horizontal, combinada con planos estratificados cruzados y contienen pequeños fragmentos de madera.

Formación La Banda (Mioceno Medio - Tardío)

Está presente al Noroeste de la cuenca, donde forma un intervalo muy persistente. Tiene varios intervalos de calizas blancas, calizas masivas conteniendo moluscos y ostrácodos, repetición rítmica de escasa laminas finas de lutitas carbonatadas y calizas, capas de cherts y areniscas amarillas de grano fino. Esta formación sobreyace al Formación Trigal. La fauna indica una deposición marina poco profunda y ambiente de estuario.

Formación Belén (Mioceno inferior)

Se caracteriza por gruesas capas de arenisca marrones de grano fino que contiene lentes de conglomerados horizontalmente estratificados y depósitos de desfase. Se localiza al Oeste del río Zamora en la parte noroccidental de la cuenca, y está descansando discordantemente sobre la Formación La Banda.

Formación San Cayetano (Mioceno Medio - Tardío)

Esta formación aflora a lo largo del río Zamora. Está compuesta de tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior consta de capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. El miembro medio está constituido de lutitas laminadas de color gris y blanco, abundantes capas de diatomita con presencia de fósiles. El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero con tendencia a ser estratocreciente.

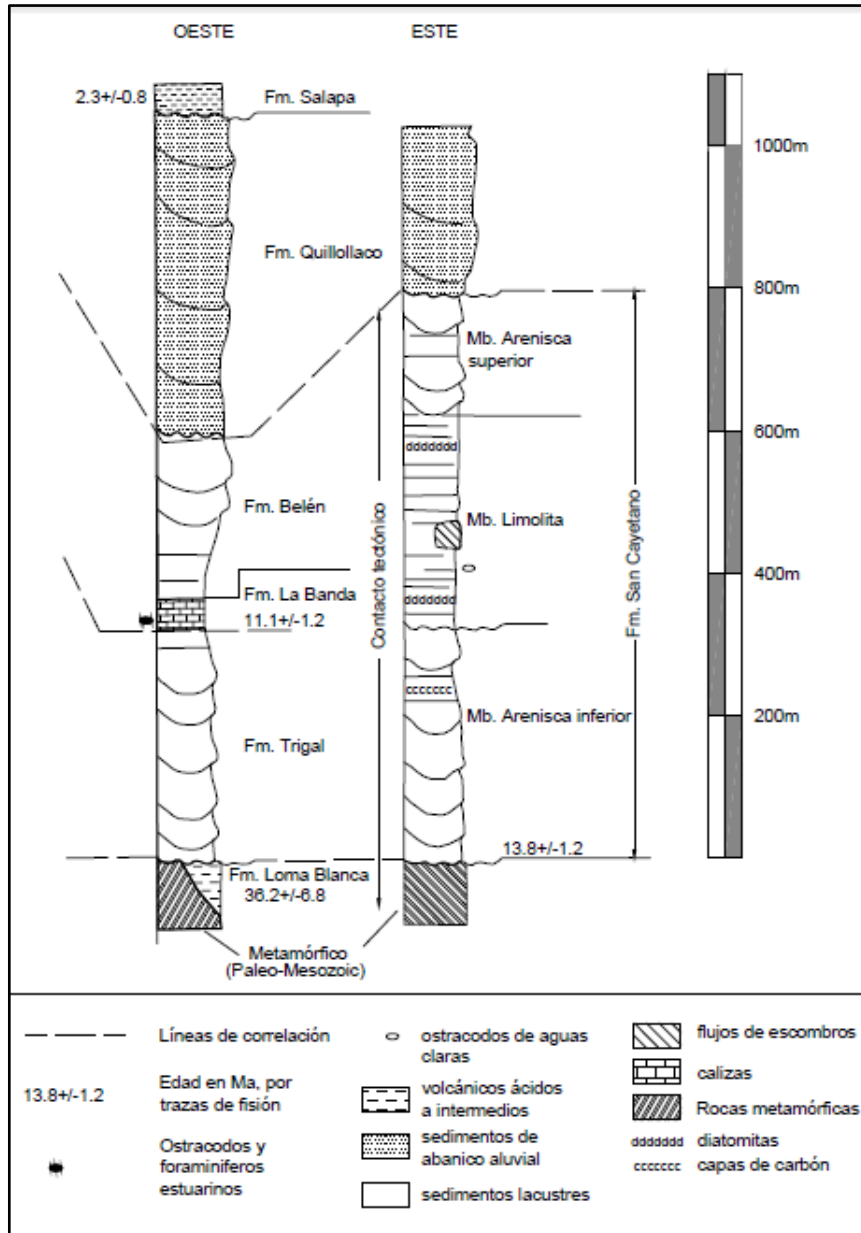
Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)

Está presente al Este y Oeste de la Cuenca de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular. La formación alcanza espesores hasta un máximo de 600 m, al Este de la ciudad de Loja. La formación está dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas.

#### Formación Salapa (Mioceno)

Descansa discordantemente sobre rocas metamórficas del Paleozoico. Esta formación contiene clastos líticos y tobas ricas en vidrio, los mismos que son transformados en caolinita por fenómenos de meteorización. Esta formación es la más joven de edad Plioceno.

La Cuenca Sedimentaria se halla dividida en dos secciones estratigráficas, la sección Occidental y la sección Oriental, ambas con diferentes nombres de formaciones geológicas y se hallan representadas en la columna estratigráfica (Figura 4).



**Figura 4.** Secciones estratigráficas de la Cuenca Sedimentaria de Loja.  
**Fuente:** Hungerbühler D. 2002.

#### 1.3.4. Geología Local.

El polígono de investigación está ubicado en la zona Sur - Este de la Cuenca Sedimentaria de Loja, y cubre las formaciones características del flanco Este tal como las formaciones San Cayetano, Quillollaco, Unidad Chigüinda y depósitos aluviales.

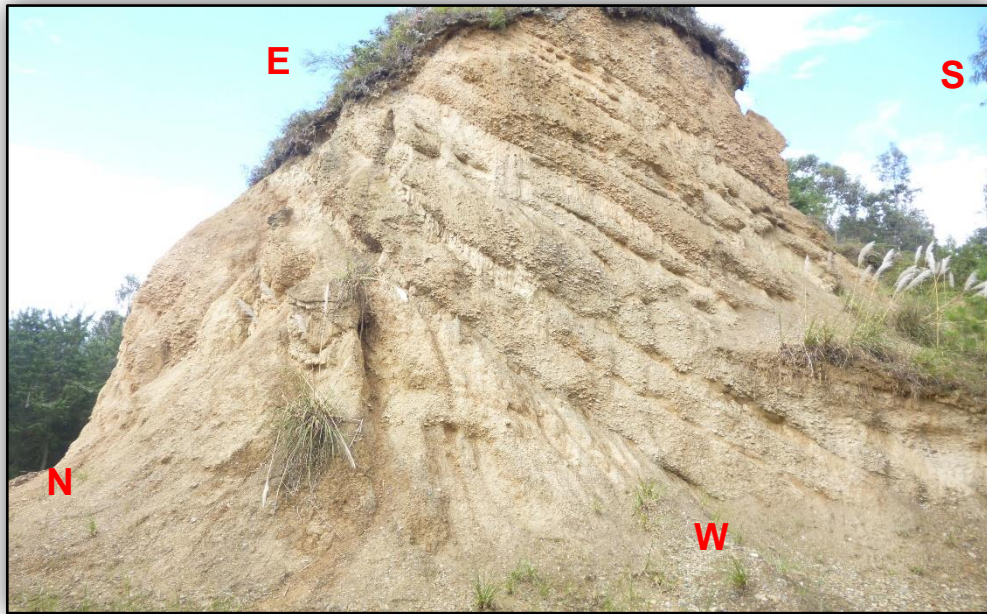
Dentro del polígono las formaciones sedimentarias están dispuestas en sentido N - S tal como se aprecia en la (Figura 3), del apartado anterior, el polígono se ubica al margen de la Cuenca por tanto la litología que gobierna son las rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda, en afloramientos al borde de las quebradas, El Carmen y San Simón afluentes del río Zamora Huayco se observa esquisto micáceos, cuarcitas y vetas de cuarzo.



**Figura 5.** Esquistos y vetas de cuarzo, Unidad Chigüinda.

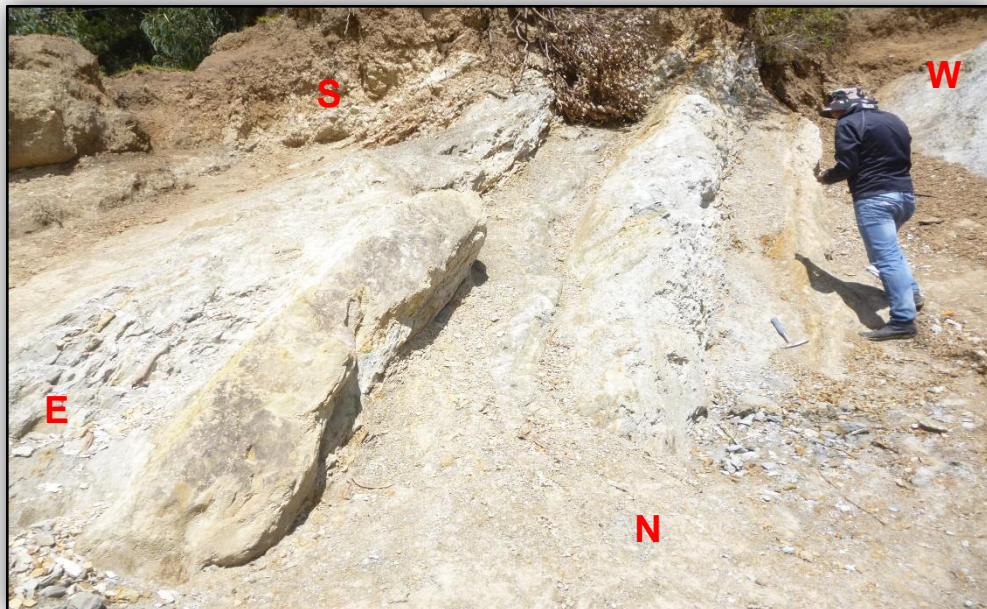
**Fuente:** Díaz, W.

Al ir descendiendo al centro de la Cuenca cambia la litología y aparecen los conglomerados de la Formación Quillollaco, son clastos subredondeados en una matriz arenosa de tonalidad amarilla, estos conglomerados presentan estratificación que buzcan hacia el Este. Los clastos son metamórficos que han sido arrancados y transportados desde la Cordillera Real, se distingue esquistos, cuarcitas, filitas y cuarzo.



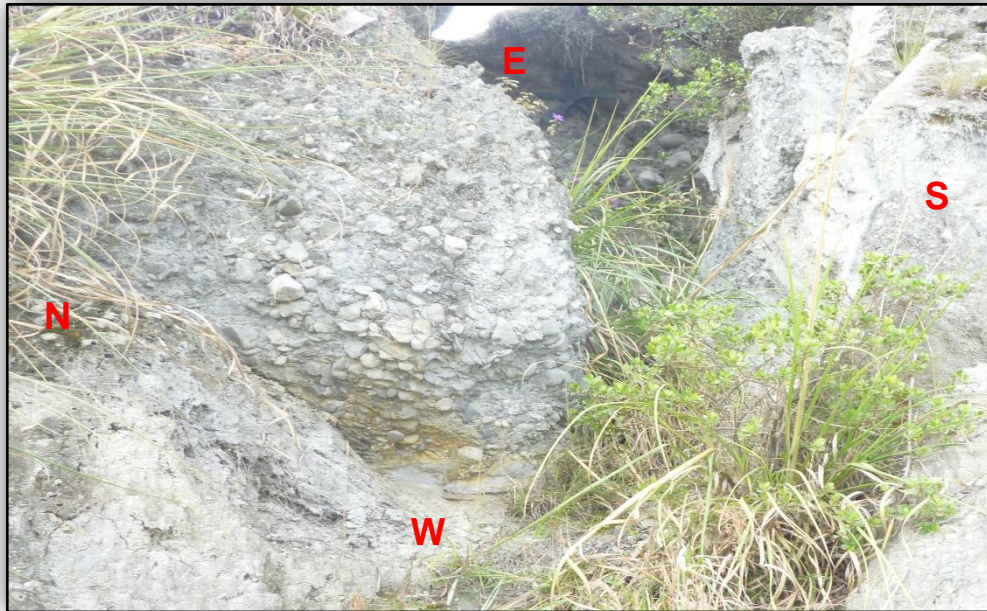
**Figura 6.** Conglomerado, Formación Quillollaco.  
**Fuente:** Díaz, W.

Al acercarse a las partes bajas se observa cambio de facies pasan de clastos redondeados de los conglomerados a un tipo de estratificación entre lutitas con baja fisibilidad, estratos masiva de arcilla de tonalidad gris y clara intercalado con estratos de arenisca de menor potencia.



**Figura 7.** Estratos de lutitas y arcilla gris, Miembro Inferior San Cayetano.  
**Fuente:** Díaz, W.

Otra litología característica dentro de la Cuenca Sedimentaria son los depósitos aluviales que se ubican cerca de lechos de los ríos que atraviesan el centro de la Cuenca, para ellos son característicos clastos redondeados de rocas metamórficas que conforman la Cordillera Real.



**Figura 8.** Depósitos aluviales.  
**Fuente:** Díaz, W.



**CAPÍTULO IV**  
**METODOLOGÍA**

Para ejecución y planificación del proyecto se inició con recopilación de información bibliográfica sobre estudios previos en arcillas, usos y aplicaciones en que son empleadas en las diferentes ramas de la industria tanto a nivel local y de la región. Así mismo se compiló información de los procedimientos requeridos en los análisis que se aplicaron a las muestras de arcillas para la obtención de los resultados esperados.

Lo siguiente fue elaborar un cronograma de trabajo para determinar los sitios favorables de muestreo y recolección de las muestras para ser analizadas en el laboratorio de Geología, Minas e Ingeniería Civil.

Culminado con los ensayos de laboratorio, se analizó e interpretó los resultados alcanzados para elaborar nuestras conclusiones en base a los objetivos que fueron planteados al inicio del proyecto, y expresar las recomendaciones pertinentes.

#### **4.1. Recopilación de información.**

En esta etapa del proyecto el principal objetivo era recolectar la mayor cantidad de documentos existentes que nos hablen sobre las propiedades físicas y mecánicas de las arcillas en la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, y especialmente de proyectos que han sido desarrollados con anterioridad en la Universidad Técnica Particular de Loja.

EL documento que cumplía con nuestros requerimientos de cita bibliográfica fue “CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA Y QUÍMICA DE LAS ARCILLAS DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA” (Flores Carpio, Gerarda Yetzabel, 2013), este documento ayudó a despejar las dudas al empezar los trabajos de campo dándonos pautas de cómo realizar el muestreo optimizando tiempo en la recolección de las muestras.

El libro MECÁNICA DE SUELOS TOMO I. Fundamentos de Mecánica de Suelos. (Juárez Badillo y Rico Rodríguez) fue de trascendental importancia ya que describe las técnicas empleadas para la determinación de las características mecánicas de las muestras, como son los Límites de Atterberg.

También fue necesaria la obtención de cartografía geológica y topográfica del área de estudio, esta última se la obtuvo de la página web oficial del IGM.

## 4.2. Trabajo de campo.

### 4.3.1. Reconocimiento de campo.

Se realizó el reconocimiento del área de estudio, delimitando visualmente aquellas litologías más idóneas para encontrar arcilla y conjuntamente caminos que nos condujeran a dichos sitios.

Esto nos ayudó establecer un cronograma para los trabajos posteriores de campo.

### 4.3.2. Mapeo y muestreo.

Consistió en realizar identificación de la geología descrita por autores como D. Hungerbühler (2002) que coincida con la geología que presenciábamos en el campo observando afloramientos; A continuación se presentan las actividades realizadas:

- Descripción geológica y litológica de afloramientos in situ.
- Ubicación geográfica de los puntos de muestreo y zonas de interés con ayuda de GPS, Datum WGS 84.
- Toma de muestras puntuales y representativas de material arcilloso encontradas en las litologías superficiales. Se tomó un total de 10 muestras las cuales fueron debidamente etiquetadas y almacenadas en la bodega de laboratorio.
- 

**Tabla 3.** Número de muestras recolectadas.

Punto de muestreo	Número de muestras
<b>W1</b>	1
<b>W2</b>	1
<b>W3</b>	1
<b>W4</b>	1
<b>W5</b>	1
<b>W6</b>	1
<b>W7</b>	1
<b>W8</b>	1
<b>W9</b>	1
<b>W10</b>	1

Fuente: Díaz, W.

El material que se utilizó durante las salidas fueron las siguientes: libreta de campo, brújula, GPS, martillo geológico, lupa 20x, lápices de colores, mapa topográfico y geológico escala 1:10 000, flexómetro, fundas ziploc (26,8cm x 27,3cm), pala, barreta.

### 4.3. Trabajo de laboratorio.

La etapa de laboratorio se desarrolla con el secado y trituración de las muestras recolectadas, luego, se les aplicó los siguientes ensayos para determinar sus propiedades físicas, mecánicas y mineralógicas (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tipos de ensayos a aplicar a las muestras.

ENSAYOS		PROPIEDADES
MECÁNICOS	Límites de Atterberg	Límite Líquido, Límite Plástico
FÍSICOS	Método del Picnómetro	Gravedad Específica
	Absorción de Azul de metileno	Superficie Específica
QUÍMICOS	Difracción de Rayos X (DRX)	Mineralogía

Fuente: Díaz, W.

#### 4.3.1. Tratamiento de las muestras.

##### a) Secado y trituración

Por la saturación que presentan las muestras se debió secarlas a temperatura ambiente para no alterar sus propiedades químicas y mineralógicas, esto se realizó de acuerdo al orden de muestreo por un lapso de 8 días.

Ya secas las muestras se prosiguió a disgregarlas con ayuda de alzas de 4 kg y un molino casero tratando de llegar a una granulometría homogénea que pase por el tamiz # 200 para ser utilizadas en los ensayos posteriores (Figura 9).



**Figura 9.** Secado y triturado de las muestras  
Fuente: Díaz, W.

b) Eliminación de materia orgánica y carbonatos

Para eliminación de materia orgánica se trabajó con 360 g divididos en 6 vasos de precipitación de 1000 ml, al iniciar el ensayo se agregó 20 ml de agua destilada y 30 ml de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) al 30% de concentración, se agitó la mezcla con ayuda de una varilla de vidrio para homogenizar la solución, posteriormente se añadió 10 ml de peróxido de hidrógeno cada 45 minutos hasta que deje de reaccionar (Figura 10).



**Figura 10.** Eliminación de materia orgánica.  
**Fuente:** Díaz, W.

En la eliminación de carbonatos se utilizó ácido clorhídrico (HCl) en concentración del 10%, al iniciar el ensayo se administró 20 ml de agua destilada y 30 ml de HCl, luego en intervalo de 5 minutos se agrega 5 ml de HCl hasta que termine la reacción.

#### 4.3.2. Ensayos Mecánicos.

Dentro de los ensayos mecánicos se encuentran los límites de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico) que nos permiten caracterizar el comportamiento de los suelos finos, se utilizó 150 gr de muestra que paso por la malla N° 40 según la norma A.S.T.M. (Anexo II.A).

#### 4.3.3. Ensayos Físicos.

a) Método del picnómetro.

Se utilizó un picnómetro para determinar la densidad o peso específico (Anexo II.B).

$$Pe = \frac{(P2 - P1)}{(P3 - P1) - (P4 - P1)}$$

Dónde:

Pe= peso específico.

P1= peso picnómetro vacío.

P2= peso picnómetro + muestra.

P3= peso picnómetro + agua.

P4= peso picnómetro + muestra + agua.

#### b) Superficie específica.

Se logró aplicando el ensayo de azul de metileno que mide la capacidad de una arcilla para adsorber cationes de la solución, donde los cationes de intercambio existentes en la superficie de la arcilla son reemplazados por cationes de azul de metileno (Anexo II.C).

### **4.3.4. Ensayos Químicos.**

#### a) Determinación de pH.

En un vaso de precipitación se pesa 10 g de muestra y con ayuda de una probeta se agrega 25 ml de agua destilada.

Se agita durante 10 minutos para que los sólidos se disuelvan con el agua, una vez realizado esto se deja sedimentar por 30 minutos.

Se carga el equipo de medición de pH (peachímetro) y se introduce el medidor en el vaso de precipitación, y así obtenemos los valores de pH.

#### b) Difracción de Rayos X.

Para este tipo de ensayos es fundamental la correcta eliminación de agentes cementantes y amorfos (materia orgánica y carbonatos); ya que: 1) evitan una dispersión adecuada, 2) reducen la intensidad de las líneas de difracción de los minerales, 3) evitan una orientación adecuada de los minerales laminares cuando se preparan agregados orientados, 4) incrementan la difusión de los rayos X en la muestra analizada, 5) disminuyen la intensidad del haz primario.

La difracción de rayos X ayuda a describir las propiedades químicas fundamentales de cada una de las muestras.

**CAPÍTULO V**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

La adecuada planificación de trabajos dentro de un proyecto de investigación y su debida ejecución es lo que nos ha permitido alcanzar nuestros objetivos y llevarnos a los resultados que nos ayudarán a realizar la clasificación de los suelos ubicados dentro del área.

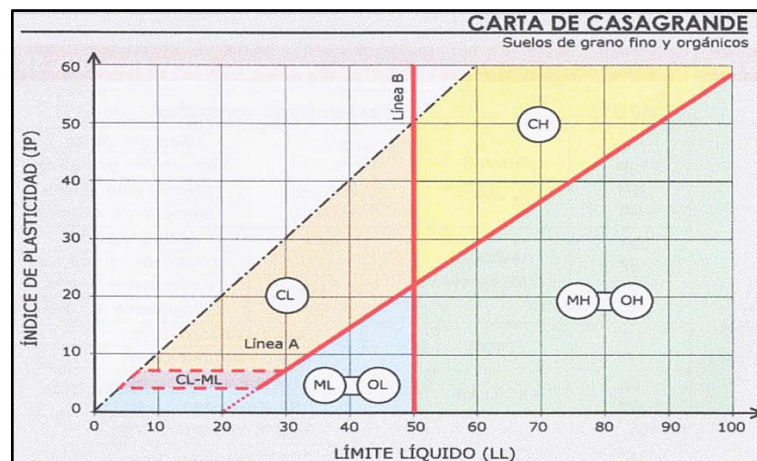
El determinar la superficie especifica ha servido para dar una clasificación del grupo de minerales de arcilla que están presentes en las 10 muestras que fueron recolectadas, y de esta manera aportar a la descripción de las formaciones sedimentarias de donde se realizaron los muestreos.

**Tabla 5.** Clasificación de arcilla según superficie específica

Tipo de arcilla	Superficie Específica m <sup>2</sup> /g
Grupo caolín: (caolinita, dicita, nacrita, halosita)	5-10
Grupo – mica hidratada Subgrupo – illita Subgrupo – vermiculita	100-200
Grupo – montmorilonita: (montmorilonita, beidelita, nontronita)	300-500 700-800

**Fuente:** Ashburner, J. E., & Sims, B. G. (1984). **Editado:** Díaz, W.

Luego de ser aplicados los ensayos de Límites de Atterberg a las muestras problema, los datos se analizaron con ayuda de la carta de Casagrande del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) para clasificar y conocer las propiedades mecánicas que estas muestran (Figura 11).



**Figura 11.** Carta de Casagrande, SUCS

**Fuente:** Rodríguez, A. R., & Castillo, H. del. (2001). **Editado:** Díaz, W.



Los análisis de difracción permitieron conocer la composición mineralógica existente en las 10 muestras, dando cumplimiento a los objetivos planteados.

A continuación se hace la descripción de los resultados de todas las muestras que han sido analizadas en este proceso investigativo, estos datos serán de interés para quienes deseen tener conocimiento detallado de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la Cuenca Sedimentaria de Loja.

## 5.1. Resultado de las muestras

### a. Muestra W1-P1

La muestra con etiqueta W1-P1 fue recolectada del sector Pucará, con coordenadas 700380 E; 9556990 N; 2169 msnm. El afloramiento presenta estratos de arcilla y lutitas de alta fisibilidad ambas de color gris con una potencia de 50 cm, también se presentan estratos de arena y micro conglomerado de menor potencia (Anexo I.A).

La superficie específica (SE) de la muestra proyectó un valor de 91,55 m<sup>2</sup>/g e indica que pertenece a minerales de arcilla y está dentro del grupo de esmécita específicamente montmorillonita (Tabla 5).

Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 48%, Límite Plástico (LP) de 23% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 25%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de mediana plasticidad (CL), con valor de pH de 4,74 siendo un suelo muy fuerte ácido.

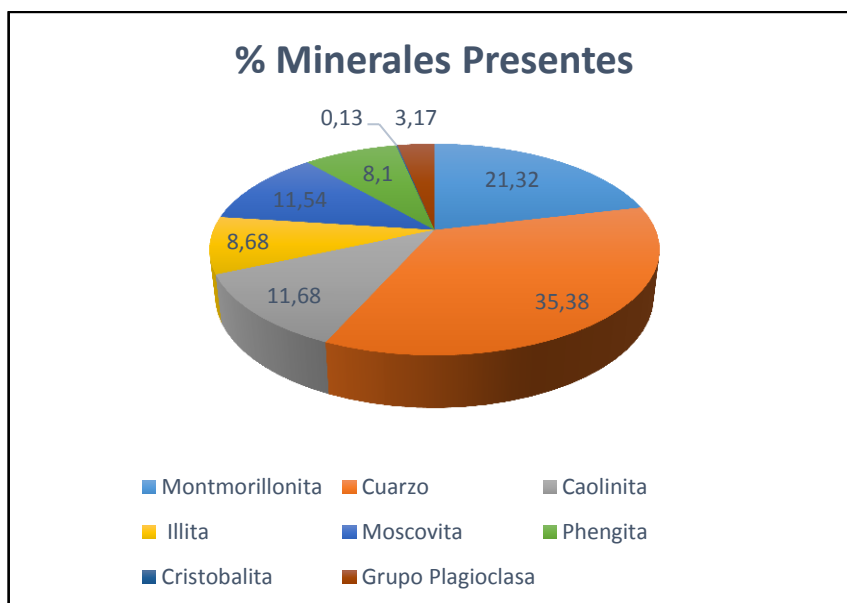
**Tabla 6.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W1-P1

<b>MUESTRA: W1-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
$SE = 91,55 \left( \frac{m^2}{g} \right)$ $\rho = 2,00 \left( \frac{g}{cm^3} \right)$	LL = 48% LP = 23% IP = 25%	pH= 4,74
		Montmorillonita, Cuarzo, Caolinita, Illita, Moscovita, Phengita, Cristobalita, Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: montmorillonita 21,32%, cuarzo 35,38%, caolinita 11,68%, illita 8,68 %, moscovita 11,54%, phengita 8,10%, cristobalita 0,13%, y del grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 3,17% (Figura 12).

0982819460



**Figura 12.** Resultados de análisis de DRX muestra W1-P1  
**Fuente:** Proinstra. S.A. **Editado:** Díaz, W.

### b. Muestra W2-P1

La muestra con etiqueta W2-P1 se ubica sobre las laderas de la Cordillera Real, con coordenadas 702960 E; 9552590 N; 2235 msnm. El afloramiento artificial producto de apertura de camino tiene una potencia de 2,5 m, se aprecia una litología de material arcilloso de tonalidad amarillo marrón con abundantes clastos pequeños de cuarzo de forma angulosa y tamaños que varían de 0,5 mm – 6 cm (Anexo I.B).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 26,17 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

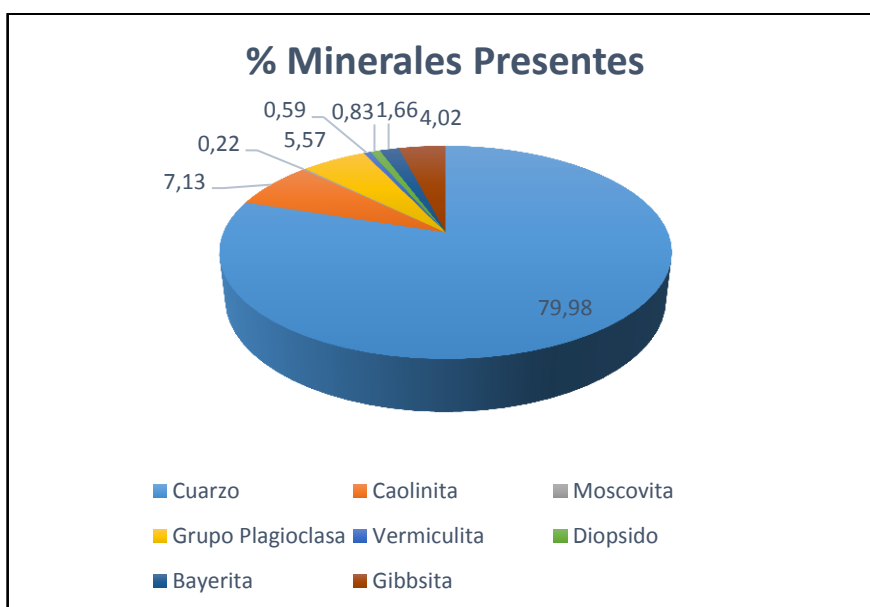
**Tabla 7.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W2-P1

<b>MUESTRA: W2-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
SE = 26,17 (m <sup>2</sup> /g) p = 2,60 (g/cm <sup>3</sup> )	LL = 26% LP = 21% IP = 5%	pH = 8,00
		Cuarzo, Caolinita, Moscovita Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita), Vermiculita Dióxido, Bayerita, Gibbsita

**Fuente:** Díaz, W.

Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 26%, Límite Plástico (LP) de 21% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 5%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como limos inorgánicos de baja compresibilidad (ML), con valor de pH de 8,00 siendo un suelo básico.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 79,98%, caolinita 7,13%, moscovita 0,22%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 5,57%, vermiculita 0,59%, diópsido 0,83%, bayerita 1,66% y gibbsita 4,02% (Figura 13).



**Figura 13.** Resultados de análisis de DRX muestra W2-P1  
**Fuente:** Proinstra. S.A. **Editado:** Díaz, W.

### c. Muestra W3-P1

La muestra con etiqueta W3-P1 se ubica en la vía Zamora Huayco Alto - Parque Pucará, con coordenadas 700991 E; 9555733 N; 2155 msnm. En el afloramiento se aprecia un estrato de conglomerado envuelto en una matriz de arena fina de coloración amarilla que se hallan en contacto con un paquete de arcillas de color gris con pequeños pigmentos de tono rojizo por oxidaciones (Anexo I.C).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 26,16 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

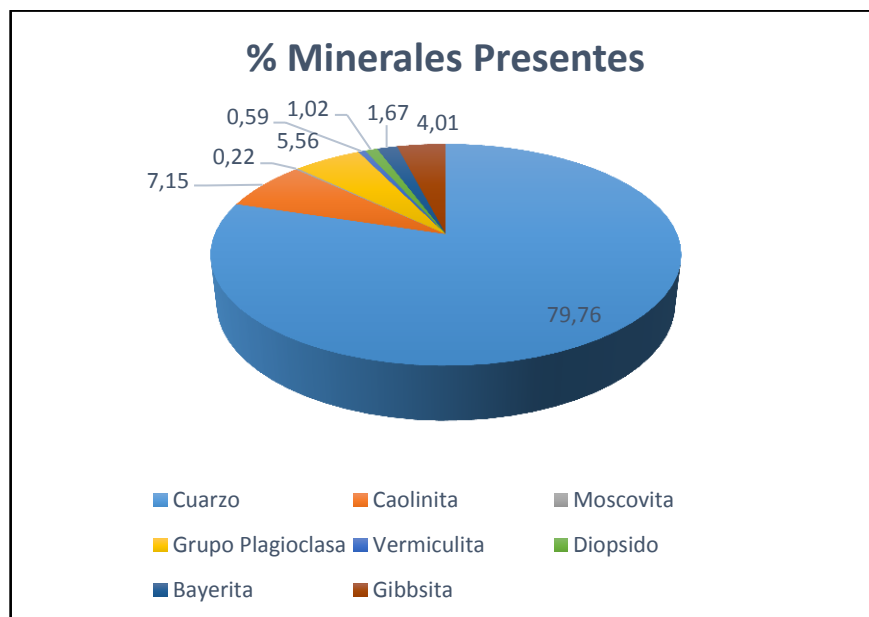
Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 28%, Límite Plástico (LP) de 25% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 3%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como limos inorgánicos de baja compresibilidad (ML), con valor de pH de 4,99 siendo un suelo muy fuertemente ácido.

**Tabla 8.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W3-P1

<b>MUESTRA: W3-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
$SE = 26,16 \frac{m^2}{g}$ $\rho = 2,44 \frac{g}{cm^3}$	LL = 28% LP = 25% IP = 3%	pH = 4,99
		Cuarzo, Caolinita, Moscovita, Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita), Vermiculita, Diópsido, Bayerita, Gibbsita

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 79,76%, caolinita 7,15%, moscovita 0,22%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 5,56%, vermiculita 0,59%, diópsido 1,02%, bayerita 1,67% y gibbsita 4,01% (Figura 14).



**Figura 14.** Resultados de análisis de DRX muestra W3-P1  
 Fuente: Proinstra. S.A. Editado: Díaz, W.

#### d. Muestra W4-P1

La muestra con etiqueta W4-P1 se ubica en el Polígono de Tiro del 7BI, con coordenadas 700652 E; 9555938 N; 2221 msnm. El afloramiento corresponde a estratos de arcillas gris y gris clara del Miembro Medio de la Formación San Cayetano que están dispuestas en sentido horizontal, ambas capas presentan entre 0,7 m y 1 m de potencia con pigmentaciones rojizas por oxidaciones (Anexo I.D).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 26,16 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

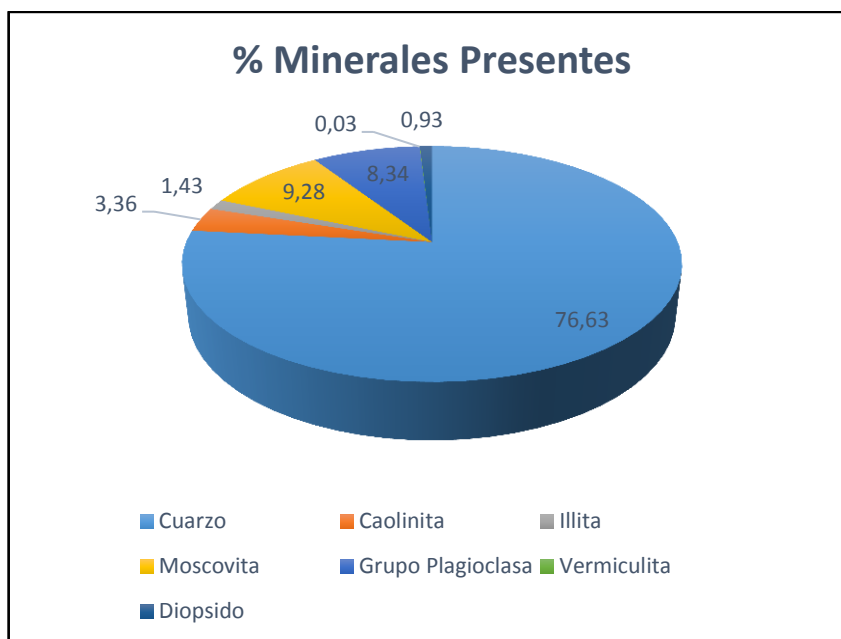
Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 25%, Límite Plástico (LP) de 14% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 11%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), con valor de pH de 6,33 siendo un suelo ligeramente ácido.

**Tabla 9.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W4-P1

<b>MUESTRA: W4-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
<b>SE= 26,16 (m<sup>2</sup>/g)</b> <b>p =2,27 (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>LL = 25%</b> <b>LP = 14%</b> <b>IP = 11%</b>	<b>pH= 6,33</b>
		<b>Cuarzo, Caolinita, Illita,</b> <b>Moscovita,</b> <b>Grupo Plagioclasa (Albita,</b> <b>Andesita, Anorthita),</b> <b>Vermiculita, Diópsido.</b>

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 79,63%, caolinita 3,36%, illita 3,43%, moscovita 9,28%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 8,34%, vermiculita 0,03% y diópsido 0,93% (Figura 15).



**Figura 15.** Resultados de análisis de DRX muestra W4-P1  
**Fuente:** Proinstra. S.A. **Editado:** Díaz, W.

#### e. Muestra W5-P1

La muestra con etiqueta W5-P1 se ubica en la vía Zamora Huayco Alto - Parque Pucará, con coordenadas 700434 E; 9556808N; 2166 msnm. El afloramiento corresponde a estratos de arcillas del Miembro Medio de la Formación San Cayetano que presentan una inclinación de buzamiento; pero, por las alteraciones que presenta provocadas por factores erosivos como escorrentías de lluvia es imposible tomar datos estructurales (Anexo I.E).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 26,16 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

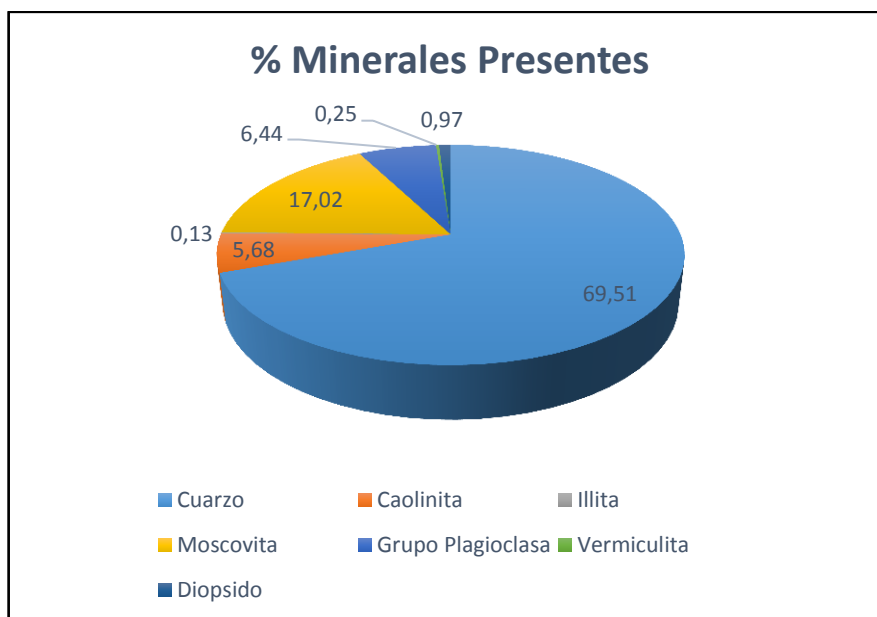
Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 30%, Límite Plástico (LP) de 16% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 14%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), con valor de pH de 6,45 siendo un suelo ligeramente ácido.

**Tabla 10.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W5-P1

MUESTRA: W5-P1		
Propiedades		
Físicas	Mecánicas	Químicas y Mineralógicas
$SE = 26,16 \left( \frac{m^2}{g} \right)$ $p = 2,73 \left( \frac{g}{cm^3} \right)$	LL = 30% LP = 16% IP = 14%	pH= 6,45
		Cuarzo, Caolinita, Illita, Moscovita Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita), Vermiculita Diópsido

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 69,51%, caolinita 5,68%, illita 0,13%, moscovita 17,02%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 6,44%, vermiculita 0,25% y diópsido 0,97% (Figura 16).



**Figura 16.** Resultados de análisis de DRX muestra W5-P1  
 Fuente: Proinstra. S.A. Editado: Díaz, W.

#### f. Muestra W6-P1

La muestra con etiqueta W6-P1 se ubica detrás de la ciudadela la Pradera, con coordenadas 700347 E; 9556210 N; 2195 msnm. El afloramiento presenta material areno - arcilloso con una potencia aproximada de 2 m, que se intercalan con conglomerados envueltos en una matriz areno arcillosa de la misma tonalidad (Anexo I.F).



La superficie específica (SE) proyectó un valor de 13,08 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

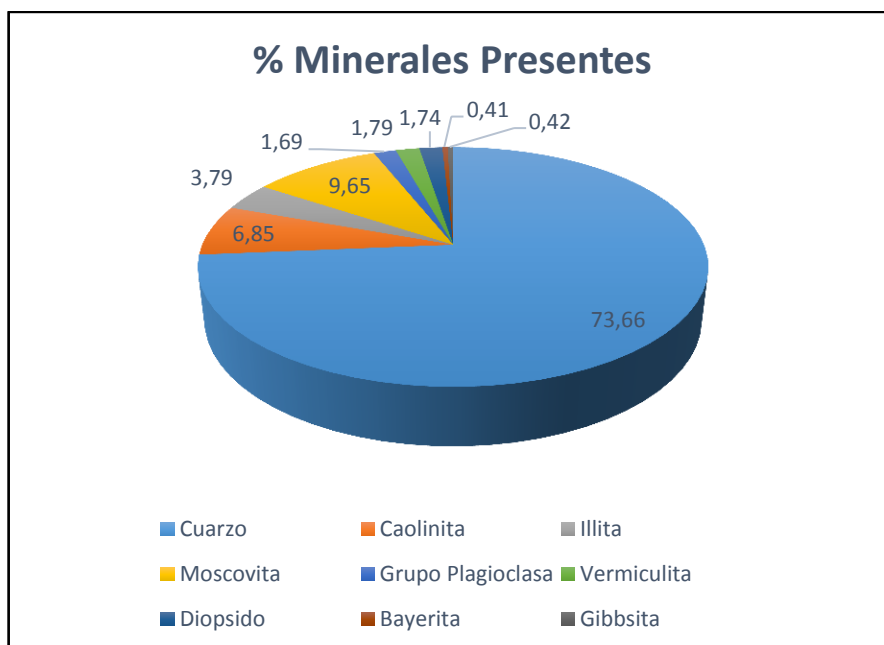
Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 26%, Límite Plástico (LP) de 14% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 12%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), con valor de pH de 6,25 siendo un suelo ligeramente ácido.

**Tabla 11.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W6-P1

<b>MUESTRA: W6-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
$SE = 13,08 \left( \frac{m^2}{g} \right)$ $\rho = 2,54 \left( \frac{g}{cm^3} \right)$	LL = 26 % LP = 14% IP = 12%	pH= 6,25
		<b>Cuarzo, Caolinita, Illita,            Moscovita, Grupo Plagioclasa            (Albita, Andesita, Anorthita),            Vermiculita, Diópsido, Bayerita,            Gibbsita.</b>

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 73,66%, caolinita 6,85%, illita 3,79%, moscovita 9,65%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 1,69%, vermiculita 1,79%, diópsido 1,74%, bayerita 0,41% y gibbsita 0,42% (Figura 17).



**Figura 17.** Resultados de análisis de DRX muestra W6-P1  
**Fuente:** Proinstra. S.A. **Editado:** Díaz, W.

#### g. Muestra W7-P1

La muestra con etiqueta W7-P1 se ubica en la entrada ciudadela Yaguarcuna, con coordenadas 699758 E; 9555570 N; 2133 msnm. El afloramiento presenta material areno - arcilloso de tono blanco con una potencia aproximada entre 1,2 m y 1,5 m, que se encuentra sobre yaciendo depósitos aluviales (Anexo I.G).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 13,07 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

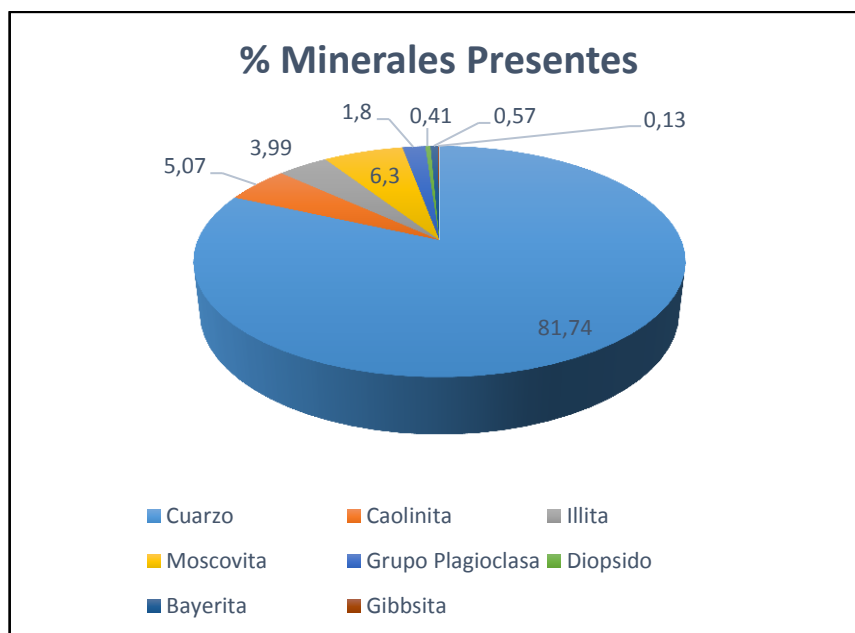
En esta muestra no se pudo realizar los ensayos de límites de Atterberg por ello según la norma se lo declara como NP (No Plásticos), y con ayuda de la tipología del SUCS lo clasificamos como suelos no cohesivos (M-S), analizando el valor de pH de 6,25 son suelos ligeramente ácidos.

**Tabla 12.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W7-P1

MUESTRA: W7-P1		
Propiedades		
Físicas	Mecánicas	Químicas y Mineralógicas
$SE = 13,07 \text{ (m}^2/\text{g)}$ $\rho = 2,69 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	LL = NP LP = NP IP = NP	pH= 6,15
		Cuarzo, Caolinita, Illita, Moscovita, Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita), Diópsido, Bayerita, Gibbsita.

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 81,74%, caolinita 5,07%, illita 3,99%, moscovita 6,30%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 1,79%, diópsido 0,41%, bayerita 0,57% y gibbsita 0,13% (Figura 18).



**Figura 18.** Resultados de análisis de DRX muestra W7-P1  
 Fuente: Proinstra. S.A. Editado: Díaz, W.

#### h. Muestra W8-P1

La muestra con etiqueta W8-P1 se ubica en la vía Vilcabamba cerca de la gasolinera de la Argelia, con coordenadas 699987 E; 9553924 N; 2158 msnm. El material presente corresponde arenas - arcillosas de tonalidad gris claro que contiene pequeños clastos redondeados de tipo metamórfico y cuarzo, la potencia del material arcilloso va desde 3 – 4 m y se encuentran sobreyaciendo a un paquete de limos de color gris (Anexo I.H).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 13,09 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

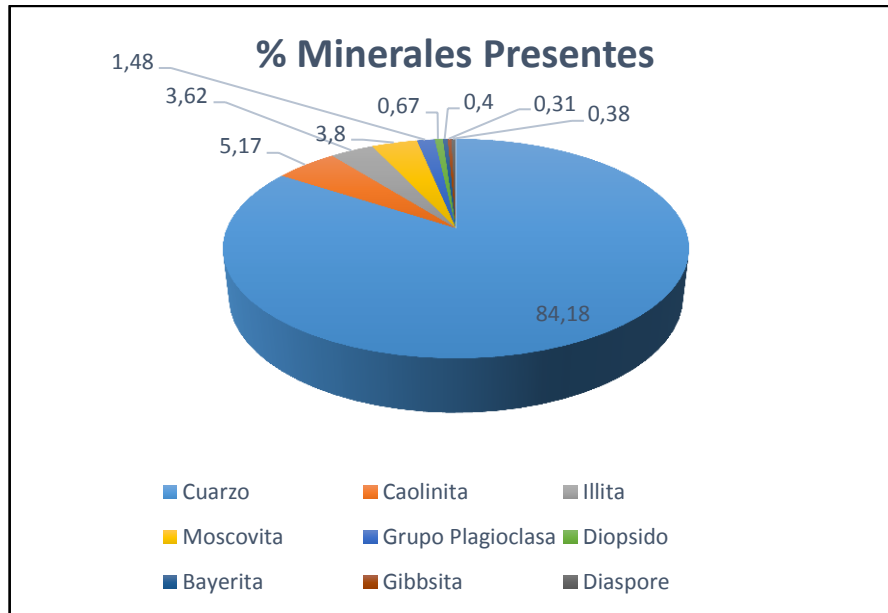
**Tabla 13.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W8-P.

<b>MUESTRA: W8-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
<b>SE= 13,09 (m<sup>2</sup> /g)</b> <b>p =2,50 (g/cm<sup>3</sup> )</b>	<b>LL = 24%</b> <b>LP = 9%</b> <b>IP = 15%</b>	<b>pH= 5,70</b>
		<b>Cuarzo, Caolinita, Illita,</b> <b>Moscovita, Grupo Plagioclasa</b> <b>(Albita, Andesita, Anorthita),</b> <b>Diópsido, Bayerita, Gibbsita,</b> <b>Diáspore.</b>

**Fuente:** Díaz, W.

Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 24%, Límite Plástico (LP) de 9% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 15%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), con valor de pH de 5,70 siendo un suelo medianamente ácido.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 84,18%, caolinita 5,17%, illita 3,62%, moscovita 3,80%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 1,48%, diópsido 0,67%, bayerita 0,40%, gibbsita 0,31% y diaspore 0,38% (Figura 19).



**Figura 19.** Resultados de análisis de DRX muestra W8-P1  
**Fuente:** Proinstra. S.A. **Editado:** Díaz, W.

#### i. Muestra W9-P1

La muestra con etiqueta W9-P1 se ubica en el barrio Capulí, vía que conduce a la finca Palacios, con coordenadas 700354 E; 9552064 N; 2193 msnm. El afloramiento corresponde a arcilla de color amarillo que contiene abundante presencia de pequeños clastos redondeados de tipo metamórfico y cuarzo en tamaños de 0,5 mm a 3 cm (Anexo I.I).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 13,09 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

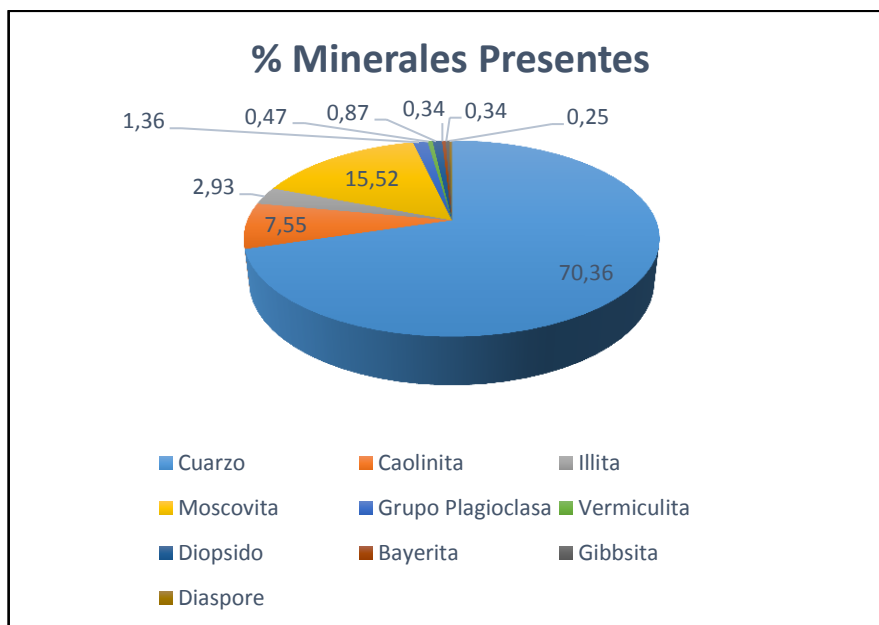
Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 28%, Límite Plástico (LP) de 15% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 13%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS (Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), con valor de pH de 6,26 siendo un suelo ligeramente ácido.

**Tabla 14.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W9-P1.

MUESTRA: W9-P1		
Propiedades		
Físicas	Mecánicas	Químicas y Mineralógicas
$SE = 13,09 \left( \frac{m^2}{g} \right)$ $p = 2,60 \left( \frac{g}{cm^3} \right)$	LL = 28% LP = 15% IP = 13%	pH= 6,26
		Cuarzo, Caolinita, Illita, Moscovita, Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita), Vermiculita, Diópsido, Bayerita, Gibbsita, Diáspore.

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: cuarzo 70,36%, caolinita 7,55%, illita 2,93%, moscovita 15,52%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 1,37%, vermiculita 0,47%, diópsido 0,87%, bayerita 0,34%, gibbsita 0,34% y diaspore 0,25% (Figura 20).



**Figura 20.** Resultados de análisis de DRX muestra W9-P1  
 Fuente: Proinstra. S.A. Editado: Díaz, W.

#### j. Muestra W10-P1

La muestra con etiqueta W10-P1 se ubica en ciudadela detrás del Hotel Howard Johnson, con coordenadas 700587 E; 9557845 N; 2147 msnm. El afloramiento contiene arcillas de media a alta plasticidad con abundante presencia de oxidaciones que le dan una tonalidad

marrón claro. En el afloramiento se observa intercalaciones de delgadas capas de limolita de tono gris que se encuentra muy alterados (Anexo I.J).

La superficie específica (SE) proyectó un valor de 45,80 m<sup>2</sup>/g, que nos indica que pertenece a los minerales de arcilla y está dentro del grupo del caolín (Tabla 5).

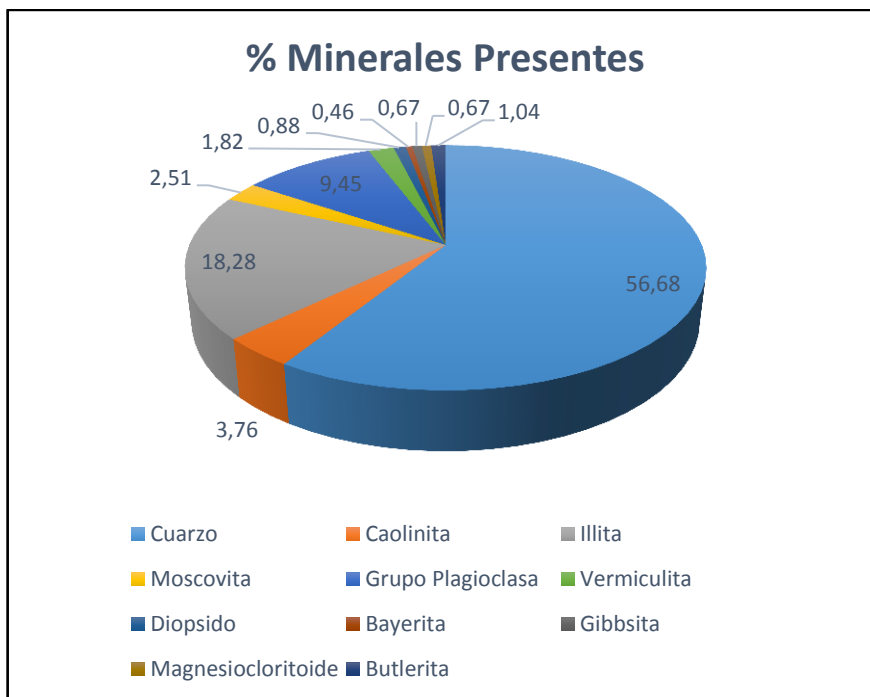
Los límites de Atterberg nos proporcionaron los siguientes datos, Límite Líquido (LL) de 28%, Límite Plástico (LP) de 9% dándonos un Índice de Plasticidad (IP) de 19%, una vez identificados estos valores nos apoyamos en la carta de Casagrande del SUCS, (Figura 11), y lo clasificamos como arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), con valor de pH de 7,83 siendo un suelo medianamente básico.

**Tabla 15.** Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra W10-P1.

<b>MUESTRA: W10-P1</b>		
<b>Propiedades</b>		
<b>Físicas</b>	<b>Mecánicas</b>	<b>Químicas y Mineralógicas</b>
<b>SE= 45,80 (m<sup>2</sup> /g)</b> <b>p = 2,13 (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>LL = 28%</b> <b>LP = 9%</b> <b>IP = 19%</b>	<b>pH= 7,83</b>
		<b>Montmorillonita, Cuarzo, Caolinita, Illita, Moscovita, Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita), Vermiculita, Diópsido, Bayerita, Gibbsita, Magnesiochloritoide, Butlerite</b>

Fuente: Díaz, W.

De acuerdo a los análisis de Difractometría de Rayos X realizados en Proinstra S.A. la composición mineralógica de la muestra es la siguiente: montmorillonita 3,78%, cuarzo 56,68%, caolinita 3,76%, illita 18,28%, moscovita 2,51%, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) 9,46%, vermiculita 1,82%, diópsido 0,88%, bayerita 0,46% y gibbsita 0,67%, butlerita 1,04% y magnesiochloritoide 0,67% (Figura 21).



**Figura 21.** Resultados de análisis de DRX muestra W10-P1.  
**Fuente:** Proinstra. S.A. **Editado:** Díaz, W.



## CONCLUSIONES

Desarrollados y culminados todos los ensayos que se aplicaron a las muestras se obtuvieron datos que fueron analizados y se concluye lo siguiente:

- Las formaciones geológicas ubicadas dentro del polígono de investigación son la Unidad Chigüinda, Formación Quillollaco, Formación San Cayetano y depósitos aluviales, realizándose el muestreo en la Formación San Cayetano por su composición litológica, siendo estas lutitas grises de baja fisibilidad, arcillas de color gris claro y limos del mismo tono.
- La densidad de las muestras fluctúan en el rango de 2,00 - 2,73 cm<sup>3</sup>/g. siendo la muestra W5-P1 con el valor más alto.
- Los valores de pH están dentro de 4,74 - 6,45 ello evidencia ser suelos ligeramente ácidos a excepción de las muestras W2-P1 con valor de pH igual a 8,00 y W10-P1 con valor de pH igual a 7,83 siendo muestras alcalinas.
- Analizando los valores de superficie específica se concluye que el 90% de las muestras analizadas contienen minerales de arcilla que se clasifican dentro del grupo del caolín y el 10% al grupo de las micas hidratadas o Illita y esméctita como la muestra W1-P1 con Superficie Específica de 91,55 m<sup>2</sup>/g.
- Con datos obtenidos a partir de los Límites de Atterberg se concluye que la composición principal de los suelos ubicados dentro del polígono son arcillas y limos orgánicos de baja plasticidad acompañados de suelos no cohesivos como arenas finas. La muestra W1-P1 dio el valor más elevado de Índice Plasticidad IP = 25% clasificándolo como una arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), por el contrario el valor de la muestra W3-P1 con Índice Plasticidad IP = 3% clasificándolo como limos inorgánicos de baja compresibilidad (ML), la muestra W1-P7 se la declaró como NP (No Plástico) según la norma, por el comportamiento mecánico de un suelo no cohesivo, limo arenoso (MS).
- Con los resultados de Difractometría de Rayos X podemos concluir lo siguiente, en la zona Sur-Este de la Cuenca de Loja el mineral más abundante es el cuarzo (SiO<sub>2</sub>) ya que en las muestras recolectadas se presenta con un porcentaje mayor al 60% a excepción de W1-P1 que contiene 35,38%.

- Los minerales representativos que se hallan en las muestras con valores mayor al 3% son: kaolinita, illita, moscovita, grupo de las plagioclasas (albita, andesita, anorthita) y montmorillonita, esta última que se ha mencionado se presenta únicamente en dos muestras W1-P1 y W10-P1, así como la gibbsita que se presenta en W2-P1 y W3-P1. Minerales como la cristobalita, vermiculita, diópsido, bayerita, diaspore, magnesiocloritoide y butlerite están presentes en un porcentaje menor al 1,5%.
- Con los resultados que se obtuvieron de los análisis se elaboró un mapa a escala 1:15.000 delimitando dos lugares que corresponden zonas de interés dentro del polígono de estudio, tomando en consideración la presencia de minerales que presentan utilidad como el mineral de montmorillonita.

## RECOMENDACIONES

En base a los trabajos y resultados que se obtuvieron en esta investigación se recomienda lo siguiente.

- Al empezar los trabajos es necesario aplicar el ensayo de granulometría a las muestras, ello ayudará clasificar eficazmente los contenidos de finos que contenga.
- La eliminación de materia orgánica se la debe realizar en base a los propósitos de la investigación que se desea alcanzar, por ejemplo para la industria de la construcción se puede calcinar las muestras, a diferencia del estudio que involucren el trabajo con nano arcillas, estas deberán tratarse con el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) como se lo realizó en esta investigación.
- Adecuar el laboratorio con el equipo adecuado y necesario para el trabajo de este tipo, esto ayudaría enormemente economizando tiempo de preparación de las muestras.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Avgustinik, A. (1983). Cerámica (p. 740).
2. CASANELLAS, J. P., REGUERIN, M. L.-A., & CLARET, R. M. P. (2014). Edafología: uso y protección de suelos (p. 607). Madrid – España. Mundi - Prensa
3. De la Torre Ernesto, Cando María, Guevara, Alicia, (2010). *Desarrollo y caracterización de caolines modificados para aplicaciones industriales*. Escuela Politécnica Nacional.
4. Delgado Vallejo Andrés Esteban, Negrete Martínez César Antonio. (2012). *Evaluación del uso de arcillas y puzolanas en la etapa de molienda de acabado para la fabricación de cemento portland puzolánico tipo IP*. Universidad de Cuenca
5. Flores, R. C. (2012). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas (p. 235). Editorial Paraninfo.
6. García, G. N., & García, S. N. (2013). Química Agrícola Química del Suelo y de Nutrientes Esenciales (p. 508).
7. George M. Reeves, Jan Sims, J. C. C. (Ed.). (2006). Clay Materials Used in Construction (p. 525). Geological Society of London.
8. González Vallejo Luis L. Coordinador. (2002). *Ingeniería geológica*. (p. 744). Granada – España.
9. Jury, W. A., & Horton, R. (2004). Soil Physics (p. 370). John Wiley & Sons.
10. León, M. I. C., & Rodríguez, M. P. (2007). Mineralogía aplicada: salud y medio ambiente (p. 406). Editorial Paraninfo.
11. Leoncio Rubén Gilvonio Alegría. (2005). *El ahorro de energía en la industria cementera como estrategia de la excelencia operativa*. Universidad Nacional de San Marcos. Perú.
12. Malagón, E. del C. V. (n.d.). Materiales Ceramicos. Propiedades, Aplicaciones Y Elaboracion. UNAM
13. Manual de Mineralogía, Vol. 2 Cuarta Edición, Basado en la Obra de J.D. Dana, Cornelis Klein, Cornelius S. Hurlbut, 1997.
14. Marshall, T. J., Holmes, J. W., & Rose, C. W. (1996). Soil Physics (p. 453). Cambridge University Press.
15. Oscar Galli Merino, Facundo Miguel S. (2007). Sistemas de Recirculación y Tratamiento de agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos CENADAC (Santa Ana- Corrientes).

16. Paladines Agustín, Soto John. (2010). Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja.
17. Rosana Méndez Mutschler (2009). *Diseño de tejas prefabricadas de bajo coste que incorporan residuos industriales de carácter puzolánico para uso en países en vías de desarrollo. Aplicación al caso de Cali*. Universidad Politécnica De Valencia (Colombia),
18. Soil Physics. Jury, William A.; Horton, Robert (2004). John Wiley & Sons p. 370
19. Special Procedures for Testing Soil and Rock for Engineering Purposes. (n.d.). ASTM International.
20. VILLALAZ, C. A., & Villalaz, C. C. (2000). Problemas resueltos de mecánica de suelos y de cimentaciones (p. 163). Editorial Limusa.
21. Walter T. Huang, Ph.D. (2010). Petrología. Departamento de Geología. Universidad Baylor.

## TESIS

1. Flores C. Yetzabel G. (2013). *Caracterización físico – mecánica y química de arcillas del sector Norte de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*. Loja, Universidad Técnica Particular de Loja
2. Guartán José A. (2010). *Zonificación Sísmica de la Cuenca de Loja (Ecuador), a partir de datos litológicos y medios de ruido Ambiental*. Loja. Universidad Técnica particular de Loja.

## ARTÍCULOS

1. Ashburner, J. E., & Sims, B. G. (1984). *Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza* (p. 473). IICA.
2. Coordinador General; Jorge Albán Gómez, Miguel Carvajal Aguirre, Carlos Chamorro Arturo y Diego Pazmiño Vinueza, Fabián Sandoval Moreano. *Capítulo 7- Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en Ecuador*. Equipo Consultor de la Fundación Ambiente y Sociedad.
3. Curso de Mineralogía de Suelos. (n.d.). Bib. Orton IICA / CATIE.
4. El uso de la arcilla en aplicaciones industriales, artículo publicado por Quiminet.com 2012.
5. Hidrored - Jorge Montaña - I Seminario-Taller. Protección de acuíferos frente a la contaminación. Metodología. - Junio 2001- Toluca (México). (n.d.).
6. Superficie específica, superficie externa e interna for FISISORCION NITROGENO. (n.d.)
7. Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO Loja (2007). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional.

# **ANEXOS**

**ANEXO I**

**FICHAS DE CAMPO**

**ANEXO II**

**PROCEDIMIENTOS PARA ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO III**

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO IV**

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**

**ANEXO V**

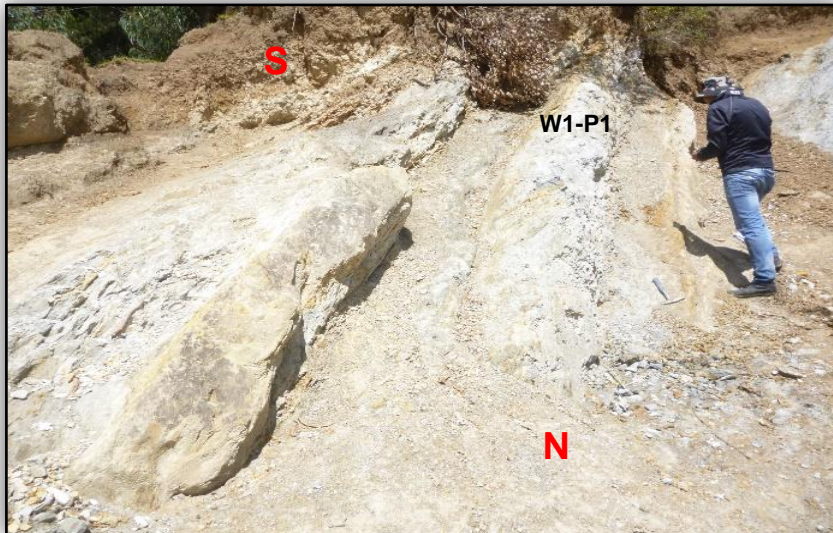
**MAPA DE ZONAS DE INTERÉS**

## **ANEXO I FICHAS DE CAMPO**



## NEXO I.A

<b>Afloramiento 1</b>	<b>Terraplén cerca del Parque Pucará</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700380 m y=9556990 m z=2169 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	
<b>Datos Estructurales</b>	111/54
<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano
<b>Estado de Alteración</b>	Alta, provocada por factores climáticos y actividad humana, por motivo de obras de construcción.

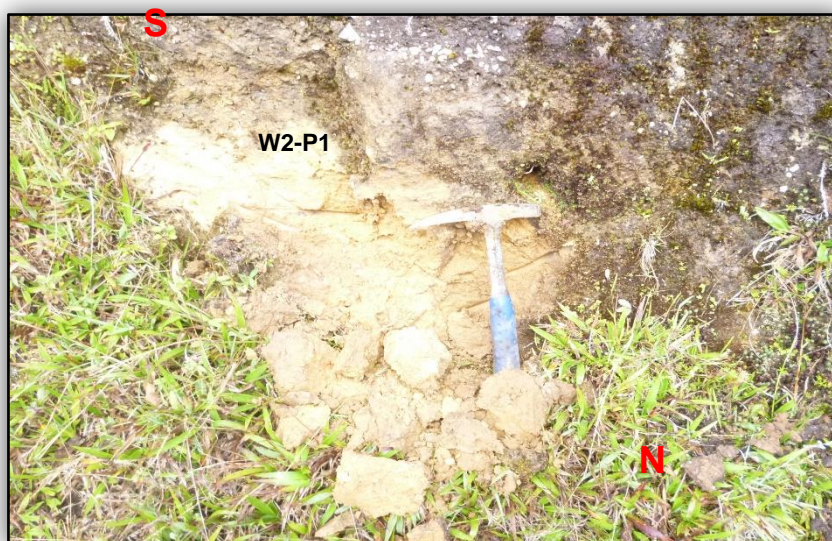


### Descripción Litológica

Se aprecia estratos de arcillas de coloración gris con potencia de 50 - 70 cm, estos están intercalados con estratos de lutitas del mismo color, también estratos de arena con potencia desde 10 - 30 cm, las capas presentan una dirección de 201°N con buzamiento de S54E.

## ANEXO I.B.

<b>Afloramiento 2</b>	<b>Ladera de la Cordillera Real, pasando la escuela Amauta</b>
<b>Ubicación</b>	x= 702960 m y=9552592 m z=2235 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	Pendiente de uno de los flacos del valle en V de la quebrada San Simón.
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	Chigüinda
<b>Estado de Alteración</b>	Alta, provocada por factores climáticos, raíces de vegetación que están en la parte superior del talud y por acción del hombre que ha hecho excavación con palas.



### Descripción Litológica

Se ubica sobre las laderas de la Cordillera Real que pertenece a la Unidad Chigüinda material metamórfico de edad Paleozoica, se observa material arcilloso de tonalidad rojiza cubierto por una delgada capa vegetal que presenta clastos pequeños de cuarzo de forma angulosa y tamaños que varían de 0,5 mm - 4 cm.

## ANEXO I.C.

<b>Afloramiento 3</b>	<b>Vía Zamora Huayco Alto - Parque Pucará</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700991 m y=9555733 m z=2155 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	Quillollaco
<b>Estado de Alteración</b>	Media, provocada por factores climáticos y raíces de árboles.



### Descripción Litológica

Se aprecia un estrato de conglomerado envuelto en una matriz de arena fina de coloración amarilla, que contiene pequeños lentes de arenas, además se hallan en contacto con un paquete de arcillas de color gris con pequeños pigmentos de tono rojizo que se atribuye a oxidaciones.

**ANEXO I.D.**

<b>Afloramiento 4</b>	<b>Polígono de Tiro de 7BI</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700652 m y=9555938 m z=2221msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano
<b>Estado de Alteración</b>	Alta, provocada por raíces de vegetación y factores climáticos.

**Descripción Litológica**

Se observa estratos de arcillas gris y gris clara del Miembro Medio de la Formación San Cayetano que están dispuestas en sentido horizontal, ambas capas presentan entre 70 cm y 1 m de potencia, con coloraciones rojizas esto posiblemente por oxidaciones de minerales ferrosos.

## ANEXO I.E

<b>Afloramiento 5</b>	<b>Vía Zamora Huayco Alto - Parque Pucará</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700434 m y=9556808 m z=2166 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano
<b>Estado de Alteración</b>	Alta, provocada por factores climáticos, en donde se ha producido pequeño deslizamiento sin consideración



### Descripción Litológica

Similar a la litología del (punto 4) por ello se aduce que se halla ubicado en el Miembro Medio de la Formación San Cayetano, pero a diferencia estos estratos muestran una inclinación de buzamiento, posiblemente ocasionada por los movimientos tectónicos que han moldeado la morfología de toda la cuenca a lo largo de la historia geológica de su formación.

## ANEXO I.F.

<b>Afloramiento 6</b>	<b>Detrás de la Ciudadela la Pradera, Entrada de sendero al Pucará</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700347 m y=9556210 m z=2195 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano
<b>Estado de Alteración</b>	Media, provocada por factores climáticos.



### Descripción Litológica

Se observa paquetes intercalados de conglomerados y arena arcillosa de la misma tonalidad, los clastos de los conglomerados presentan una morfología subredondeados envueltos en una matriz arenosa.

El material areno - arcilloso tiene una potencia aproximada de 2 m, de tonalidad blanca amarillenta. El talud se presenta altamente erosionado por escorrentía del agua de lluvia dejando a la vista cárcavas.

## ANEXO I.G.

<b>Afloramiento 7</b>	<b>Entrada Ciudadela Yaguarcuna</b>
<b>Ubicación</b>	x= 699758 m y=9555570 m z=2133 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano
<b>Estado de Alteración</b>	Media a alta, provocada por factores climáticos y actividad humana, ya que existen pequeñas excavaciones en el material arcilloso.



### Descripción Litológica

El afloramiento corresponde a material areno - arcilloso de tono gris - claro con una potencia aproximada entre 1,2 m y 1,5 m, sobre yaciendo depósitos aluviales y plasticidad baja.

## ANEXO I.H.

<b>Afloramiento 8</b>	<b>Vía a Vilcabamba, cerca de la gasolinera de la Argelia</b>
<b>Ubicación</b>	x= 701563 m y=9555468 m z=2158 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	Terraza fluvial del río Malacatos.
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	Aluviales del Río Zamora
<b>Estado de Alteración</b>	Media, provocada por factores climáticos y raíces de árboles que están en la parte superior del talud.



### Descripción Litológica

El material presente corresponde arenas - arcillosas de tonalidad gris clara que pequeños clastos redondeados de tipo metamórfico y cuarzo de veta, la potencia del material arcilloso va desde 3 - 4 m y se encuentran sobreyaciendo a un paquete de limos de color gris.



## ANEXO I.I.

<b>Afloramiento 9</b>	<b>Capulí, vía a la finca Palacios</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700354 m y=9552064 m z=2193 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	Ladera suave, en el flanco Sur - Este de la Cuenca Sedimentaria de Loja
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	Quillollaco
<b>Estado de Alteración</b>	Alta, provocada por factores climáticos y acción de maquinaria de equipo caminero.



### Descripción Litológica

El afloramiento en la parte superior está cubierto por una delgada capa de suelo de tonalidad negro atribuyendo su alto contenido en materia orgánica, el resto de material corresponde a arcilla de tono amarillo, además contiene abundante presencia de pequeños clastos redondeados de tipo metamórfico y cuarzo en tamaños de 0,5 mm a 3 cm.

## ANEXO I.J.

<b>Afloramiento 10</b>	<b>Ciudadela detrás del Hotel Howard Johnson.</b>
<b>Ubicación</b>	x= 700587 m y=9557845m z=2147 msnm
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Artificial
<b>Contexto Geomorfológico</b>	Flanco Sur - Este de la Cuenca de Loja.
<b>Datos Estructurales</b>	
<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano
<b>Estado de Alteración</b>	Media, provocada por factores climáticos.



### Descripción Litológica

Contiene arcillas de media a alta plasticidad con abundante presencia de oxidaciones que le dan una tonalidad marrón claro. En el afloramiento se observa intercalaciones de delgadas capas de limolita de tono gris que se encuentra muy alterados se ve claramente cárcavas de erosión que ha dejado la circulación del agua de escorrentía de lluvia.

## **ANEXO II    PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

- A. LÍMITES DE ATTERBERG**
- B. PESO ESPECÍFICO**
- C. SUPERFICIE ESPECÍFICA**
- D. PH**

## **ANEXO II**

### **A. LÍMITES DE ATTERBERG**

- Límite Líquido

#### **DETERMINACION DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS**

##### **I.N.V. E - 125**

### **OBJETO**

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.

Para los fines de esta especificación, cualquier valor observado o calculado deberá aproximarse al centésimo.

### **EQUIPO**

- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- Una espátula de hoja flexible de 75 mm (3") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.
- Aparato del Límite Líquido o Casagrande.
- Un ranurador.
- Calibrador ya sea incorporado al ranurador o separado.
- Recipientes de material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos.
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Un horno termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5°C.
- Agua destilada.

### **MUESTRA**

Tómese una muestra que pese aproximadamente 100 g. de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (No.40) obtenido.

### **PROCEDIMIENTO**

Colóquese la muestra de suelo en la vasija de evaporación y mézclese completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml.

Mézclase completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.

Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el, (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa.

Nivélese el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjeselo hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrésese el exceso de suelo a la vasija de evaporación.

Divídase el suelo en la cazuela de bronce por pasadas firmes del ranurador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas, de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante

Elévese y golpéese la cazuela girando la manija a una velocidad de dos (2) revoluciones por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

En lugar de fluir sobre la superficie de la cazuela algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá agregarse más agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el ranurador y se repetirá; si el suelo sigue deslizándose sobre la cazuela a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el Límite Líquido no se puede determinar.

Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Pésese y anótese. Colóquese el suelo dentro del recipiente en el horno a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) hasta obtener peso constante y vuélvase a pesar tan pronto como se haya enfriado

pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anótese este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.

Transfírase el suelo sobrante en la cazuela de bronce a la cazuela de porcelana. Lávese y séquese la cazuela y el ranurador, y ármese de nuevo el aparato del Límite Líquido para repetir el ensayo.

Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

## **CÁLCULOS**

Calcúlese el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno, como sigue:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f} \times 100$$

Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

Preparación de la curva de fluidez.- Trácese una "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la cazuela de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como abscisa sobre la escala aritmética, y el número de golpes como ordenada sobre la escala logarítmica.

La curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

Límite Líquido.- Tómese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como Límite Líquido del suelo y aproxímese este valor a un número entero.

## **ANEXO II**

### **A. LÍMITES DE ATTERBERG**

- Límite Plástico

#### **OBJETO**

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelos de 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desmoronen.

#### **EQUIPO.**

- Una espátula de hoja flexible de 75 mm (3") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.
- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Un horno termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamiz N° 40
- Agua destilada.
- Superficie lisa, para amasado y enrollado, comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado

#### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

Se toman 20 g de muestra que pase por el tamiz N° 40, obtenidos de acuerdo con las normas INV E-106 o INV E-107 (Preparación en seco y en húmedo de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de constantes físicas). Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa del suelo. Se toma una porción de unos 6 gramos de dicha esfera con muestra para el ensayo.

#### **PROCEDIMIENTO**

Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar los cilindros.

Si antes de llegar el cilindro de n diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso cuantas veces sea necesario hasta que se desmorone con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto en los diversos tipos de suelo. En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños. En otros suelos se forma una capa tubular exterior que comienza a hendirse en ambos extremos y progresa hacia el centro, hasta que finalmente el suelo se desmorona en partículas lajosas.

La porción obtenida se coloca en recipientes tarados, y se continúa el proceso hasta reunir unos 5 gramos de suelo, se determina la humedad de acuerdo a la norma INV E - 22.

Se repite el proceso con la otra mitad de la masa.

### **RESULTADOS**

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con una cifra decimal y se calcula así:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f} \times 100$$

### **CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre el límite líquido y su límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el Índice de Plasticidad se informara con la abreviatura NP (No Plástico).

Así mismo cuando el límite plástico resulta igual o mayor que el límite líquido, el Índice de Plasticidad se informará como NP.



## **ANEXO II**

### **B. PESO ESPECÍFICO.**

#### **OBJETO**

El picnómetro es un recipiente calibrado, con el que se puede pesar el volumen de un líquido con mucha precisión, por comparación entre la masa del picnómetro lleno de agua destilada de la que se conoce con gran precisión su densidad a temperatura ambiente y la masa del picnómetro lleno con un líquido problema se puede calcular la densidad de este.

Para el caso de la densidad de un sólido, cuyo tamaño ha de ser adecuado a las dimensiones del picnómetro, pesando el picnómetro con el sólido y relleno con agua destilada podemos obtener el volumen del sólido si además hemos calculado el volumen del picnómetro, y una vez obtenido la masa podemos determinar su densidad.

#### **EQUIPO**

- Picnómetro
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Pizceta
- Agua destilada
- Muestra

#### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

De la muestra original se tritura la muestra y se hace pasar 5 gramos por el tamiz N° 200.

#### **PROCEDIMIENTO**

Se pesa el picnómetro vacío y limpio, el peso debe coincidir con el peso especificado por el distribuidor, caso contrario se debe secar o limpiar adecuadamente.

Se agrega muestra al picnómetro y se pesa, hecho esto se añade agua destilada y se vuelve a pesar.

Lava el picnómetro y se pesa únicamente con agua destilada y se anota ese valor.

#### **RESULTADOS**

Así tenemos:

$$Pe = \frac{(P2 - P1)}{(P3 - P1) - (P4 - P1)}$$

Dónde:

$P_e$  = peso específico.

$P_1$  = peso picnómetro vacío.

$P_2$  = peso picnómetro + muestra.

$P_3$  = peso picnómetro + agua.

$P_4$  = peso picnómetro + muestra + agua.

## **ANEXO II**

### **C. SUPERFICIE ESPECÍFICA.**

#### **ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AZUL DE METILENO**

##### **OBJETO**

La finalidad es determinar el azul de metileno consumido por la fracción 0,2 mm de los áridos finos o de la mezcla total de los áridos. Se basa en la adición de pequeñas dosis de azul de metileno disuelto en una concentración de 1%, comprobando la absorción de colorante por parte de la muestra y realizando una prueba de coloración sobre el papel filtro.

##### **EQUIPO**

- Azul de metileno
- Agua destilada
- Probeta de 1000 ml
- Pipeta de 10 ml
- Matraces de 250 ml y 500 ml
- Balón de 1000 ml
- Varillas de vidrio
- Papel filtro
- Agitador de muñeca con velocidad regulable
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Tamiz N° 200
- 16 gramos de muestra a analizar

##### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

La muestra original se debe triturar hasta que pase por el tamiz N° 200.

##### **PROCEDIMIENTO**

Se prepara la solución de azul de metileno en un balón de 1000 ml con una concentración del 1%.

Se pesa 16 gramos de muestra en los matraces de 250 ml, hecho esto con ayuda de una probeta se agrega 40 ml de agua destilada.

Luego con la pipeta se agrega 5 ml de azul de metileno al matraz que contiene la muestra, y se lo coloca en el agitador de muñecas, para que sean agitados a una revolución de 600 RPM durante 5 minutos.

Con ayuda de la varilla se saca una gota de la solución y se coloca sobre el papel filtro si este crea un aureola celeste, significa que esta lista y podemos tomar los datos de consumo de azul de metileno caso contrario se agrega 5 ml más y se vuelve agitar por 1 minuto a una revolución de 400 RPM.

Se lo repite el paso anteriormente descrito las veces que sea necesario hasta que muestre signos de saturación en el papel filtro que estamos utilizando.

## **RESULTADOS**

El valor de azul de metileno, MBI (Methylene Blue), se expresa en gramos de colorante por kilogramo de la fracción granulométrica 0,2 mm.

Se determina con la siguiente formula:

$$MBI = \frac{V_{AM}}{W_{SS}} \times 10$$

$$SE = MBI \times 7,4803$$

## **ANEXO II**

### **D. PH**

#### **OBJETO**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos. El pH se define como el logaritmo (base 10) negativo de la actividad de los iones hidrogeno en una solución. El índice varía de 0 a 14, siendo 7 neutro. Un pH por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico (alcalino).

El pH del suelo es considerado como una de las principales variables en los suelos, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar.

#### **EQUIPO**

- pH metro
- Vasos de precipitación
- Varillas de vidrio
- Agua destilada
- Cronometro
- 10 gramos de muestra a analizar

#### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

De la muestra original trituramos y tamizamos 10 g por el tamiz N° 200.

#### **PROCEDIMIENTO**

En un vaso de precipitación se pesa 10 g de muestra y con ayuda de la probeta se agrega 25 ml de agua destilada.

Se agita durante 10 minutos para que los sólidos se disuelvan con el agua, una vez realizado esto se deja sedimentar por 30 minutos.

Se carga el equipo de medición de pH (peachimetro) y se introduce el medidor en el vaso de precipitación.

#### **RESULTADOS**

Se toma los datos de pH y temperatura generados.

pH.	Evaluación
<4,5	Extremadamente ácido
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido
5,1-5,5	Fuertemente ácido
5,6-6,0	Medianamente ácido
6,1-6,5	Ligeramente ácido
6,6-7,3	Neutro
7,4-7,8	Medianamente básico
7,9-8,4	Básico
8,5-9	Ligeramente alcalino
9,1-10,0	Alcalino
>10	Fuertemente alcalino

**Figura 22.** Clasificación de pH de los suelos  
**Fuente:** (Casas Flores Raquel, 2012) **Editado:** Autor

## **ANEXO III ENSAYOS DE LABORATORIO**

- A. LÍMITES DE ATTERBERG**
- B. PESO ESPECÍFICO**
- C. SUPERFICIE ESPECÍFICA**
- D. PH**
- E. DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ANEXO III.A.1

## LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W1-P1

### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
17	64,76	61,47	54,75	48,96	48,13
21	64,53	61,24	54,46	48,53	
25	65,29	62,10	55,48	48,19	
28	60,78	57,14	49,53	47,83	

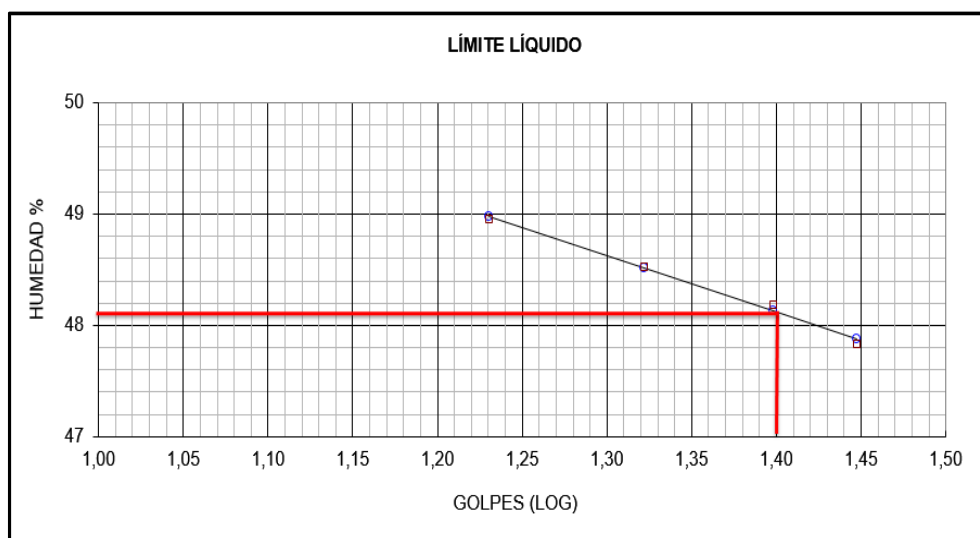
### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	w %	Resultado
JA10	58,97	58,68	57,38	22,31	22,54
JA6	54,21	53,91	52,63	23,44	
GO32	68,27	67,92	66,32	21,87	

LL= 48,00 %

LP= 23,00 %

IP= 25,00%







# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

## ANEXO III.A.2

### LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W2-P1

#### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
30	69,58	67,53	59,42	25,28	26,43
25	73,23	70,21	58,85	26,58	
21	79,43	76,47	65,58	27,18	
17	76,93	74,14	64,56	29,12	

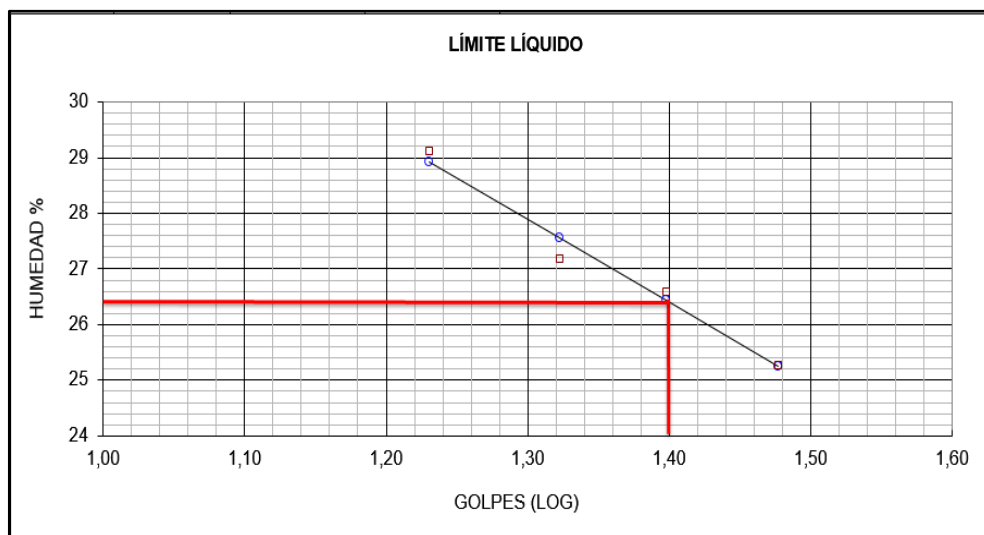
#### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
MS100	71,89	71,68	70,68	21,00	20,65
AB4	56,07	55,80	54,52	21,09	
B5	60,57	60,32	59,06	19,84	

LL= 26,00 %

LP= 21,00 %

IP= 5,00%





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ANEXO III.A.3.

### LÍMITES DE ATTERBERG

*Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*

**Tesista:** Wilman Hernán Díaz Capa

**Fecha:** Enero 2015

**Muestra:** W3-P1

#### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
18	70,82	67,76	57,15	28,84	28,18
22	75,23	72,20	61,63	28,67	
26	66,55	63,99	54,88	28,10	
30	70,66	67,92	58,02	27,68	

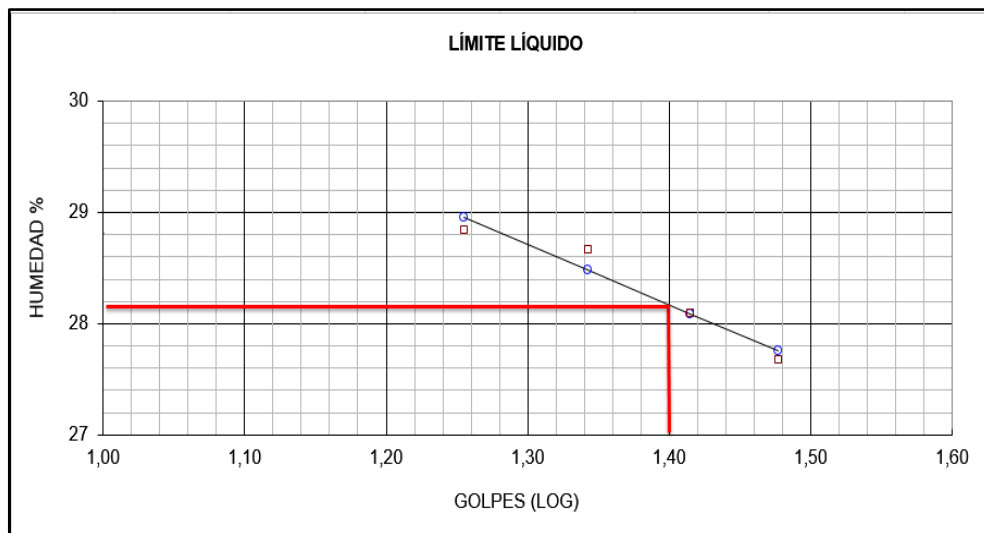
#### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
16	56,05	55,74	54,23	20,53	25,00
14	62,90	62,62	61,81	34,57	
11	59,38	59,01	57,15	19,89	

**LL= 28,00 %**

**LP= 25,00 %**

**IP= 3,00%**





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ANEXO III.A.4.

## LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W4-P1

### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
17	74,74	71,99	61,17	25,42	24,94
22	64,56	62,14	52,55	25,23	
26	72,22	69,48	58,45	24,84	
30	78,21	74,95	61,74	24,68	

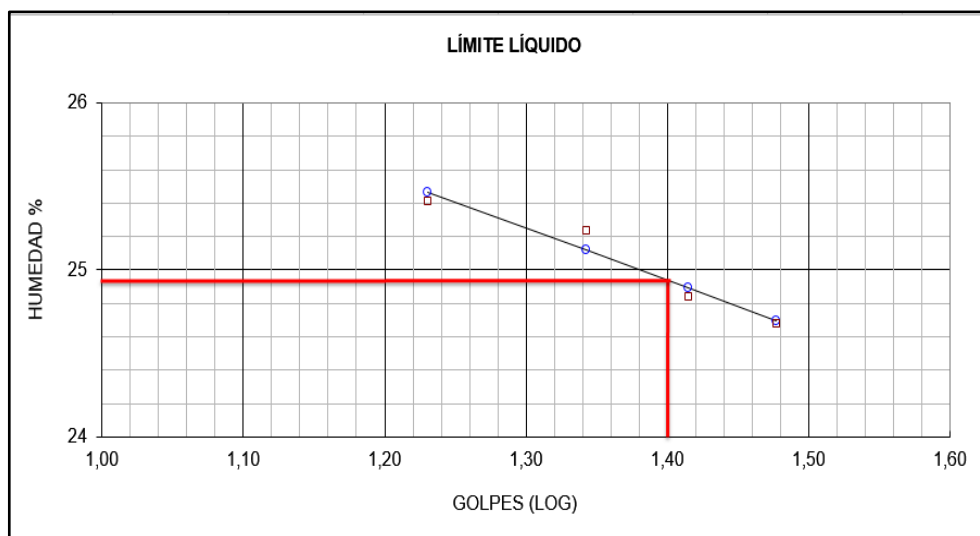
### LÍMITE PLÁSTICO

Capsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
JB1	58,07	57,73	55,46	14,98	13,60
R2	68,46	68,20	66,35	14,05	
J4	57,44	57,26	55,73	11,76	

LL= 25,00 %

LP= 14,00 %

IP= 11,00%





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

## ANEXO III.A.5.

### LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W5-P1

#### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
28	81,44	78,99	70,65	29,38	29,79
24	68,10	65,65	57,40	29,70	
19	63,63	61,00	52,63	31,42	
15	66,45	64,00	56,66	33,38	

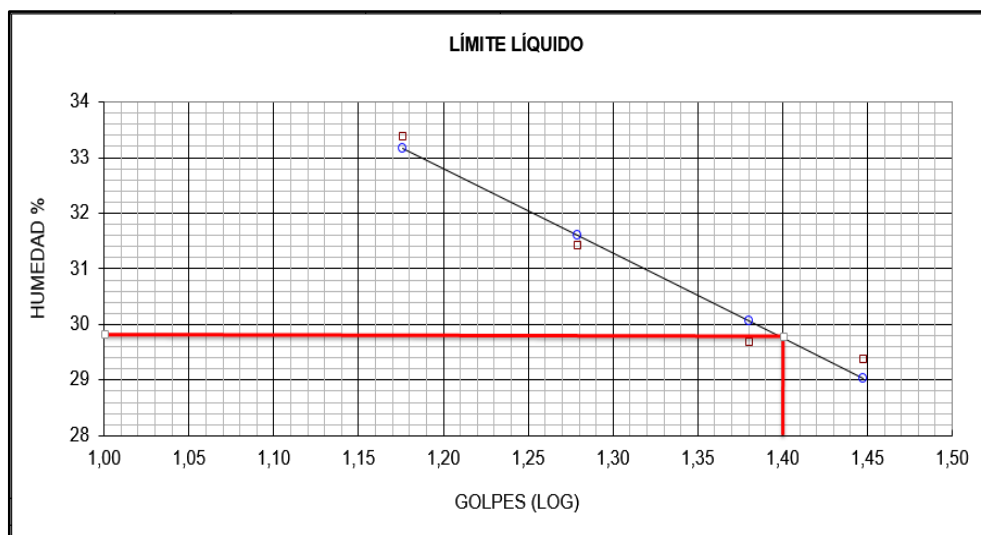
#### LÍMITE PLÁSTICO

Capsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	w %	Resultado
11	60,32	60,07	58,58	16,78	15,96
R1	37,45	37,32	36,46	15,12	
18	40,52	40,17	37,98	15,98	

LL= 30,00 %

LP= 16,00 %

IP= 14,00%





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ANEXO III.A.6.

## LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W6-P1

### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
18	73,51	70,62	59,88	26,91	25,89
22	51,92	48,97	37,61	25,97	
26	71,06	68,71	59,61	25,82	
32	74,71	72,47	63,62	25,31	

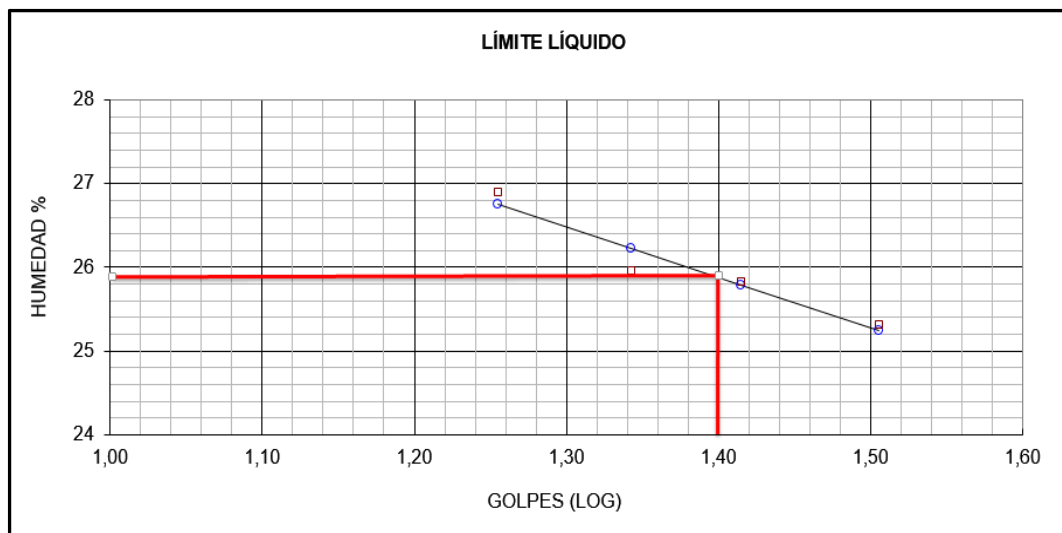
### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
3	62,60	62,32	60,30	13,86	14,36
04	78,73	78,51	76,84	13,17	
S19	75,23	74,85	72,48	16,03	

LL= 26,00 %

LP= 14,00 %

IP= 12,00%





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ANEXO III.A.7.

## LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W8-P1

### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
18	67,73	65,78	57,59	23,81	23,54
22	60,70	58,76	50,52	23,54	
26	67,09	65,11	56,73	23,63	
30	73,43	71,54	63,45	23,36	

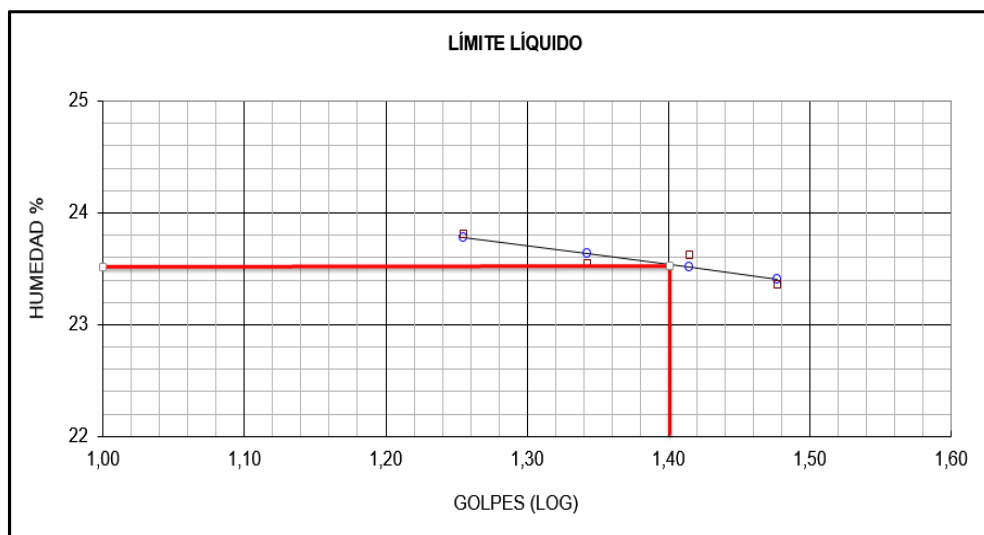
### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
JB7	63,38	63,22	61,35	8,56	9,26
5	71,52	71,34	69,64	10,59	
J3	53,05	52,91	51,29	8,64	

LL= 24,00 %

LP= 9,00 %

IP= 15,00%





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ANEXO III.A.8.

## LÍMITES DE ATTERBERG

Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja

Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa

Fecha: Enero 2015

Muestra: W9-P1

### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
17	87,13	83,90	72,48	28,28	27,56
22	68,57	66,09	57,15	27,74	
26	72,36	69,07	57,16	27,62	
30	72,60	69,49	58,03	27,14	

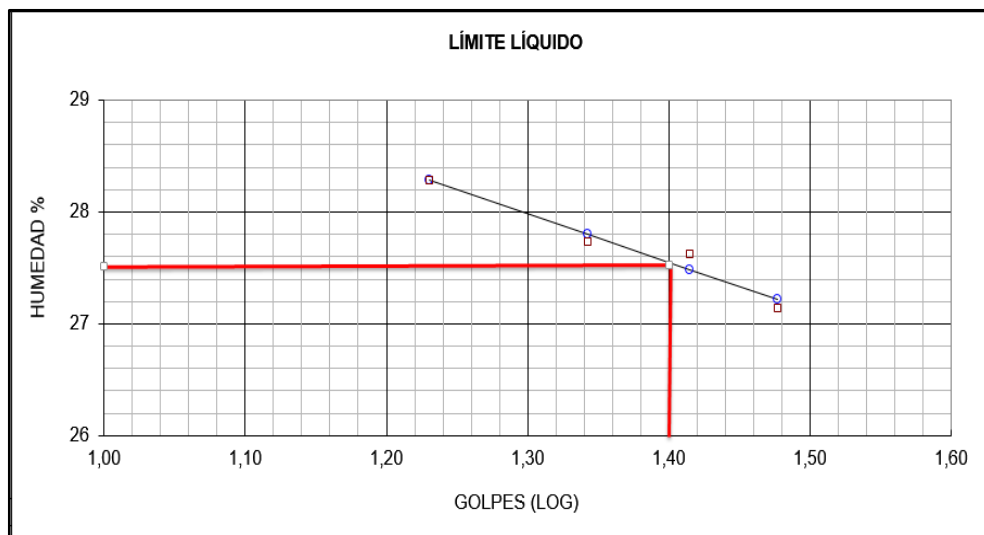
### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
3	59,30	59,03	57,34	15,98	15,10
101	55,97	55,77	54,44	15,04	
A1	50,72	50,57	49,52	14,29	

LL= 28,00 %

LP= 15,00 %

IP= 13,00%





# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ANEXO III.A.9.

### LÍMITES DE ATTERBERG

*Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*

**Tesista:** Wilman Hernán Díaz Capa

**Fecha:** Enero 2015

**Muestra:** W10-P1

### LÍMITE LÍQUIDO

Golpes	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
18	51,21	48,17	37,60	28,76	28,49
22	74,68	71,77	61,62	28,67	
26	73,46	70,45	59,87	28,45	
30	92,70	89,20	76,83	28,29	

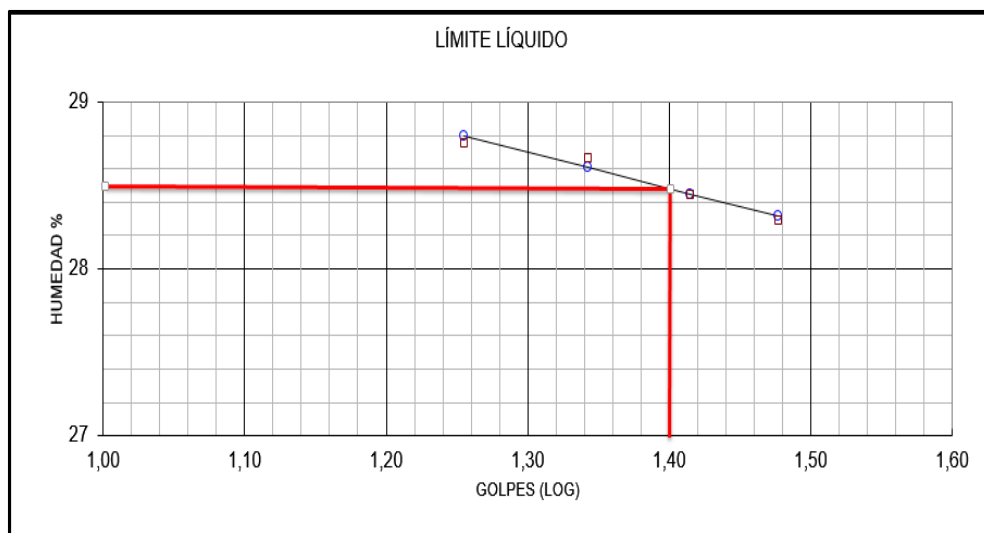
### LÍMITE PLÁSTICO

Cápsula	Peso hum.	Peso seco	W.cápsula	W %	Resultado
J-2	58,97	58,93	58,39	7,41	9,21
JA3	55,45	55,38	54,80	12,07	
MS16	64,17	64,13	63,64	8,16	

**LL= 28,00 %**

**LP= 9,00 %**

**IP= 19,00%**





## ANEXO III

### B. PESO ESPECÍFICO



## UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

### ANEXO III.B. PESO ESPECÍFICO

*Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-  
Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*

*Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa*

*Fecha: Enero 2015.*

MUESTRAS	WPic. vacío	WPic.+Ss	WPic.+Ss+H2O	WPic.+H2O	P (g/cm <sup>3</sup> )
W1-P1	11,70	11,78	21,98	21,94	2,00
W2-P2	17,46	17,59	27,50	27,42	2,60
W3-P1	17,46	17,90	27,68	27,42	2,44
W4-P1	17,46	17,80	27,60	27,42	2,27
W5-P1	17,46	17,73	27,59	27,42	2,73
W6-P1	17,46	17,73	27,58	27,42	2,54
W7-P1	17,46	17,95	27,73	27,42	2,69
W8-P1	17,46	17,84	27,64	27,42	2,50
W9-P1	17,46	17,98	27,74	27,42	2,60
W10-P1	17,46	17,97	27,69	27,42	2,13

## ANEXO III

### C. SUPERFICIE Y ESPECÍFICA



## UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

**ANEXO III.C.**

### **SUPERFICIE ESPECÍFICA**

*Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*

*Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa*

*Fecha: Enero 2015*

MUESTRAS	W ss	W am	V am	SCC am	V am C	N. Avogadro	PM am	SE (m <sup>2</sup> /g)
W1-P1	16.01	10	1000	1,30x10-18	70	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	91,55
W2-P1	16.00	10	1000	1,30x10-18	20	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	26,17
W3-P1	16.01	10	1000	1,30x10-18	20	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	26,16
W4-P1	16.01	10	1000	1,30x10-18	20	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	26,16
W5-P1	16.01	10	1000	1,30x10-18	20	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	26,16
W6-P1	16.01	10	1000	1,30x10-18	10	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	13,08
W7-P1	16.02	10	1000	1,30x10-18	10	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	13,07
W8-P1	16.00	10	1000	1,30x10-18	10	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	13,09
W9-P1	16.00	10	1000	1,30x10-18	10	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	13,09
W10-P1	16.00	10	1000	1,30x10-18	32	6,022x10 <sup>23</sup>	373,9	45,80

**W ss** = Peso muestra (g).

**W am** = Peso azul de metileno (g).

**V am** = Volumen en que se disuelve el azul de metileno (ml).

**SCC am** = Superficie cubierta por un catión de azul de metileno (m<sup>2</sup>).

**V am C** = Volumen consumido de azul de metileno para alcanzar punto final (ml).

**N. Avogadro** = Número de Avogadro (moléculas/mol).

**PM am** = peso molecular de azul de metileno C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>N<sub>3</sub>S<sup>+</sup> Cl<sup>-</sup> .3H<sub>2</sub>O (g/mol).

**SE** = superficie específica (m<sup>2</sup>/g)

## ANEXO III

### D. pH



## UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

**ANEXO III.D.**

### POTENCIAL HIDROGENO

*Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*

*Tesista: Wilman Hernán Díaz Capa*

*Fecha: Enero 2015*

MUESTRAS	pH	T °C	EVALUACIÓN
W1-P1	4,74	18,6	Fuertemente ácido
W2-P1	8,00	18,7	Básico
W3-P1	4,99	20,7	Fuertemente ácido
W4-P1	6,33	19,8	Ligeramente ácido
W5-P1	6,45	20	Ligeramente ácido
W6-P1	6,25	19,9	Ligeramente ácido
W7-P1	6,15	20,2	Ligeramente ácido
W8-P1	5,70	20,2	Medianamente ácido
W9-P1	6,26	19,7	Ligeramente ácido
W10-P1	7,83	19,8	Medianamente básico

## ANEXO III

### E. DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X



## UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

ANEXO III.E.

### DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X

*Caracterización físico - mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja*

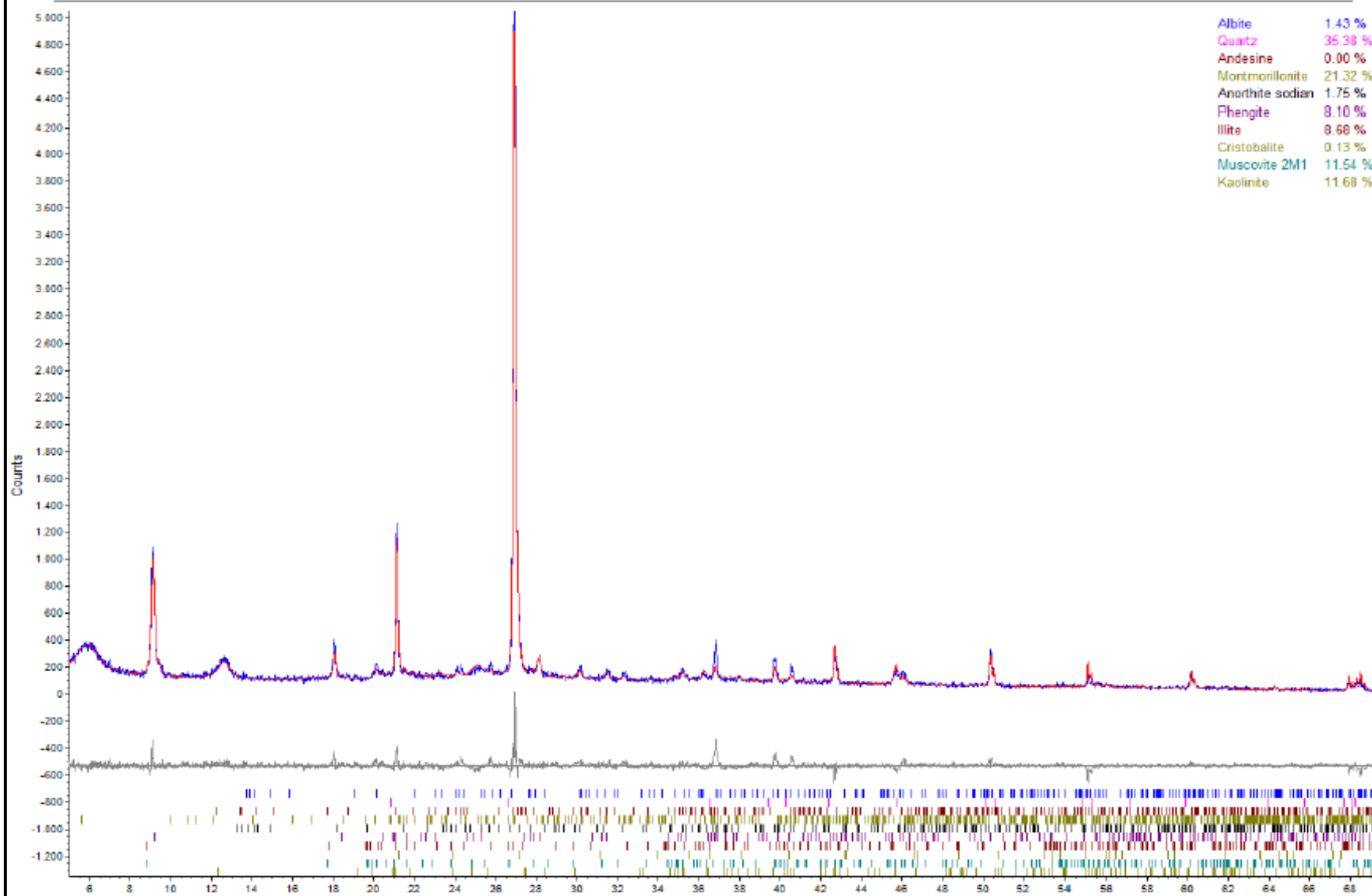
Tablas de resultados de análisis de Difractometría de Rayos X realizados por Proinstra S.A.

Mineral	Fórmula	Muestra W1P1 (%)	Muestra W2P1 (%)	Muestra W3P1 (%)	Muestra W4P1 (%)	Muestra W5P1 (%)
Montmorillonita	$Al_2Ca_{0,5}O_{12}Si_4$	21.32	-	-	-	-
Cuarzo	$SiO_2$	35.38	79.98	79.76	76.63	69.51
Kaolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	11.68	7.13	7.15	3.36	5.68
Illita	$Al_4KO_{12}Si_2$	8.68	-	-	1.43	0.13
Moscovita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	11.54	0.22	0.22	9.28	17.02
Phengita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	8.10	-	-	-	-
Cristobalita	$SiO_2$	0.13	-	-	-	-
Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)	$(Na, Ca)(Si, Al)_3O_8$	3.17	5.57	5.56	8.34	6.44
Vermiculita	$Mg_{0,7}(Mg, Fe, Al)_6(Si, Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 8H_2O$	-	0.59	0.59	0.03	0.25
Diópsido	$MgCaSi_2O_6$	-	0.83	1.02	0.93	0.97
Bayerita	$-Al(OH)_3$	-	1.66	1.67	-	-
Gibbsita	$-Al(OH)_3$	-	4.02	4.01	-	-

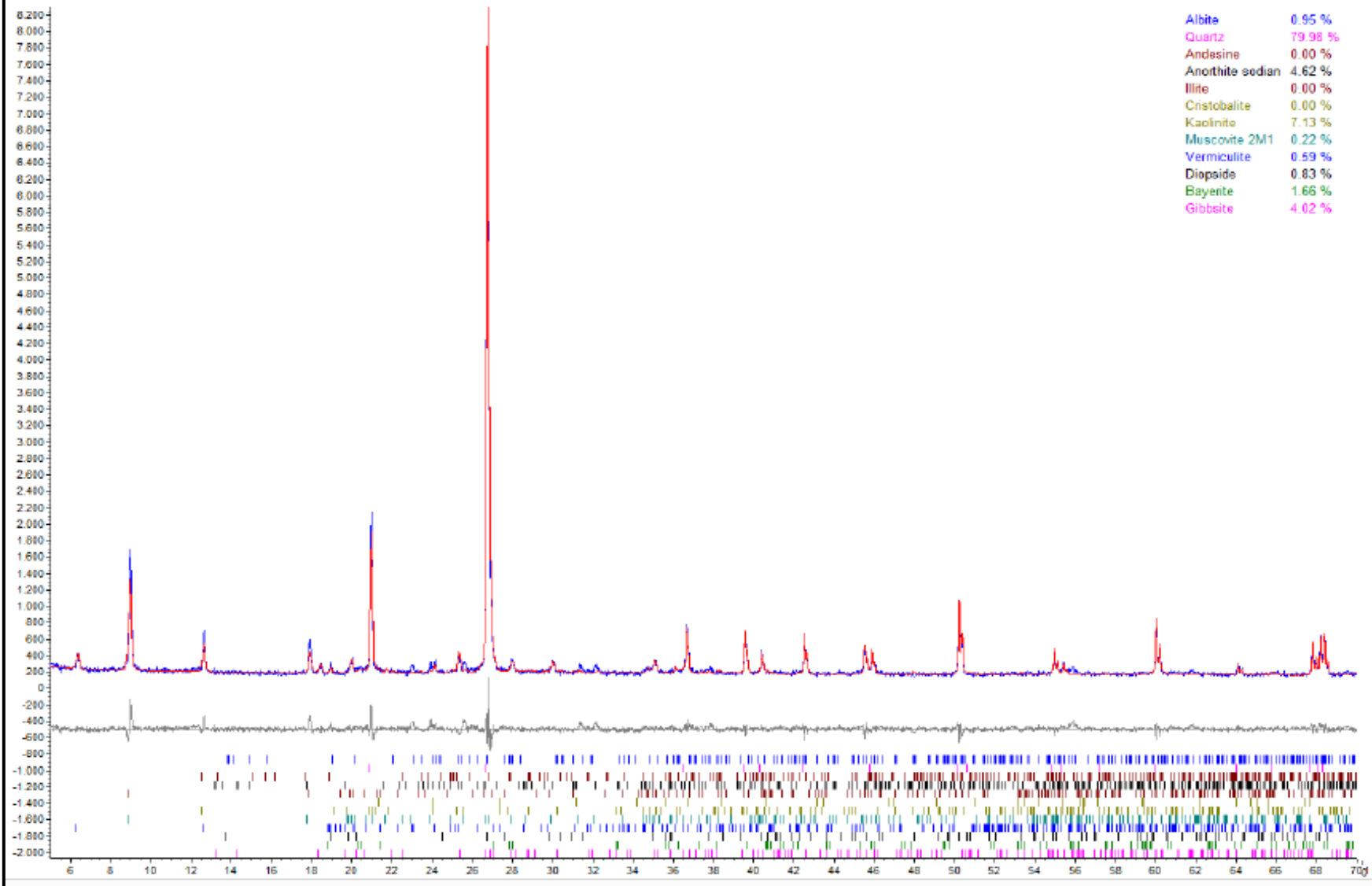
Mineral	Fórmula	Muestra W6P1 (%)	Muestra W7P1 (%)	Muestra W8P1 (%)	Muestra W9P1 (%)
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	73.66	81.74	84.18	70.36
Kaolinita	Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub>	6.85	5.07	5.17	7.55
Illita	Al <sub>4</sub> KO <sub>12</sub> Si <sub>2</sub>	3.79	3.99	3.62	2.93
Moscovita	Al <sub>3</sub> H <sub>2</sub> KO <sub>12</sub> Si <sub>3</sub>	9.65	6.30	3.80	15.52
Diaspore	AlO(OH)	-	-	0.38	0.25
Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)	(Na,Ca)(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	1.69	1.79	1.48	1.37
Vermiculita	Mg <sub>0.7</sub> (Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub> ·8H <sub>2</sub> O	1.79	-	-	0.47
Diópsido	MgCaSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	1.74	0.41	0.66	0.87
Bayerita	-Al(OH) <sub>3</sub>	0.41	0.57	0.40	0.34
Gibbsita	-Al(OH) <sub>3</sub>	0.42	0.13	0.31	0.34

Mineral	Fórmula	Muestra W10P1 (%)
Montmorillonita	Al <sub>2</sub> Ca <sub>0.5</sub> O <sub>12</sub> Si <sub>4</sub>	3.78
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	56.68
Kaolinita	Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub>	3.76
Illita	Al <sub>4</sub> KO <sub>12</sub> Si <sub>2</sub>	18.28
Moscovita	Al <sub>3</sub> H <sub>2</sub> KO <sub>12</sub> Si <sub>3</sub>	2.51
Phengita	Al <sub>3</sub> H <sub>2</sub> KO <sub>12</sub> Si <sub>3</sub>	-
Vermiculita	Mg <sub>0.7</sub> (Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub> ·8H <sub>2</sub> O	1.82
Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)	(Na,Ca)(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	9.46
Cristobalita	SiO <sub>2</sub>	-
Diópsido	MgCaSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	0.88
Bayerita	-Al(OH) <sub>3</sub>	0.46
Gibbsita	-Al(OH) <sub>3</sub>	0.67
Butlerita	Fe OH SO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1.04
Magnesiochloritoid	(Mg,Fe <sup>2+</sup> )Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub>	0.67

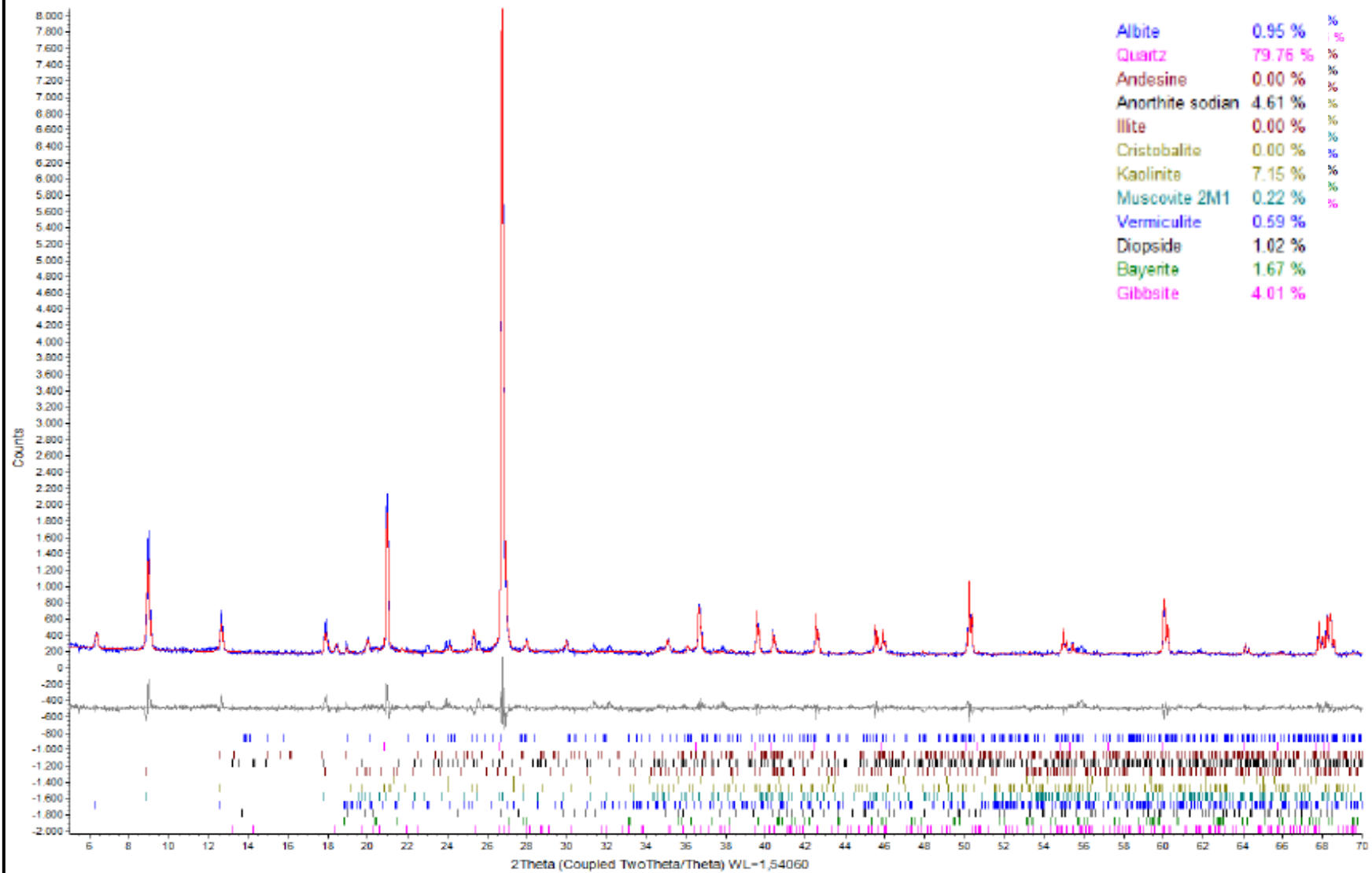
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-W1P1-27-11-2014



Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-W2P1-20-11-2014

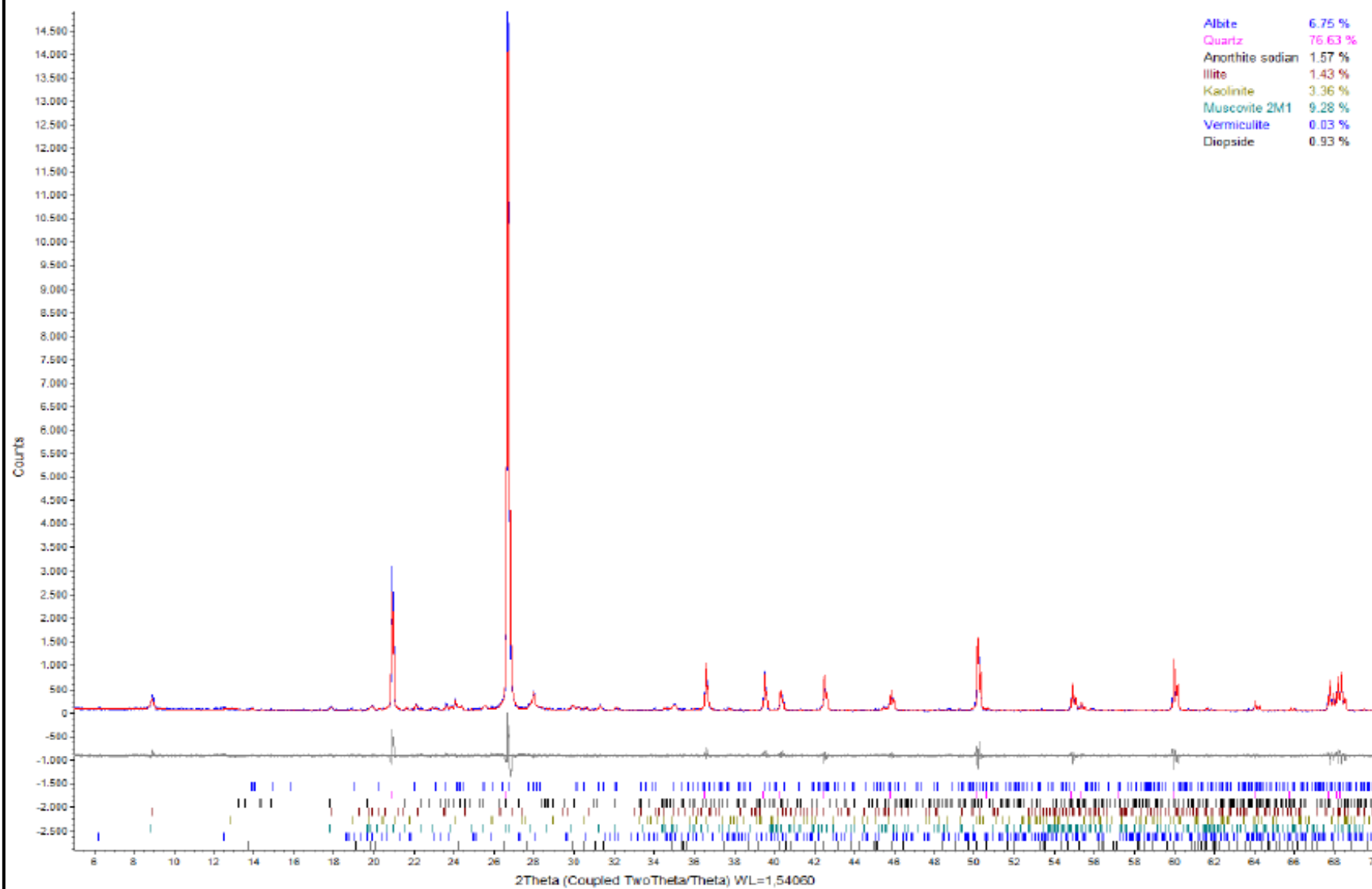


Commander Sample ID- Muestra ARCILLA- W3P1-28-11-2014

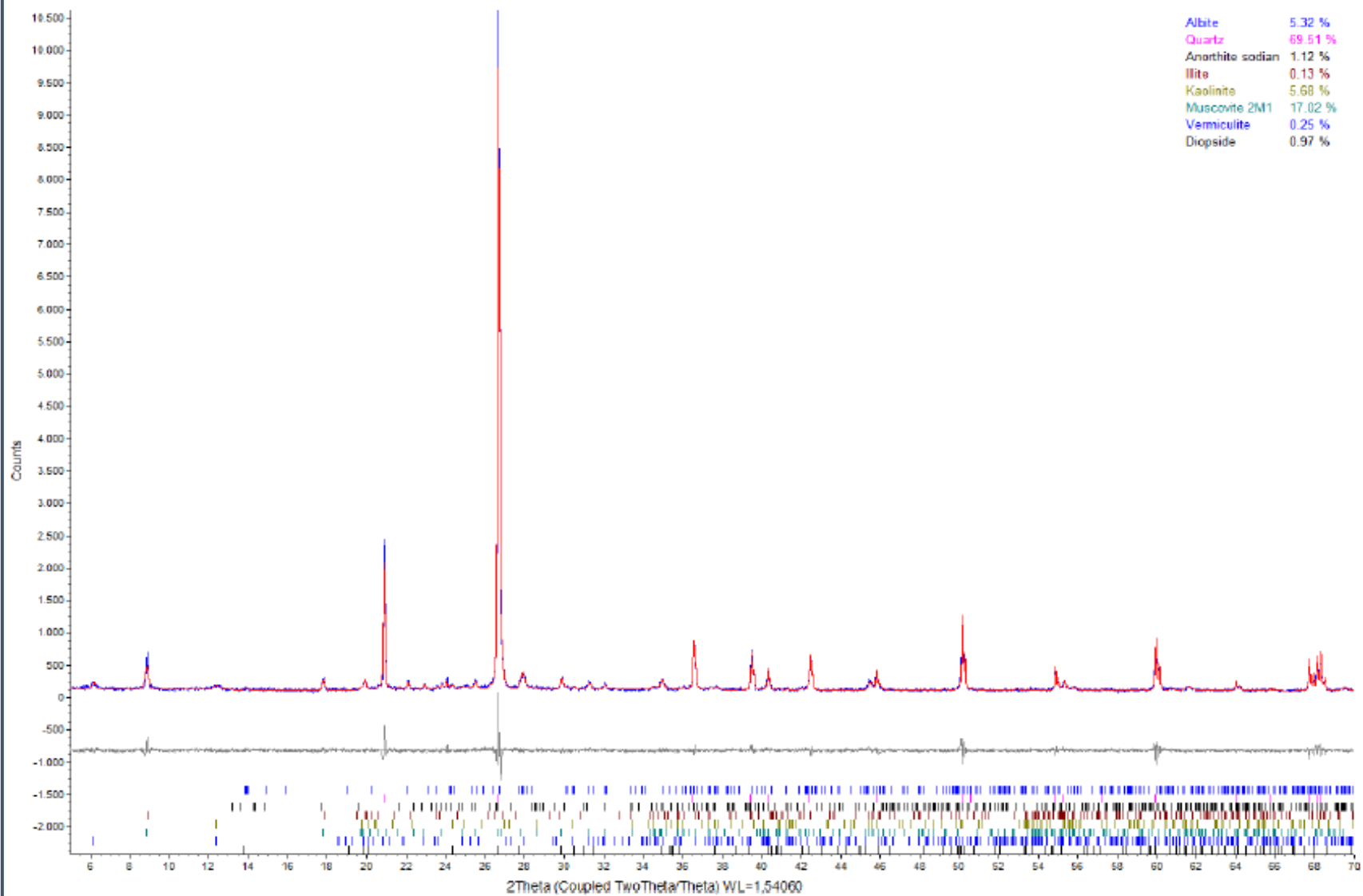




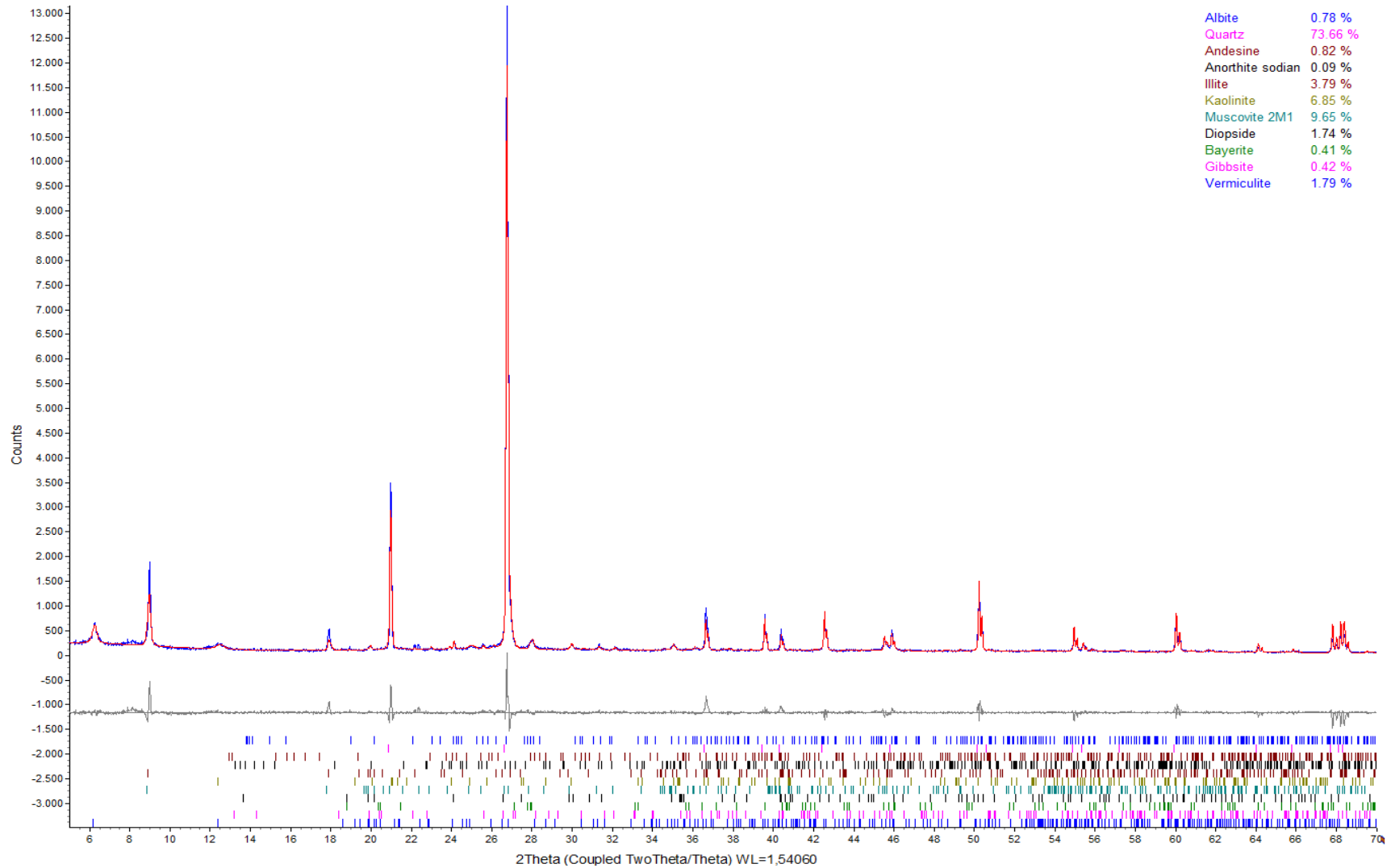
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA- W4P1-08-12-2014



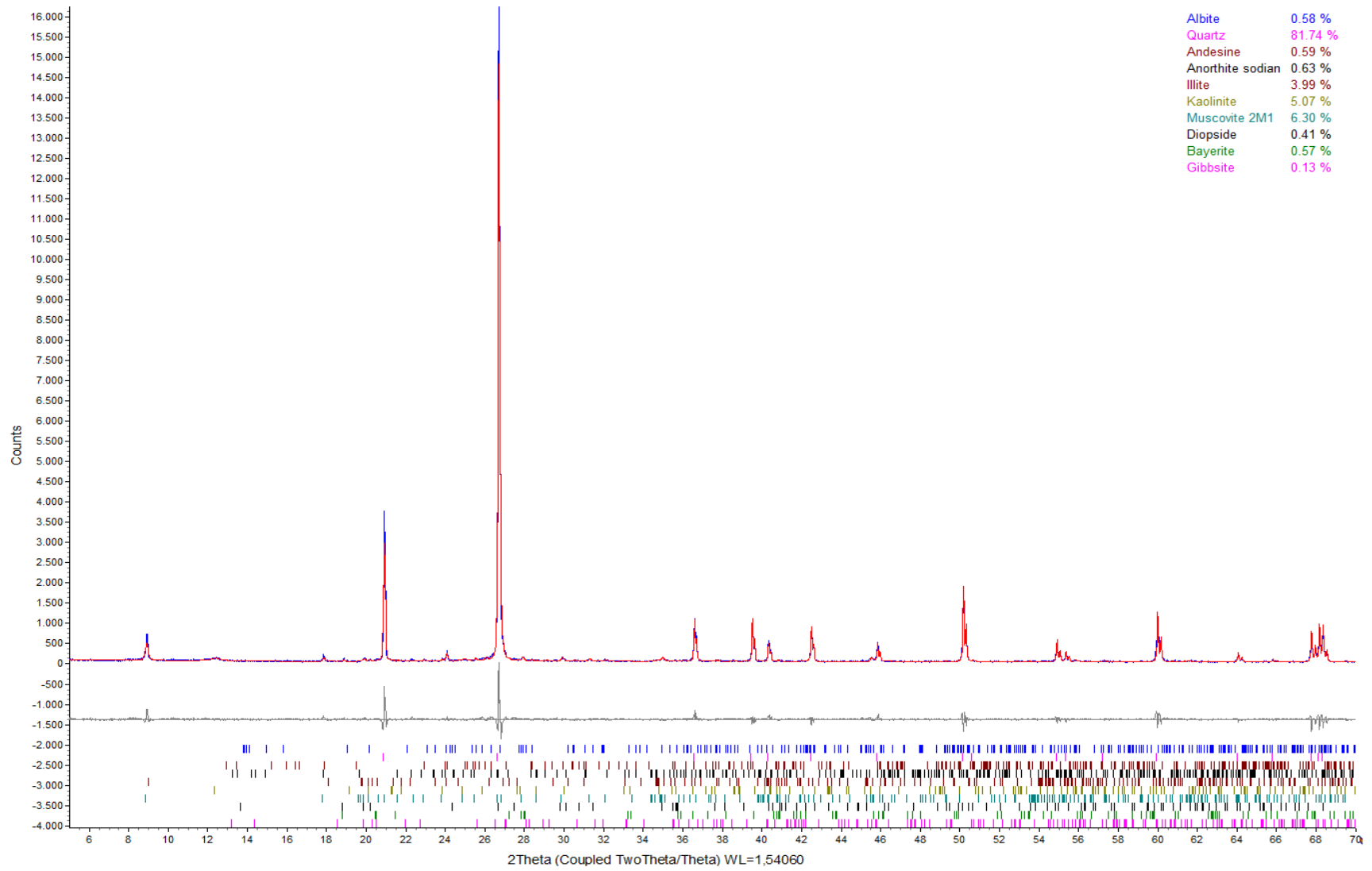
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA- W5P1-27-11-2014



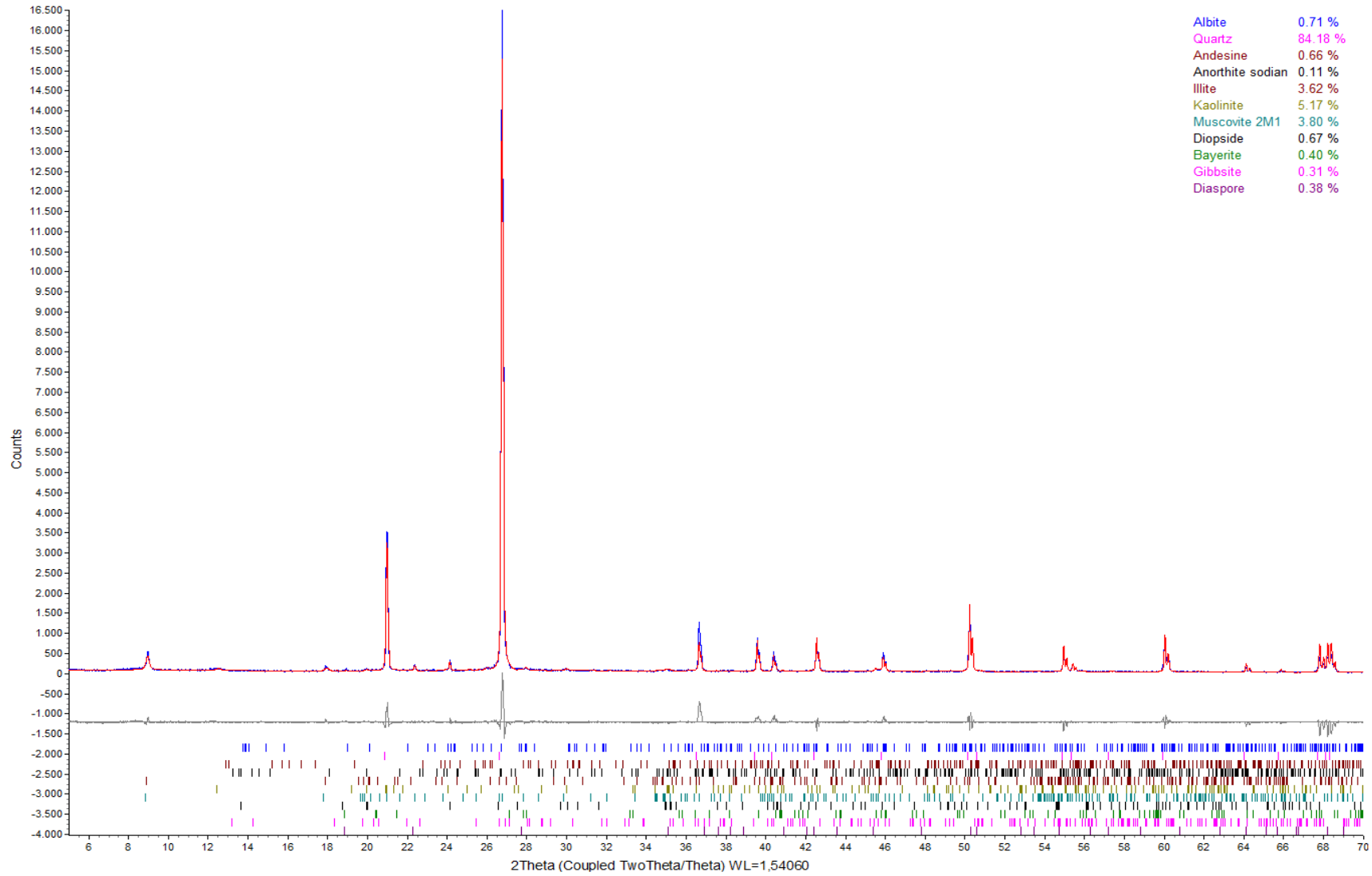
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-W6P1 -27-11-2014



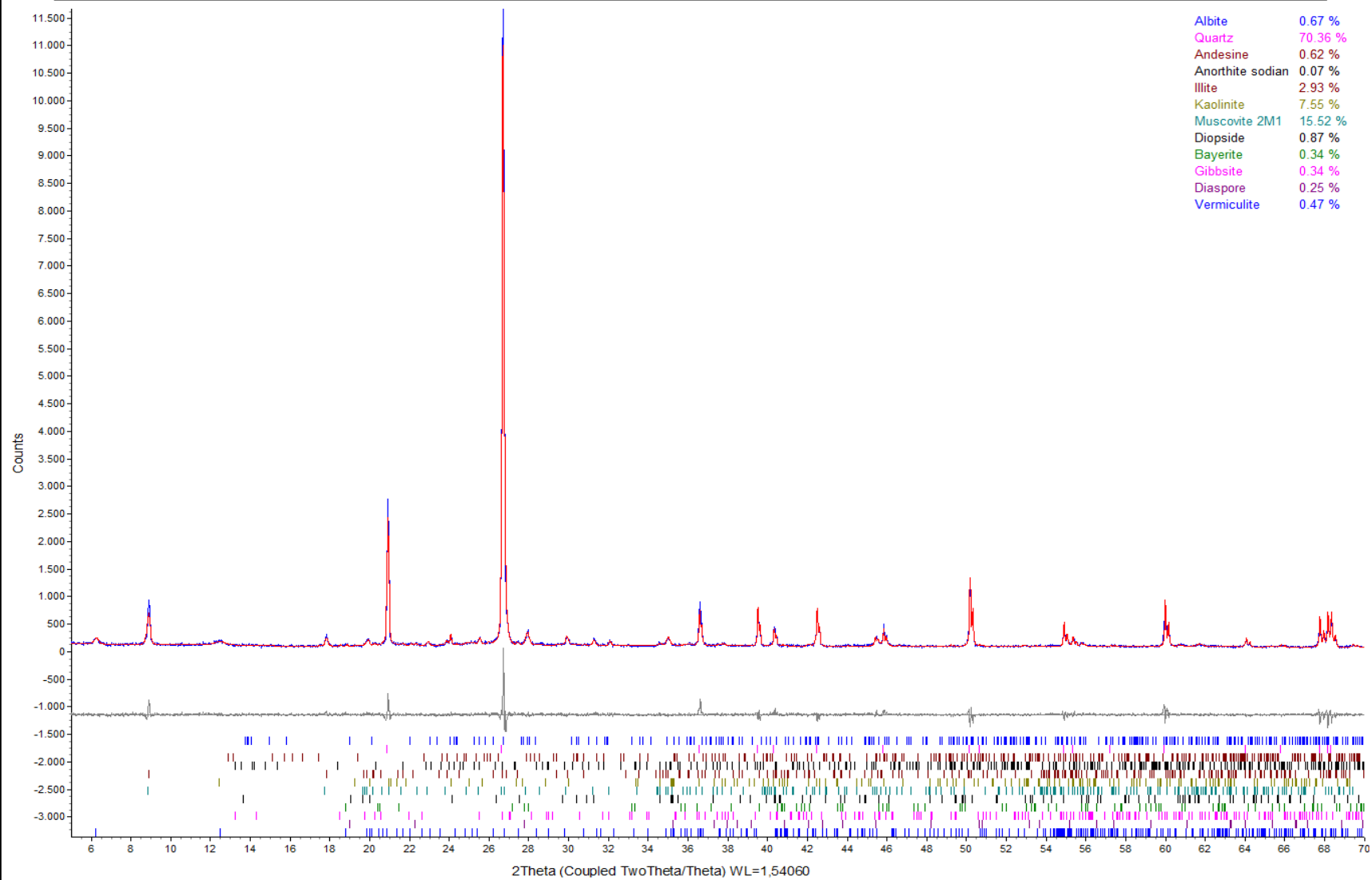
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA- W7P1-27-11-2014



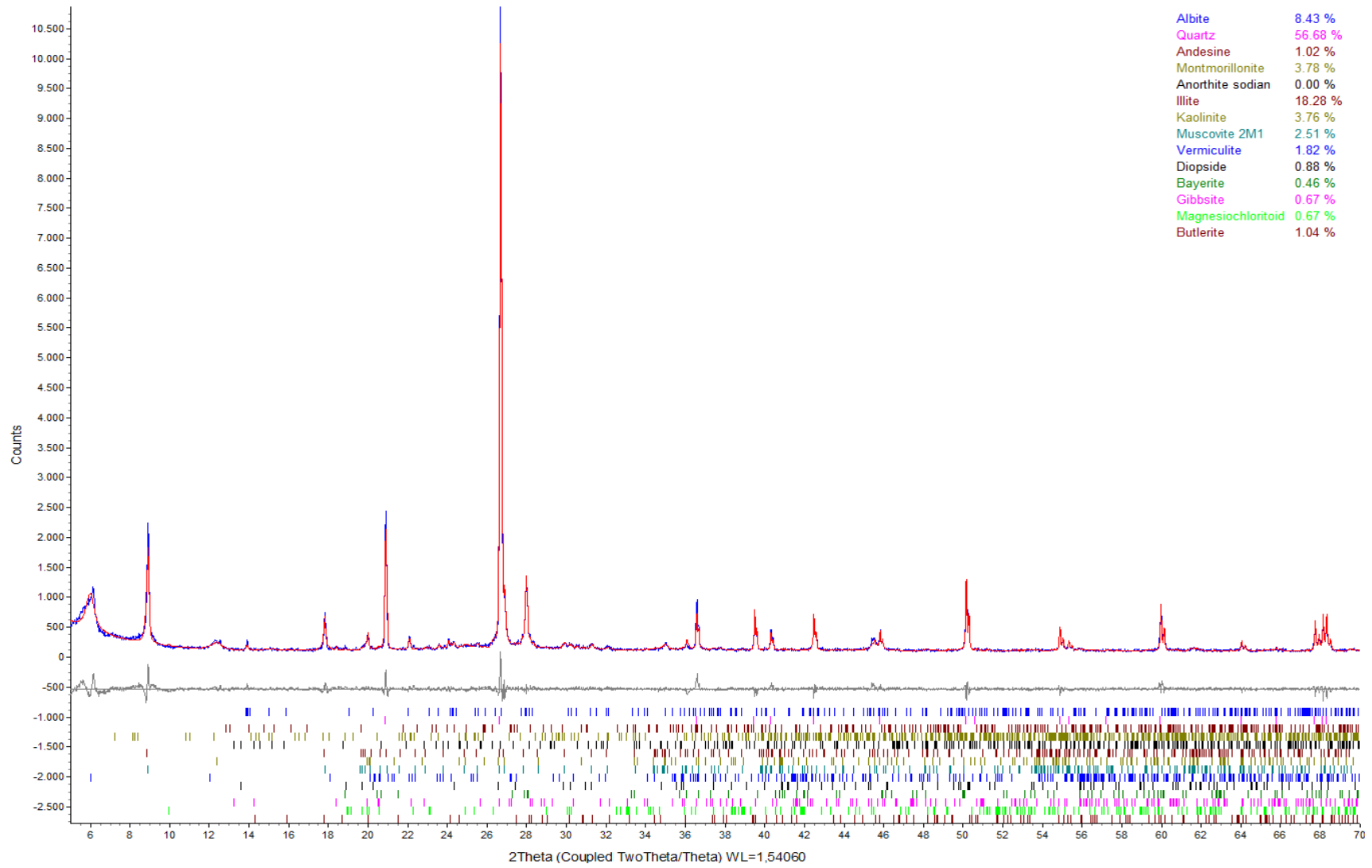
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-W8P1-27-11-2014



Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-W9P1-27-11-2014



Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-W10P1-27-11-2014

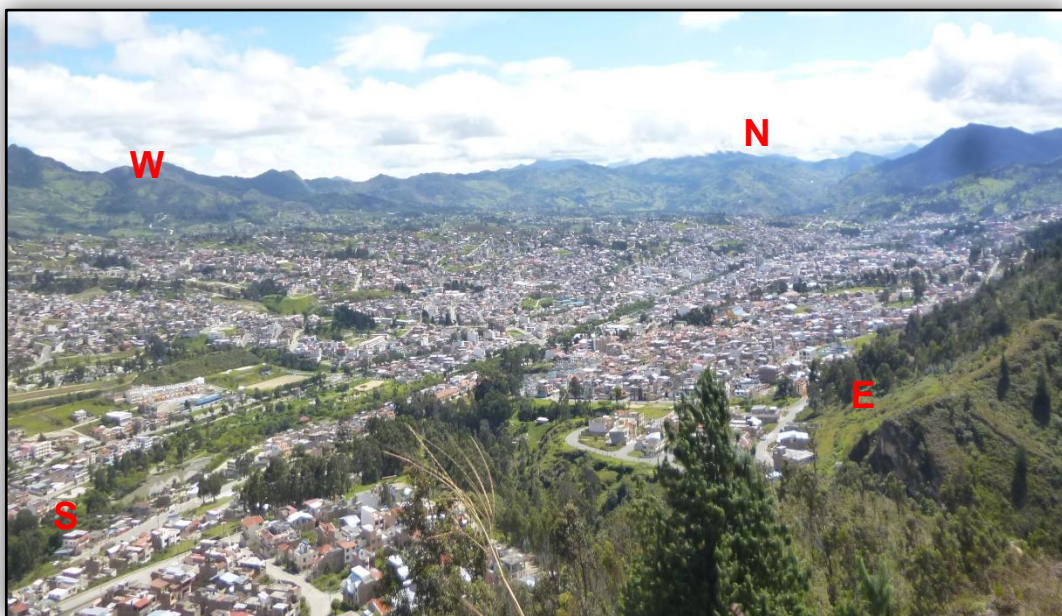


## ANEXO IV REGISTRO FOTOGRÁFICO

### A. TRABAJO DE CAMPO



Vista de la Cuenca Sedimentaria de Loja desde el flanco W. Barrio Punzara Alto  
**Fuente:** Díaz, W.



Vista de la Cuenca Sedimentaria de Loja desde el flanco E. Mirador detrás de Cda. Los  
Rosales  
**Fuente:** Díaz, W.

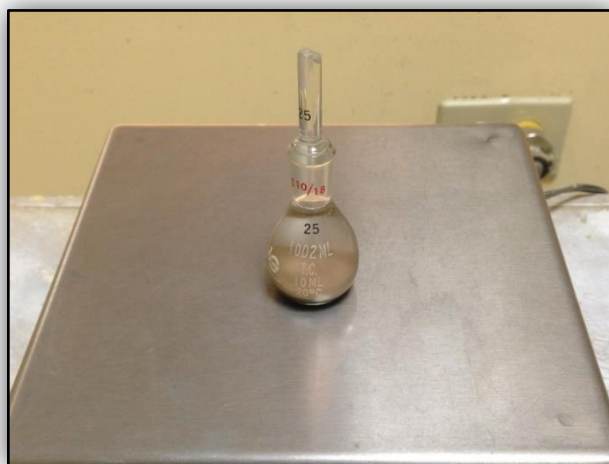


## ANEXO IV REGISTRO FOTOGRAFICO

### B. TRABAJO DE LABORATORIO



Trituración de la muestra con ayuda de un molino doméstico



Picnómetro para determinar densidad de las muestras.



Equipo de medición de pH. Peachímetro.



Separación de arcillas y limos por decantación



Estufa para secado de muestras.



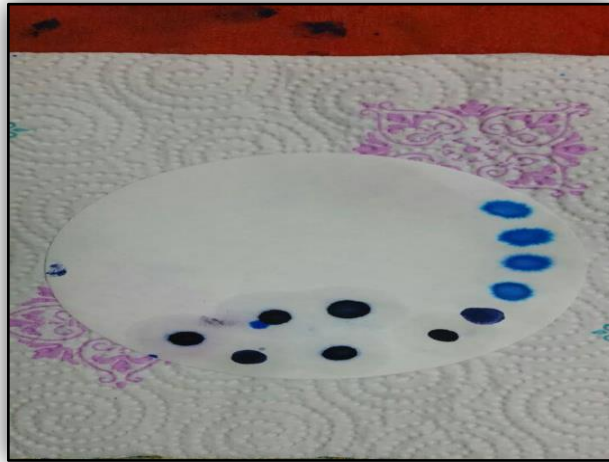
Peróxido de Hidrogeno al 30% de concentración



Eliminación de materia orgánica de 60 g de muestras



Matraces montados en agitador, en el ensayo de azul de metileno.



Papel filtro para determinar el consumo de azul de metileno.



Colocación de muestra en el equipo de Casagrande para determinar Límite Líquido.



Ensayo de Limite Plástico.



Muestras sacadas del horno, luego de ensayos de Límite Líquido y Plástico.

ANEXO V MAPA DE LAS ZONAS DE INTERÉS

