



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS
“EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA
PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE
Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”**

AUTOR: Edison Adrian Aguachela Paucar

TUTOR: Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2024

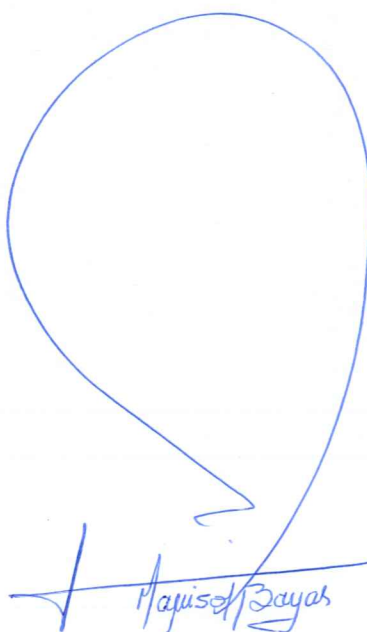
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”**, elaborado por el Sr. Edison Adrian Aguachela Paucar, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0202552717, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2024



**Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg.
TUTOR**

AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Edison Adrian Aguachela Paucar**, con C.I. 0202552717, declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”**, Así como también los gráficos, propuestas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2024



Edison Adrian Aguachela Paucar

C.I. 0202552717

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2024



Edison Adrian Aguachela Paucar

C.I. 0202552717

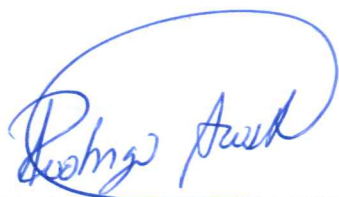
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de grado aprueban el informe de Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Edison Adrian Aguachela Paucar de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”**.

Ambato, agosto 2024

Para constancia firma



Ing. Rodrigo Iván Acosta Lozada, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Byron Genaro Cañizares Proaño, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Esta Tesis le dedico a mi abuelita Transito Chela y mi abuelito Agustín Paucar, con todo el amor que tengo le dedico a mi madre Aida Paucar, su fuerza y dedicación han sido la base de todos mis logros, gracias por ser una fuente constante de inspiración y sabiduría. Sus enseñanzas y cariño han moldeado a la persona que ahora soy.

A mi tía Luzmila, mi tío Joselito y mi primo Gorky, les agradezco con todo el corazón por su apoyo constante y aliento durante todo este viaje. Sus palabras de ánimo y compañía han sido fundamentales en mi camino.

A toda mi familia, también a mi amigo Berman Rea por ser un pilar fundamental y necesario para alcanzar los sueños que alguna vez prometí cumplir. Este logro es tanto mío como de ustedes.

Edison Adrian Aguachela Paucar

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme fuerza, sabiduría y oportunidades para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta.

Agradezco a mi familia y amigos, quienes han sido mi refugio y mi fuente de motivación constante. Su amor, comprensión y apoyo incondicional me han dado la energía para seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi tutora, Ing. Marisol Bayas, y al Ing. Bayrón López, gracias por su valioso aporte, paciencia, constancia y conocimientos compartidos para el desarrollo de esta tesis. Su dedicación y profesionalismo han sido esenciales para la cruzada magistral de este proyecto.

Edison Adrian Aguachela Paucar

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2. HIPÓTESIS.....	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	6
2.1. MATERIALES.....	6
2.2. MÉTODOS.....	11
2.3. FASE 1.....	11
2.3.1. Georreferenciación de las minas o canteras.	11
2.4. FASE 2.....	12
2.4.1. Análisis de laboratorio.	12
2.4.2. Propiedades índices y mecánicas de los agregados	12
2.5. FASE 3.....	29
2.5.1. Análisis de datos	29
2.5.2. Procedimiento para el análisis comparativo de las muestras ensayadas a ser empleadas como bases y subbase.....	29
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1.1. Fase 1	30

3.1.2.	Fase 2	30
3.1.3.	Fase 3	40
CAPÍTULO IV: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES		45
4.1.	CONCLUSIONES	45
4.2.	RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....		47
ANEXOS		50
ANEXO 1: CONTENIDO DE HUMEDAD		50
ANEXO 2: LÍMITES DE ATTERBERG		53
ANEXO 3: GRANULOMETRÍA		59
ANEXO 4: PROCTOR MODIFICADO		65
ANEXO 5: (CBR).....		71
ANEXO 6: DESGASTE POR SULFATOS		83
ANEXO 7: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.....		89
ANEXO 8: PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS		95
ANEXO 9: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA		98
ANEXO 10: GEORREFERENCIACIÓN DE LAS CANTERAS		101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I MATERIALES Y EQUIPOS USADOS EN LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS	6
TABLA II EQUIPOS USADOS EN LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS	8
TABLA III REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA MASA DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA Y LEGIBILIDAD DE EQUILIBRIO	13
TABLA IV TAMAÑO DE MUESTRA MÍNIMA PARA AGREGADO GRUESO.....	17
TABLA V TIPOLOGÍAS DE PROCTOR MODIFICADO.....	21
TABLA VI TAMICES ESTÁNDAR PARA AGREGADO FINO	23
TABLA VII TAMICES ESTÁNDAR PARA AGREGADO GRUESO	23
TABLA VIII TAMICES USADOS PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA SEGÚN LAS FRACCIONES DEL ÁRIDO.....	25
TABLA IX GRANULOMETRÍA Y TAMAÑO DE TAMIZ	26
TABLA X MASA DE CARGA PARA LOS TIPOS DE GRANULOMETRÍA	26
TABLA XI MUESTRA MÍNIMA DE PRUEBA DE ACUERDO A SU TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO.....	28
TABLA XII RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	31
TABLA XIII LÍMITES DE ATTERBERG	32
TABLA XIV CALIFORNIA BEARING RATIO	37
TABLA XV RESULTADOS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO.....	37
TABLA XVI RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE POR SULFATOS.....	38
TABLA XVII RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.....	39
TABLA XVIII RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN ..	40
TABLA XIX VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Corte con el acanalador	15
Figura 2.- Muestra de suelo en la copa Casagrande	15
Figura 3.- Ensayo de granulometría.....	17
Figura 4.- Molde con collarín extensor y disco espaciador.....	19
Figura 5.- Ensayo CBR	19
Figura 6.- Densidad promedio de capas	21
Figura 7.- Muestras después de la inmersión	23
Figura 8.- Máquina de los Ángeles	25
Figura 9.- Retiro de material después del ensayo.....	27
Figura 10.- Inspección visual de muestras	28
Figura 11.- Curva granulométrica base clase 1 tipo B cantera Explendor	33
Figura 12.- Curva granulométrica subbase clase cantera Explendor	34
Figura 13.- Curva granulométrica base clase 1 tipo B cantera Ponderosa	34
Figura 14.- Curva granulométrica subbase clase cantera Ponderosa	35
Figura 15.- Curva granulométrica base clase 1 tipo B cantera Tierra Prometida	35
Figura 16.- Curva granulométrica subbase clase cantera Tierra Prometida.....	36

RESUMEN EJECUTIVO

Es importante señalar que, en Ecuador, influenciado por las políticas comerciales de Estados Unidos, la construcción de carreteras de alta calidad ha sido común desde la antigüedad. Desde entonces hasta la actualidad, la red vial se ha ampliado debido al aumento de la población y las actividades comerciales. Esto ha creado la necesidad de evaluar las características de los materiales utilizados en la construcción de estas infraestructuras.

En este estudio se evaluó la calidad de los materiales extraídos de las minas Explendor, La Ponderosa y Tierra Prometida mediante un análisis comparativo de desempeño y propiedades mecánicas para el desarrollo de bases y subbases en la construcción de carreteras. Este estudio se caracterizó por un enfoque experimental que involucra la evaluación y prueba directa de las propiedades Físicas y mecánicas de estas minas y canteras en la provincia de Chimborazo.

Los resultados del análisis muestran que la mayoría de los materiales en las minas cumplen con los estándares establecidos por el MOP; Sin embargo, la Ponderosa no cumple con los requisitos para la abrasión del material base, ya que el valor obtenido (44 por ciento) supera el límite permisible (40 por ciento). Además, se ha verificado que los materiales cumplen con valores CBR de más del 80 por ciento para bases y más del 30 por ciento para subbases. Se recomienda utilizar material proveniente de depósitos de Explendor para proyectos que requieran alta resistencia mecánica y durabilidad de bases y subbases.

Palabras Claves: canteras, material base, subbase, propiedades índice, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

It is important to note that in Ecuador, influenced by United States trade policies, the construction of high-quality roads has been common since ancient times. From then until the present, the road network has expanded due to the increase in population and commercial activities. This expansion has created the need to assess the characteristics of the materials used in the construction of these infrastructures.

In this study, the quality of materials extracted from the Explendor, La Ponderosa, and Tierra Prometida mines was evaluated through a comparative analysis of performance and mechanical properties for the development of bases and sub-bases in road construction. This study was characterized by an experimental approach involving the direct evaluation and testing of the physical and mechanical properties of these mines and quarries in the province of Chimborazo.

The results of the analysis show that most of the materials from the mines meet the standards established by the Ministry of Public Works (MOP); however, La Ponderosa does not meet the requirements for the abrasion of base material, as the obtained value (44 percent) exceeds the permissible limit (40 percent). Additionally, it has been verified that the materials comply with CBR values of more than 80 percent for bases and more than 30 percent for sub-bases. It is recommended to use material from Explendor deposits for projects requiring high mechanical strength and durability of bases and sub-bases.

Key words: quarries, base material, sub-base, index, mechanical properties

CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Desde tiempos ancestrales el ser humano se ha visto en la necesidad de recorrer grandes superficies ya sea por alimento, peregrinaje, intercambio de bienes y/o por necesidad de comunicación con otros pueblos [1]. Heródoto en sus investigaciones adjudicó la construcción de las primeras carreteras a la civilización egipcia. Estas tenían el objetivo de brindar una superficie plana que facilite el transporte de grandes bloques de piedra utilizados para la construcción de sus pirámides. Sin embargo, la primera calzada expresamente construida de la cual se tiene registro se encuentra en el reino del Valle del Nilo la cual conecta con la Gran Pirámide de Keops [2] [3].

En américa latina. los primeros registros de construcción concerniente a grandes redes viales se los adjudica al imperio Inca, estos permitían la interconexión de los territorios actuales de Perú, Ecuador, Colombia con un total aproximado de 23000 Km. Esta red fue conocida como Qhapaq Ñan (Camino del señor); caminos que estaban destinados únicamente a paso de ejércitos y administradores por lo cual su infraestructura era básica con líneas de piedras y muros lateras en zonas de ladera [4].

Los primeros caminos construidos contenían bases y subbases de materiales granulares bastante gruesos; fue hasta inicios de 1900 donde investigaciones dirigidas al uso de capas superficiales unidas mediante asfalto o cemento permitieron reducir los espesores tanto de las capas de base y subbase. En Estados Unidos el Cuerpo de Ingenieros del Ejército en 1940 realizó la construcción de aeródromos militares los cuales tenían un peso de 3 a 5 veces mayor que cualquier pavimento construido, por ende, se vieron obligados a realizar un estudio mundial de los procedimientos de diseño[5].

En Ecuador la construcción de carreteras con estándares de calidad data de la década de 1920 debido a las políticas de comercio estadounidense. Estas instancias se desarrollaron con la finalidad de establecer una consolidación de la Carretera Panamericana [6]. Desde ahí hasta la actualidad debido al constante crecimiento poblacional y comercial, la red de carreteras y caminos ha ido aumentando. En la actualidad se conoce que en el país existen cerca de 42000 Km de carreteras integradas por redes viales estatales primarias y secundarias; redes viales

provinciales y redes viales cantonales. El 74% de la red vial estatal se encuentra pavimentada de la cual el 62% está en buenas condiciones según informes del Ministerio de transporte [7].

De igual manera es necesario acotar que, según Informes del Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE), en la provincia de Chimborazo existen alrededor de 3588,48 Km, en donde 1208,39 km corresponden a vías de Asentamiento Humano; 1133,69 son vías de conexión entre parroquias rurales; 552,11 Km pertenecen a vías de conexión estatal – asentamiento humano; 355,01 Km vías son de conexión entre cantones; 239,82 km de vías conectan parroquias rurales con asentamiento humano; 52,97 Km se encargan de conectar vías de tipo estatal con parroquias rurales; 35,67 Km son vías conectan cabeceras cantonales a vías estatales mientras que el 10,81 Km son vías de otro tipo. La mayor cantidad de red vial en la provincia corresponde al cantón Alausí con aproximadamente 685,70 Km mientras que el cantón Chambo es el cantón con menor red vial con apenas 78,28 Km; el cantón Riobamba capital de la provincia cuanta con una red vial de 85,30 Km [8].

Una vez definido los orígenes de lo actualmente conocemos como pavimento, es necesario detallar las implicaciones que trae consigo su desarrollo, tal es al caso de la base y subbase. Esta última es una capa que se encuentra entre la base y la capa de rodadura, está constituida por material granular ya sea este tratado o no. Por otro lado, la base es la capa ubicada encima de la subbase esta debe estar fabricada con materiales de mayor calidad en relación con la subbase ya que esta debe resistir las presiones transferidas por la carga vehicular [9]. Dando lugar a la capa de rodadura. La capa de rodadura existente en la provincia de Chimborazo cuenta con alrededor de 1711,80 km con una superficie de lastre, 986,65 son de suelo natural, 585,68 Km cuentan con pavimento flexible, 194,81 Km tienen empedrado, 52 Km corresponden a una superficie de adoquín, 47,22 Km don de doble tratamiento bituminoso y tan solo 10,32 Km tienen una superficie mixta.

El informe del CONGOPE indica que alrededor de 1935,69 Km de vías se encuentran en estado regular, 915,84 Km están en mal estado y tan solo 736,95 Km cuentan con un estado óptimo; en el cantón Alausí de los 685,70 Km de vías tan solo el 9,13% de las vías están en buen estado mientras que el 24,01% corresponde a vías en mal estado; El cantón con mayor cantidad de Km de vías en buen estado es el cantón de Riobamba con 153,67 Km, sin embargo esto solo corresponde al 23,03% del total de su red vial ya que el 76,97% de las carreteras se encuentran en estado regular o malo [8].

Es importante resaltar que, debido a la importancia de la base y subbase en la estructura del pavimento, es fundamental elegir correctamente los materiales que se van a utilizar para su constitución, para esto en el país existen diversas minas y canteras encargadas de la distribución de grava y arena. Sin embargo, en Ecuador la minería no se ha desarrollado adecuadamente sin mencionar el hecho que es una de las áreas que más ha producido contaminación. Adicionalmente, la minería de materiales de construcción tiene varias problemáticas tales como dependencia económica del sector de la construcción y bajos precios del material minado por lo cual se necesita extraer grandes volúmenes para poder obtener ganancia [10] [11].

Por ende, es fundamental abordar el análisis de investigaciones comparativas de los materiales de distinto origen con el fin de asegurar que estos puedan ser utilizados para la construcción de pavimentos. En primera instancia denotamos que en Malasia se realizó un estudio comparativo del uso de arena de minería y polvo de cantera para la elaboración de subbases en pavimentos flexibles, para el análisis se elaboraron subbases de espesores de 200mm y 100mm dando como resultado un módulo de resiliencia mayor en las subbases elaboradas con polvos de canteras [12].

En Perú Mirko (2019) Aliaga en un estudio comparativo de las canteras ubicadas en Huancayo, la cantera Umuto y Sicaya cuyo material extraído pasa por un proceso de zarandeado, triturado y combinación de agregados, concluyó que el material de la cantera Sicaya producía excesivos esfuerzos verticales y excesivas deflexiones a pesar de encontrarse en zonas similares [13].

En Ecuador se han realizado investigaciones acerca de la calidad de los materiales utilizados para la elaboración de bases y subbases, en Azuay Machado y Palacios (2023) realizó una caracterización de las fuentes de materiales más usados en la provincia en la cual se analizaron 27 minas de las cuales 14 fueron utilizadas para bases y subbases, en donde la mayoría de las minas analizadas presentan características óptimas para la elaboración de bases y subbases a excepción de la mina Cerro Tamunga la cual presenta un alto índice de plasticidad la cual puede ser corregidas con adición de puzolanas [14].

Finalmente, en la provincia de Tungurahua el trabajo realizado por Aldas (2023) en donde se comparó los materiales de las minas Kumochi y cantera El Salvador en la elaboración de bases y subbases dio como que el material de la cantera El Salvador además de ser más económica que la mina Kumochi sin embargo ambas cumplieron con las especificaciones

mínimas establecidas por la normativa vigente [15]. Cada uno de los antecedentes mencionados enfatizan la necesidad de realizar un análisis comparativo minucioso de los materiales de las minas seleccionadas, considerando aspectos geotécnicos, requisitos normativos y particularidades de cada material con el propósito que estos respondan a las necesidades requeridas de los constructores.

La construcción de carreteras en la provincia de Chimborazo se ve impulsada por la utilización de materiales provenientes de las minas “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” y la cantera “TIERRA PROMETIDA” en la elaboración de base y subbase; todo desde una perspectiva orientada totalmente en el ministerio de obras públicas para definir cuales con las características necesarias para que el material sea adecuado y responda a las necesidades. Sin embargo, la falta de un análisis comparativo exhaustivo de las propiedades físicas y mecánicas de estos materiales plantea incertidumbres sobre su idoneidad y eficacia en la construcción vial [16]. La variabilidad en las características geotécnicas de los materiales de ambas fuentes podría afectar la estabilidad y durabilidad de las carreteras, generando un desafío para los ingenieros viales que buscan tomar decisiones informadas en la selección de materiales [17]. En consecuencia, este estudio es esencial para abordar la falta de información detallada sobre las propiedades de los materiales de las canteras “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” y “TIERRA PROMETIDA”.

Al realizar un análisis comparativo exhaustivo, se proporciona a los ingenieros viales la base de conocimientos necesaria para tomar decisiones informadas en la elección de materiales, mejorando así la eficiencia y sostenibilidad de las carreteras en la provincia de Chimborazo [16]. Sin mencionar el hecho que, al abordar las incertidumbres respecto a las propiedades geotécnicas y mecánicas de los materiales, este estudio contribuirá significativamente a la mejora de las prácticas de ingeniería vial en la región.

1.2. hipótesis

¿Los materiales provenientes de las minas “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” y “TIERRA PROMETIDA” cumplen con el requisito de la Norma Ecuatoriana Vial de alcanzar un valor de California Bearing Ratio (CBR) de más de 80% para bases y de más de 30% para subbases?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de los materiales extraídos de las minas “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” y la cantera “TIERRA PROMETIDA” mediante un análisis comparativo de sus propiedades índices y mecánicas, para la elaboración de base y subbase en la construcción de carreteras.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar la zona de estudio mediante la georreferenciación de las minas o canteras, determinar las propiedades índices y mecánicas de las muestras mediante los ensayos de: Contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría, Proctor y CBR.
- Determinar la resistencia a la abrasión, y porcentaje de caras fracturadas de las muestras de agregado grueso.
- Realizar un análisis comparativo de las muestras ensayadas a ser empleadas como bases y subbase.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Materiales

A continuación, se enlistan los materiales y equipos empleados en la realización de los ensayos (contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, Proctor modificado, California Bearing Ratio, resistencia a la abrasión, porcentaje de caras fracturadas y solidez de agregados) objeto del presente trabajo de titulación:

TABLA I
MATERIALES Y EQUIPOS USADOS EN LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

Ensayo	Materiales	Equipos
Muestreo	• Cinta de embalaje • Costales • Fundas • Pala	
Contenido de humedad	• Muestra de arena y ripio	• Balanza • Horno • Recipientes • Tamices
Límite Líquido	• Agua de botella destilada • Muestra de arena lavada • Muestra de polvo de Piedra	• Acanalador • Balanza • Copa Casagrande • Mortero • Pistilo Espátula • Horno • Recipientes
Límite plástico	• Agua de botella destilada • Muestra de arena	• Recipientes • Horno • Placa de vidrio • Balanza • Pistilo • Mortero
Granulometría	• Muestra de arena y ripio	• Tamices • Balanza • Brocha • Recipientes

Ensayo	Materiales	Equipos
		• Máquina vibratoria
Proctor modificado	• Agua • Palustre • Muestra de base, tamiz $\frac{3}{4}$ • Muestra de subbase, tamiz $\frac{3}{4}$	• Bandeja • Recipientes • Balanza • Probeta • Enrazador • Molde cilíndrico • Pistón compactador • Palustre • Retorta
California Bearing Ratio	• Agua • Muestra base, tamiz $\frac{3}{4}$ • Muestra subbase, tamiz $\frac{3}{4}$ • Palustre	• Molde cilíndrico • Pistón compactador • Bandeja • Probeta • Enrazador • Balanza • Máquina multispeed • Recipientes • Horno • Pesas • Vástago porta pesas • Deformímetro • Tanque de remojo
Resistencia a la abrasión	• Muestra de ripio • Agua	• Máquina de los ángeles • Balanza • Tamiz # 12 • Esferas de acero
Porcentaje de caras fracturadas	• Muestra de ripio	• Balanza • Espátula • Palustre
Desgaste por sulfatos	• Muestra de ripio y arena	• Tamices • Recipientes • Termómetro • Balanza

Ensayo	Materiales	Equipos
		Sulfato de magnesio

Es necesario mencionar que los equipos anteriormente citados fueron proporcionados por el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato. Por otro lado, en la tabla 2 mostrada a continuación se enlistan los equipos.

TABLA II
EQUIPOS USADOS EN LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

Pesa Anular	Sulfato de Magnesio
	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A
Probeta	Termómetro
	
Marca: GLASSCO Modelo:	Marca: N/A Modelo: N/A
Palustre	Esferas de acero
	
Marca: N/A Modelo: TRW4710BMSB	Marca: N/A Modelo: N/A
Pistón Compactador	Máquina de los Ángeles

	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: Adatec Modelo: 48-D0500
Molde Cilíndrico	Tamizadora
	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A
Recipientes	Pesa Ranurada
	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A
Juego de Tamices	Máquina Multispeed
	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: Controls Modelo: 73V1174
Placa de vidrio	Espátula

	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A
Pistilo	Pistón
	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A
Mortero	Horno
	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A
Copa Casa Grande	Balanza
	
Marca: Humboldt Modelo: MFG-2011	Marca: Satorius Modelo: M-Power
Retorta	Recipientes

	
Marca: N/A Modelo: N/A	Marca: N/A Modelo: N/A

2.2. Métodos

La presente investigación se distingue por su enfoque experimental, cuyo propósito es realizar evaluaciones y pruebas directas sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales provenientes de las minas “LA PONDEROSA”, así como de la cantera “TIERRA PROMETIDA” y “EXPLENDOR”, en la provincia de Chimborazo. Este enfoque experimental implica el método cuantitativo debido a la aplicación de procedimientos controlados de recolección de datos, análisis y pruebas de laboratorio para obtener resultados cuantificables y fiables. Para verificar el plano; visualizar el Anexo 10.

El desarrollo de la investigación consta de las siguientes fases:

2.3. Fase 1

2.3.1. Georreferenciación de las minas o canteras.

En esta primera fase, se llevó a cabo la identificación y georreferenciación de las minas o canteras seleccionadas para el estudio. Se utilizaron coordenadas geográficas obtenidas con un GPS Garmin. Este dispositivo nos permitió registrar con precisión las ubicaciones exactas de las minas y canteras de interés, Posteriormente utilizando el software ArcGIS, se procedió a la creación del mapa de la zona de estudio, Este software es reconocido por su capacidad de integrar y analizar datos geoespaciales, lo que lo hace ideal para la presente investigación.

Lugar de extracción del material

En el análisis de los materiales considerados, se destacan las siguientes canteras y minas que poseen una significativa importancia para el sector, La cantera “La Ponderosa”, “Tierra Prometida” que están ubicados entre las parroquias: Lican y Calpi del cantón Riobamba; La mina “Explendor” que se encuentra ubicada en la parroquia la Matriz en el cantón Guano. Esta selección de la zona estudio se justifica también con la siguiente razón: La significativa relevancia de esta región en cuanto a la extracción de materiales para la construcción.

Muestreo

Es esencial visitar las plantas trituradoras para obtener muestras representativas de cada mina. Se deben tomar muestras aleatorias de todo el material listo para distribución, asegurando que estén bien mezcladas. Esto se logra con la ayuda del equipo minero, como cargadores frontales, para homogeneizar el material. Este proceso garantiza la precisión y fiabilidad de los análisis posteriores. Se seleccionaron muestras de base clase 1 tipo B y subbase clase 2, es importante transportar los áridos en sacos o en fundas que eviten la contaminación y pérdida del material.

2.4.Fase 2

2.4.1. Análisis de laboratorio.

Una vez completada la georreferenciación se realizó pruebas de laboratorio con las muestras obtenidas para determinar sus características físicas y mecánicas.

2.4.2. Propiedades índices y mecánicas de los agregados

Humedad Natural

Es necesario establecer que, como punto de partida para conocer el valor de los agregados, es esencial determinar su contenido de humedad natural. Este aspecto se refiere a la cantidad de agua presente en una muestra de suelo o material. La medición de esta relación nos permite conocer la cantidad de humedad que el agregado aporta de manera natural, o si el agregado no contiene humedad de manera natural [18]. Este contenido de humedad es importante para los ingenieros civiles porque ayuda a entender cómo se comportará el suelo en diferentes condiciones, como cuando se moja o se seca. Esto es crucial para diseñar estructuras seguras y estables [19].

Procedimiento de ensayo de contenido de humedad natural (ASTM D2216-19)

Este procedimiento de prueba estandariza la determinación del contenido de humedad natural de suelos, rocas o materiales similares mediante una relación de masa. Se distinguen dos métodos para llevar a cabo este ensayo:

- Método A: registra el contenido de humedad, teniendo una precisión de hasta el 1%.
- Método B: Registra el contenido de humedad teniendo una precisión de hasta el 0.1%.

Por otro lado, para el caso de las muestras de agregado fino y agregado grueso, se sigue el procedimiento denotado a continuación; en el caso de la arena, se emplearon como mínimo 100 gr de muestra, cantidad establecida en la siguiente tabla, la cual determina la cantidad necesaria para el material que atraviesa el Tamiz No. 4 (4.75 mm) al respecto con el método B.

TABLA III
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA MASA DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA Y LEGIBILIDAD DE EQUILIBRIO

Tamaño máximo de partícula (100% de paso)		Método A Contenido de agua registrado $\pm 1\%$		Método B Contenido de agua registrado a $\pm 0.1\%$	
Tamaño del tamiz	Tamaño de tamiz alternativo	Masa mínima muestra	de Legibilidad de equilibrio (g)	Masa mínima muestra	de Legibilidad de equilibrio (g)
75,0 mm	3 in	5 kg	10	50 kg	10
37,5 mm	1 1/2 in	1 kg	10	10 kg	10
19,0 mm	3/4 in	250 g	0,1	2,5 kg	0,1
9,5 mm	3/8 in	50 g	0,1	500 g	0,1
475 mm	No. 4	-	-	100 g	0.01
2,00 mm	No. 10	-	-	20 g	0.01

Nota: requisitos mínimos de masa en ensayado [20].

Para el agregado grueso, se utilizó una cantidad mínima de muestra de 50 kg, cantidad establecida en la tabla III, dado que el 100% del material pasa a través del tamiz de 3". Una vez obtenidas las muestras mínimas de ensayo, se colocaron en recipientes previamente pesados, asegurándose de que estuvieran limpios y libres de residuos. Luego, se introdujeron en el horno y se mantuvieron a una temperatura constante de 110 ± 5 °C hasta que alcanzaron una masa constante, lo cual implicó dejar las muestras durante un período de 24 ± 4 horas. Por otro lado, el contenido de humedad se calculó teniendo en cuenta las expresiones enlistadas a continuación:

$$W_w = (W_m + rec) - (W_s + rec) \quad Ec1$$

$$W_s = (W_s + rec) - rec \quad Ec2$$

$$W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100 \quad Ec3$$

Donde:

Ww: Peso del agua

Wm: Peso húmedo del suelo

Ws: Peso seco del suelo

Rec: Peso del recipiente

W%: contenido de humedad

Límites de Atterberg

Los ensayos de Límites de Atterberg son utilizados para determinar las propiedades de plasticidad y liquidez de un suelo. Estos ensayos permiten establecer los límites entre los diferentes estados de consistencia del suelo, como el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad [21].

Dentro de este punto se enlistan que el límite líquido se define como el nivel de humedad por debajo del cual el suelo fino deja de comportarse como un líquido (se emplea un dispositivo mecánico conocido como Copa de Casagrande).

Por otro lado, determinar el límite plástico implica rodar el suelo húmedo hasta que adquiera la forma y dimensiones especificadas según se detalla en la normativa. Este límite marca la transición del comportamiento del suelo de frágil a plástico. La determinación de estos límites contribuye a caracterizar el suelo y a medir su cohesión (se amasa una masa de suelo húmedo que permitir su manipulación sin desintegrarse) [22].

Procedimiento de ensayo para determinar los límites de Atterberg (INEN 691/692)

- **Límite líquido**

Este procedimiento se llevó a cabo exclusivamente para la arena lavada, ya que el ripio cribado no cumple con el requisito de pasar a través del tamiz No. 40. En cuanto al procedimiento para determinar el límite líquido.

Para este ensayo se requirió una muestra de 200 gramos de material que pasará a través del tamiz No. 40. La muestra se humedeció con agua en el mortero y se mezcló cuidadosamente con un pistilo o una espátula. Posteriormente, se colocó la mezcla en la Copa de Casagrande asegurándose de eliminar cualquier residuo de suelo o agua.

Luego, se utilizó un acanalador para crear un surco en la mitad de la muestra, con el objetivo de evitar romper o agrietar la muestra. Se permitieron hasta seis pasadas del acanalador sobre la muestra, asegurándose de que solo la última pasada tocara el fondo de la copa. Se encendió el dispositivo y se verificó que el surco se cerrara con 25 a 35 golpes de la copa. Una vez que esto ocurrió, se añadió agua progresivamente para cumplir con los rangos de golpes.

Nota: Es importante destacar que el proceso debe repetirse en cada rango al menos tres veces consecutivas, con un margen de error de ± 1 golpe.



Figura 1.- Corte con el acanalador



Figura 2.- Muestra de suelo en la copa Casagrande

- **Límite plástico**

En este procedimiento se emplearon 100 gr de muestra que pasó a través del tamiz No. 40. Luego, se agregó agua de manera arbitraria hasta lograr una consistencia de pasta que permitiera moldear una bola con los dedos sin que resultara pegajosa al comprimirla. Esta pasta

se manipuló con los dedos para formar un rollo sobre una placa de vidrio. El rollo debía tener alrededor de 3 mm de diámetro y 5 cm de largo, logrado en un intervalo de 5 a 15 movimientos de la mano. En el caso supuesto que el rollo se desmorone antes de alcanzar los 3 mm de diámetro y 5 cm de largo, es necesario colocar más agua, se vuelve amasar y se forma nuevamente el rollo [23].

Para calcular el límite líquido, se trazó una recta donde el eje Y representaba el contenido de humedad y el eje X el número de movimientos. El límite líquido se define como el valor en el cual la curva interseca la ordenada 25, redondeado al entero más cercano. La ecuación empleada se enlista a continuación:

$$IP = LL - LP \quad Ec4$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Granulometría

El análisis de granulometría implica determinar la cantidad y dimensiones de las partículas presentes en un suelo o agregado seco. Se lleva a cabo utilizando tamices con aberturas de tamaño graduado, donde se retiene el material según su tamaño. Al pesar el material retenido en cada tamiz y expresarlo como un porcentaje del peso total del agregado, se obtiene información sobre su composición [24]. El procedimiento empleado se enlista a continuación:



Figura 3.- Ensayo de granulometría

Procedimiento de ensayo granulométrico (ASTM C136/136M-19)

Este análisis permite establecer la distribución de partículas presentes en el agregado, tanto en la fracción fina como en la gruesa, utilizando tamices estandarizados con diferentes tamaños de abertura como se muestra en la tabla IV. Se llevó a cabo siguiendo el siguiente procedimiento para las muestras de agregado fino y grueso:

TABLA IV
TAMAÑO DE MUESTRA MÍNIMA PARA AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo nominal, aberturas cuadradas, (pulg.)	Tamaño de muestra de prueba, min, kg (lb)
9.5 (3/8)	1(2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5(11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100(220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Nota: tamaño de muestra para agregado [25].

Arena

Para el desarrollo de este ensayo se seleccionaron 1000 gr de material que fue secado en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante un período de 24 ± 3 horas. Luego, la muestra se dispuso en el tamiz (evitar derrames), y se colocó esta torre de tamices junto con la muestra sobre una tamizadora eléctrica que hace pasar el material a través de los tamices, permitiendo que las partículas más pequeñas pasen por las aberturas y las más grandes queden retenidas. Es necesario destacar que el orden de los tamices va desde el 4 (4.75mm) hasta el número 200 (0.075 mm) [25].

Ripio

Este fue un proceso sumamente similar con la particularidad que los tamices presentan aberturas más grandes y a la par el tamizado se realizó manualmente. El orden de los tamices fueron desde el número 2 (50.8 mm) hasta el 4 (4.75 mm) [25]. En el aspecto de los cálculos se determinó el peso retenido acumulado, el cual se obtuvo sumando el peso retenido actual más al peso retenido previo; mientras que el porcentaje retenido acumulado se calculó como una fracción de la masa total de la muestra. La dimensión máxima nominal (TNM) se describe como la abertura de tamiz más pequeña a través de la cual puede pasar toda la cantidad del agregado (hasta un máximo del 15%).

CBR (California Bearing Ratio)

Este se define como una comparación, expresada en porcentaje que se permite una relación entre la capacidad de soporte de un material y material con roca bien graduada, que se considera como teniendo un CBR (índice de soporte de California) del 100%. La determinación de esta relación se logra al aplicar presión a través de un pistón sobre el suelo compactado dentro de un molde. Este método tiene aplicaciones como evaluar la resistencia potencial de: subrasante, subbase, base además de materiales reciclados que serán usados en diseños de vías. Además, la prueba del Índice de Soporte de California (CBR) es crucial en el diseño de pavimentos, ya que los valores obtenidos permiten determinar los espesores adecuados para cada capa del paquete asfáltico, lo cual influye directamente tanto en aspectos económicos como en la vida útil del pavimento [26].

Procedimiento de ensayo CBR (ASTM D1883-21)

La muestra empleada en este ensayo consistió en 6000 gr de material que pasa a través del tamiz de $\frac{3}{4}$ de pulgada (19mm), con la corrección correspondiente para la porción de muestra que queda retenida en este tamiz. Esta porción retenida fue removida y sustituida por material que pasa a través del tamiz de $\frac{3}{4}$ de pulgada y queda retenido en el tamiz No. 4. Se utilizó un total de tres moldes con un diámetro de 152.4 mm, cada uno equipado con un espaciador y papel filtro para prevenir que el espaciador se adhiera a la muestra húmeda [27].

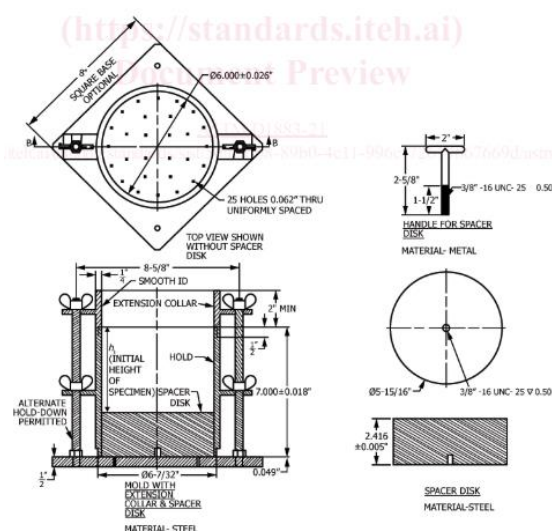


Figura 4.- Molde con collarín extensor y disco espaciador

Nota: máquina de ensayo CBR [27].



Figura 5.- Ensayo CBR

Una vez obtenida la muestra húmeda, se agregaron cinco capas, golpeándolas 56 veces hasta alcanzar el borde del collar. Luego se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad de la bandeja de mezcla y se tomó otra muestra después de quitar el collar, pero antes de nivelar para verificar el contenido de humedad.

Después de una cuidadosa alineación, se invirtió el molde, se retiró el espaciador y se volvió a montar. En el espacio vacío se colocó una varilla con un peso. El material se dejó humedecer durante 96 ± 2 h manteniendo un nivel de agua constante. Pasado este tiempo, se retiró el molde y se dejó escurrir el agua durante aproximadamente 16 minutos, teniendo cuidado de no perturbar la superficie de la muestra que estaría en contacto con el pistón de la máquina de ensayo.

Finalmente, se quitó el peso del vástago del pistón y la muestra se llevó a la máquina multispeed para su prueba. Este proceso se repitió con otros moldes, aumentando el número de golpes a 25 y 10 golpes durante la compactación por capa. Los cálculos se realizaron de acuerdo con las ecuaciones que se detallan a continuación:

$$\gamma_d = \frac{M_{sac}}{V_m} \quad Ec7$$

$$M_{sac} = \frac{M_{m+ws} - M_m}{(1 + w_{ac})} \quad Ec8$$

Donde:

M_{sac} : Masa del suelo compactado

M_{m+ws} : Masa del suelo húmedo más masa del molde

M_m : Masa del molde

w_{ac} : Contenido de humedad durante el proceso de compactación

V_m : Volumen del molde de compactación

Proctor modificado

La relevancia de esta prueba reside en su capacidad para optimizar la cantidad de agua requerida para alcanzar la máxima densidad seca; es decir, el grado de compactación al que se

puede o debe llegar, especialmente en el caso de capas base y subbase sometidas a fuerzas de compactación [28]. El grado de compactación necesario para cumplir con las propiedades específicas de la ingeniería civil se establece como un porcentaje del peso unitario seco máximo.

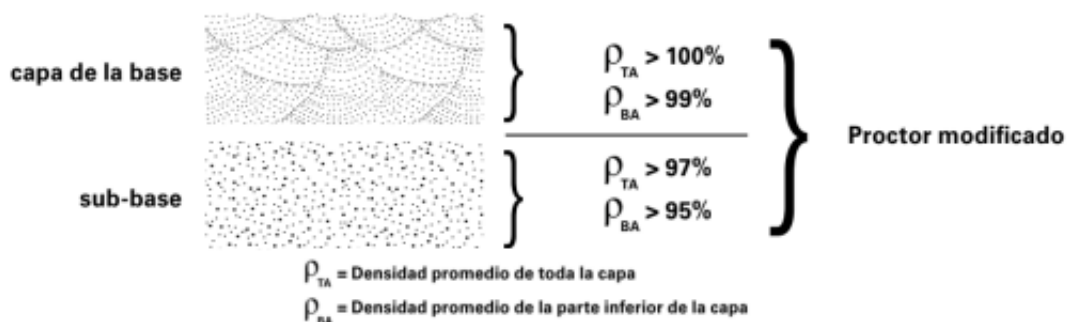


Figura 6.- Densidad promedio de capas

Nota: densidad de las capas con respecto a la base y subbase [28].

Procedimiento para el ensayo de Proctor modificado (ASTM D1557-12)

Este método se utiliza para determinar la relación entre el contenido de humedad del suelo y la gravedad específica seca del suelo compactado en un molde de tamaño estándar, bajado a una altura de 18 pulgadas usando un pistón de 10 libras que produce una fuerza de 2,7000 kN-m/m³. Según la norma ASTM existen tres modelos para efectuar este ensayo; estos se muestran a continuación:

TABLA V
TIPOLOGÍAS DE PROCTOR MODIFICADO

MÉTODO	DIÁMETRO DEL MOLDE	MATERIAL	CAPAS	GOLPES POR CAPA	USO
A	4 in (101,6 mm)	Pasa el tamiz No. 4 (4,75 mm)	5	25	Si el 25% o menos en masa del material es retenido en el tamiz No. 4 (4.75 mm)
B	4 in (101,6 mm)	Pasa el tamiz de 3/8 de pulgada (9,5 mm)	5	25	Si el 25% o menos en masa del material es retenido en el tamiz de 3/8- pulgada (9.5-mm)
C	6 in (152,4)	Pasa el tamiz de 3/4 de pulgada (19,0 mm)	5	56	Si el 30% o menos en masa del material es retenido en el tamiz de 3/4 de pulgada

Nota: selección del método para ensayo Proctor [28].

Para el presente trabajo de investigación se optó por el método C, debido a que menos del 30% de la mezcla de agregados quedaba retenida en el tamiz de $\frac{3}{4}$ de pulgada (19 mm), lo cual indicaba la presencia de material granular de tamaño considerable. El procedimiento se llevó a cabo de manera idéntica tanto para la base como para la subbase. Se tomó una muestra de 30000 gramos que pasará por el tamiz de $\frac{3}{4}$ de pulgada y se dividió en porciones de 6000 gramos a las que se les añadió gradualmente un porcentaje de agua creciente. Se mezcló el agregado con el agua en una bandeja hasta obtener una humedad uniforme, luego esta mezcla se colocó en el molde previamente montado con su respectivo collarín y se midió para calcular su volumen; después de cada capa, se golpeó con el pistón 56 veces hasta completar 5 capas. Al finalizar la quinta capa, se retiró el collarín y se niveló el excedente, luego se pesó el molde para extraer muestras de contenido de humedad de la parte superior e inferior del molde. Este procedimiento se repitió para los 5 puntos con diferentes niveles de humedad, incrementando gradualmente. Los cálculos se llevaron a cabo utilizando las fórmulas siguientes:

$$\gamma_m = K * \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad Ec10$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad Ec11$$

Donde:

γ_m : Densidad húmeda

K: Constante de conversión

Mt: Masa de suelo húmedo en el molde

Dm: Masa del molde de compensación

V: Volumen del molde de compactación

γ_d : Densidad seca

w: contenido de humedad

Desgaste por sulfatos

El método de prueba evalúa la desintegración de los agregados a lo largo del tiempo, proporcionando una evaluación inicial de los agregados utilizados en la construcción de carreteras. Además de resistir la erosión física, las partículas acumuladas en las capas de pavimento también están sujetas a la erosión mineral debido a los ciclos de mojado y secado durante la construcción, el diseño y la operación de la carretera. Por lo tanto, la durabilidad de los áridos es importante a la hora de seleccionar materiales para las diferentes capas del pavimento, ya que deben soportar las condiciones climáticas durante toda la vida útil de la carretera.



Figura 7.- Muestras después de la inmersión

Procedimiento para determinar la solidez de los agregados (NTE INEN 863:2011)

Este análisis se realizó tanto para agregados gruesos como finos según el procedimiento que se detalla a continuación:

Las muestras se lavaron minuciosamente y luego se secaron en una estufa a una temperatura constante de 110 ± 5 °C. Luego, las muestras se separaron utilizando los tamices enumerados en las siguientes tablas.

TABLA VI
TAMICES ESTÁNDAR PARA AGREGADO FINO

Fracción	Pasante del Tamiz	Retenido en el tamiz
1	600 μ m	300 μ m
2	1,18 mm	600 μ m
3	2,36 mm	1,18 mm
4	4,75 mm	2,36 mm
5	9,5 mm	4,75 mm

Nota: tamices para agregado fino [29].

TABLA VII
TAMICES ESTÁNDAR PARA AGREGADO GRUESO

Fracción	Tamaño (Tamices con aberturas cuadradas)	Masa (g)
1	9,5 mm a 4,75 mm	300 ± 5
	19,0 mm a 9,5 mm	1.000 ± 10

2	material consistente de:	
	12,5 mm a 9,5 mm	330 ± 5
	19,0 mm a 12,5 mm	670 ± 10
	37,5 mm a 19,0 mm	1.500 ± 50
3	material consistente de:	
	25,0 mm a 19,0 mm	500 ± 30
	37,5 mm a 25,0 mm	1.000 ± 50
	63 mm a 37,5 mm	5.000 ± 300
4	material consistente de:	
	50 mm a 37,5 mm	2.000 ± 200
	63 mm a 50 mm	3.000 ± 300
	75 mm a 63 mm	7.000 ± 1.000
	90 mm a 75 mm	7.000 ± 1.000
	100 mm a 90 mm	7.000 ± 1.000
5	material consistente de:	
	75 mm a 63 mm	7.000 ± 1.000
	90 mm a 75 mm	7.000 ± 1.000
	100 mm a 90 mm	7.000 ± 1.000

Nota: tamices para agregado grueso [29].

Se preparó para el ensayo una muestra orientada hasta alcanzar 100 gr (por lo general es suficiente, una muestra de 110 g). La muestra se sumergió en una solución de sulfato de magnesio durante 16 horas, asegurándose de que quedara cubierta con agregados hasta una profundidad de media pulgada. Los recipientes fueron sellados para evitar la evaporación o la entrada de otras sustancias extrañas. Durante todo el proceso de inmersión, las muestras se mantuvieron a 21 ± 1 °C. Después de la inmersión, las muestras se secaron durante 15 ± 5 min y luego se colocaron en un horno a una temperatura constante de 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante, retirándose las muestras a intervalos de 2 a 4 h y se examinó. La pérdida de peso de la muestra después de 4 horas de secado fue inferior al 0,1% del peso total.

Después de alcanzar un peso constante, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente y se sumergieron nuevamente en la solución. Este proceso se repitió durante 5 ciclos de inmersión y secado. Después del quinto ciclo y enfriamiento de las muestras, se lavaron con agua a una temperatura de 43 ± 6 °C para eliminar el sulfato de magnesio y evitar golpes y abrasión. El análisis cuantitativo se realizó después de que cada fracción de agregado se secó a una temperatura de 110 ± 5 °C. Para el tamizado se utilizó la misma criba para atrapar el árido hasta que se hunda, y para el árido grueso se utilizó una de las siguientes cribas dependiendo del tamaño.

TABLA VIII

TAMICES USADOS PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA SEGÚN LAS FRACCIONES DEL ÁRIDO

Tamaño del Árido	Tamiz utilizado para determinar la pérdida
100 mm a 90 mm	75 mm
90 mm a 75 mm	63 mm
75 mm a 63 mm	50 mm
63 mm a 37,5 mm	31,5 mm
37,5 mm a 19,0 mm	16,0 mm
19,0 mm a 9,5 mm	8,0 mm
9,5 mm a 4,75 mm	4,0 mm

Nota: tamices para agregado según las fracciones del árido [29].

Resistencia a la abrasión

Esta prueba es uno de los principales indicadores de la calidad del agregado grueso y generalmente se realiza utilizando una máquina de Los Ángeles, que evalúa la resistencia del agregado a la abrasión y al aplastamiento por impacto. Este proceso es muy útil para determinar la idoneidad de un material para una aplicación particular. El impacto se realiza mediante bolas de acero impulsadas por la máquina.



Figura 8.- Máquina de los Ángeles

Procedimiento para realizar el ensayo de resistencia a la abrasión (ASTM C131/131M-20)

Para realizar esta prueba, los agregados fueron tamizados para obtener el tamaño de partícula requerido, luego se lavaron y secaron en el horno a temperatura constante de 110 ± 5

°C hasta obtener un peso constante. A continuación, se colocaron los áridos junto con las bolas de acero en la máquina, previa limpieza exhaustiva. La máquina fue programada y encendida para las 500 revoluciones estándar [30]. Al finalizar el proceso, el material con las esferas de acero fue retirado de la máquina y tamizado, utilizando el tamiz No. 12 (1.70 mm) para separar el material fino del grueso. Finalmente, el material grueso restante se lavó y secó para determinar su peso.

TABLA IX
GRANULOMETRÍA Y TAMAÑO DE TAMIZ

Tamaño del tamiz (Aberturas cuadradas)	Retenido	Masa de los tamaños indicados			
		Granulometría			
Pasa		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1.250±25			
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1.250±25			
190) mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1.250±10	2.500±10		
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1.250±10	2,500±10		
9,5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")			2,500±10	
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)			2.500±10	
4,75 mm (N°4)	2 6 mm (N°8)				5.000±10
Total		5.000±10	5.000±10	5.000±10	5.000±10

Nota: tamaño de tamiz en el ensayo de resistencia a la abrasión [30].

TABLA X
MASA DE CARGA PARA LOS TIPOS DE GRANULOMETRÍA

Granulometría	No. de esferas	Masa de la Carga
A	12	5000±25
B	11	4,584±25
C	8	3,330±20
D	6	2,500±15

Nota: masa de carga con respecto a las distintas tipologías de agregado [30]



Figura 9.- Retiro de material después del ensayo

Caras fracturadas

Este método estima visualmente el porcentaje de rocas fracturadas. La relevancia de esta prueba radica en el hecho de que la resistencia al corte y la fricción entre partículas en la mezcla compuesta dependen directamente de esta característica. Además, las partículas trituradas ayudan a estabilizar el agregado durante el tratamiento de la superficie y proporcionan mayor fricción y textura a la mezcla del pavimento. Es importante que cada partícula de roca tenga fracturas con una sección transversal mínima para cumplir con las características requeridas.

Proceso para determinar el Porcentaje de caras fracturadas ASTM D5821-13

Para esta prueba, el agregado fue tamizado para separar el material en pedazos de diferentes tamaños, lo que permitió una inspección más detallada de la muestra. Luego se tamizó la muestra para obtener las cantidades aproximadas que se muestran en la tabla denotada a continuación. Luego se lavaron los agregados para eliminar todos los rastros de material fino y garantizar una inspección minuciosa. Las muestras se secaron en el horno a una temperatura constante de 110 ± 5 °C y se retiraron cuando el peso se estabilizó. Inmediatamente, se colocó la muestra sobre una franela y se esperó hasta que alcanzara una temperatura aceptable. Una vez que se pudo manipular la muestra, cada elemento se examinó cuidadosamente para determinar si cumplía con los criterios de una partícula disuelta [31].



Figura 10.- Inspección visual de muestras

TABLA XI
MUESTRA MÍNIMA DE PRUEBA DE ACUERDO A SU TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO

Tamaño Nominal abierto (mm)	Masa de muestras mínima de Prueba (g)
9,5	200
12,5	500
19	1500
25	3000
37,5	7500
50	15000
63	30000
75	60000
90	90000

Nota: prueba de humedad; una superficie fracturada constituye un área de al menos el 25% del área proyectada por la partícula vista perpendicularmente. Se tomó en cuenta para este ensayo, que cada partícula de agregado tenga por lo menos dos caras fracturadas [31].

Después de esta prueba, las partículas con bordes rotos se separaron de las partículas sin esta característica para pesar cada grupo por separado. La fracción de masa de las partículas se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$P = \left(\frac{F}{F + N} * 100 \right) \quad Ec12$$

Donde

P: Porcentaje de partículas con caras fracturadas.

F: Masa de partículas con caras fracturadas.

N: Masa de partículas que no cumplen el criterio de partículas fracturadas.

2.5.Fase 3

2.5.1. Análisis de datos

En la fase final del proyecto, se realizó un análisis exhaustivo de todos los datos recopilados durante las fases anteriores.

2.5.2. Procedimiento para el análisis comparativo de las muestras ensayadas a ser empleadas como bases y subbase.

Con el propósito de llevar a cabo un análisis comparativo exhaustivo de las muestras destinadas a servir como base y subbase, se desarrolló un procedimiento minucioso.

Los resultados obtenidos se analizarán de manera individual para cada material, y para facilitar esta evaluación, se utilizará el programa Excel. La interpretación de gráficas generadas con este software permitirá una comprensión más visual y detallada de los datos. Una vez revisados y analizados con la ayuda de estas herramientas, los resultados serán comparados con las especificaciones técnicas establecidas por la normativa ecuatoriana vigente (MOP - 001-F 2002) para determinar su idoneidad en el uso de estos materiales como base y subbase en la construcción de carreteras

Una vez finalizado el apartado metodológico es fundamental destacar que cada uno de los ensayos efectuados responden a los objetivos planteados y desde este punto se analizan los resultados obtenidos con base en el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, Proctor modificado, California Bering Ratio, resistencia a la abrasión, porcentaje de caras fracturadas y solidez de agregados para su discusión y análisis en el capítulo posterior.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados y discusión

En este aspecto es fundamental destacar que el análisis se efectuó con base en la metodología descrita en el apartado anterior con el propósito de estratificar y dar por cumplidos cada uno de los objetivos descritos en el presente trabajo de investigación. Con esto en mente estratificaremos la consecución de los mismos mediante fases que se detallan a continuación:

3.1.1. Fase 1

Identificación de la Zona de Estudio mediante Georreferenciación de Minas o Canteras.

El proceso de georreferenciación ha permitido establecer con precisión la ubicación de las minas o canteras objeto de estudio. A continuación, se discuten las características y la relevancia de cada sitio en el contexto del estudio:

Las coordenadas (Este: 753429, Norte: 9817641) indican que La Ponderosa se encuentra en una región de fácil acceso, lo que podría facilitar las operaciones de extracción y transporte de materiales, Con coordenadas (Este: 757675, Norte: 9815327), Tierra Prometida está situada ligeramente al sureste de La Ponderosa. Las coordenadas (Este: 771304, Norte: 9818906) posicionan a Explendor más al este y al norte en comparación con las otras dos minas. Esta mayor distancia sugiere una variación potencial en las características geológicas y mineralógicas, lo que podría presentar una mayor diversidad en los tipos de materiales extraídos.

3.1.2. Fase 2

Determinación de las propiedades índices y mecánicas de los agregados

Contenido de Humedad

En lo que respecta al contenido de humedad, la tabla XIII presenta los valores de contenido de humedad de diferentes materiales provenientes de tres canteras: Explendor, Poderosa y Tierra Prometida. Los materiales evaluados son arena lavada, arena y ripio triturado, comparando sus valores de humedad con los límites recomendados. Esta información es crucial para asegurar la calidad y adecuación de los materiales utilizados en construcción.

TABLA XII
RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Contenido de humedad			
Cantera	Material	Valor (%)	Límites recomendados
Explendor	Agregado Fino	6.53	< 8%
	Agregado Grueso	0.55	< 3%
Poderosa	Agregado Fino	5.52	< 8%
	Agregado Grueso	0.66	< 3%
Tierra prometida	Agregado Fino	6.70	< 8%
	Agregado Grueso	0.15	< 3%

De acuerdo con los datos presentados, todos los materiales evaluados cumplen con los límites recomendados de contenido de humedad. La arena lavada de la cantera Explendor tiene un valor de 6.53%, y la arena de las canteras Poderosa y Tierra Prometida presentan valores de 5.52% y 6.7% respectivamente, todos dentro del límite de menos del 8%. En cuanto al ripio triturado, los valores también son satisfactorios: 0.55% en Explendor, 0.66% en Poderosa y 0.15% en Tierra Prometida, todos por debajo del límite del 3%. Esto indica que los materiales están adecuadamente aptos para su uso en construcción, cumpliendo con las normativas de humedad requeridas para asegurar su calidad y funcionalidad.

- **Límites de Atterberg**

La tabla XIII muestra los valores de los límites de Atterberg para materiales provenientes de tres canteras. Se incluyen los límites líquido y plástico, así como el índice de plasticidad para dos categorías de materiales: Base Clase Tipo B1 y Subbase Clase 2. Estos valores se comparan con los límites establecidos por el MOP (Ministerio de Obras Públicas)[32]. Es importante resaltar que la evaluación de estos parámetros es esencial para determinar la adecuación de los materiales en la construcción de bases y subbases, ya que influyen en la estabilidad y durabilidad de las estructuras viales.

TABLA XIII
LÍMITES DE ATTERBERG

Límites de Atterberg					
	Cantera	Explendor	Ponderosa	Tierra Prometida	Límites (MOP)
Base Clase Tipo B1	Límite líquido	18.15	17.15	13.51	≤ 25
	Límite Plástico	20.04	18.12	14.62	
	Índice de Plasticidad	-1.89	-0.97	-1.11	≤ 6
Subbase Clase 2	Límite líquido	23.18	15.66	14.85	≤ 25
	Límite Plástico	27.16	17.71	14.86	
	Índice de Plasticidad	-3.98	-2.05	-0.01	≤ 6

Al analizar los resultados para las bases, se observa que todas las muestras de las tres canteras cumplen con el límite líquido establecido por la norma (≤ 25). Además, todos los índices de plasticidad son negativos, lo cual indica que los materiales son no plásticos, una característica deseable ya que sugiere estabilidad y menor susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones de humedad.

Similarmente para la Subbase, los materiales de las canteras Explendor, Ponderosa y Tierra Prometida también cumplen con los requisitos, mostrando límites líquidos menores a 25 e índices de plasticidad negativos.

- **Granulometría**

En lo que respecta al ensayo de granulometría se efectuó únicamente la verificación de los límites al respecto de si estos responden afirmativa o negativamente a las características de la norma MOP [32]. A continuación de muestra la curva granulométrica de base clase 1 tipo B y subbase clase 2 de las canteras Explendor, Ponderosa y Tierra Prometida respectivamente.

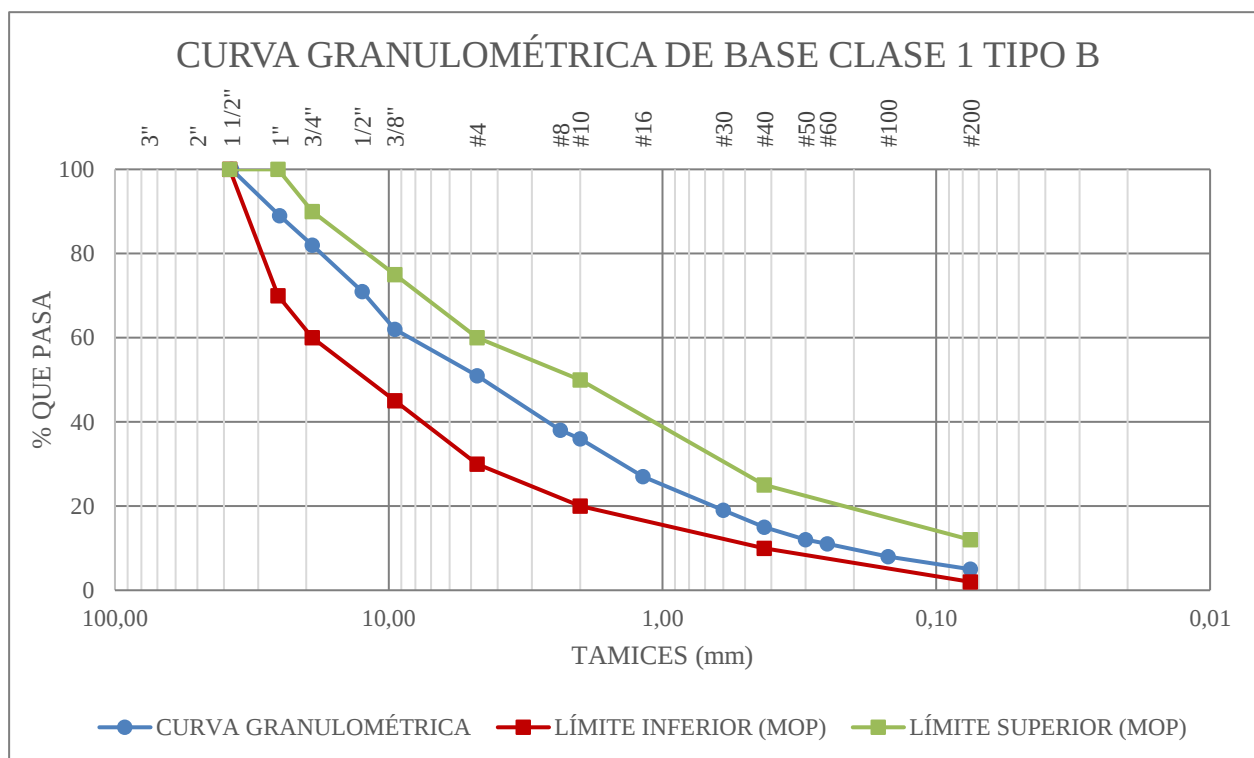


Figura 11.- Curva granulométrica base clase 1 tipo B cantera Explendor

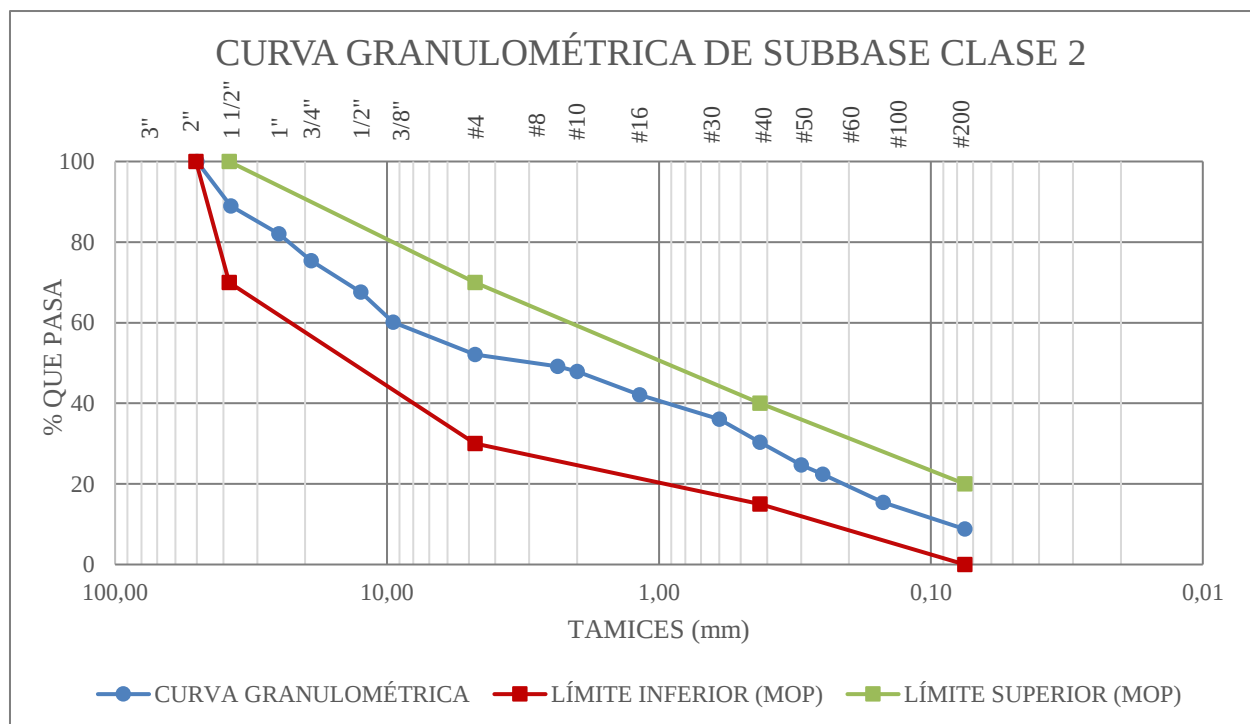


Figura 12.- Curva granulométrica subbase clase cantera Explendor

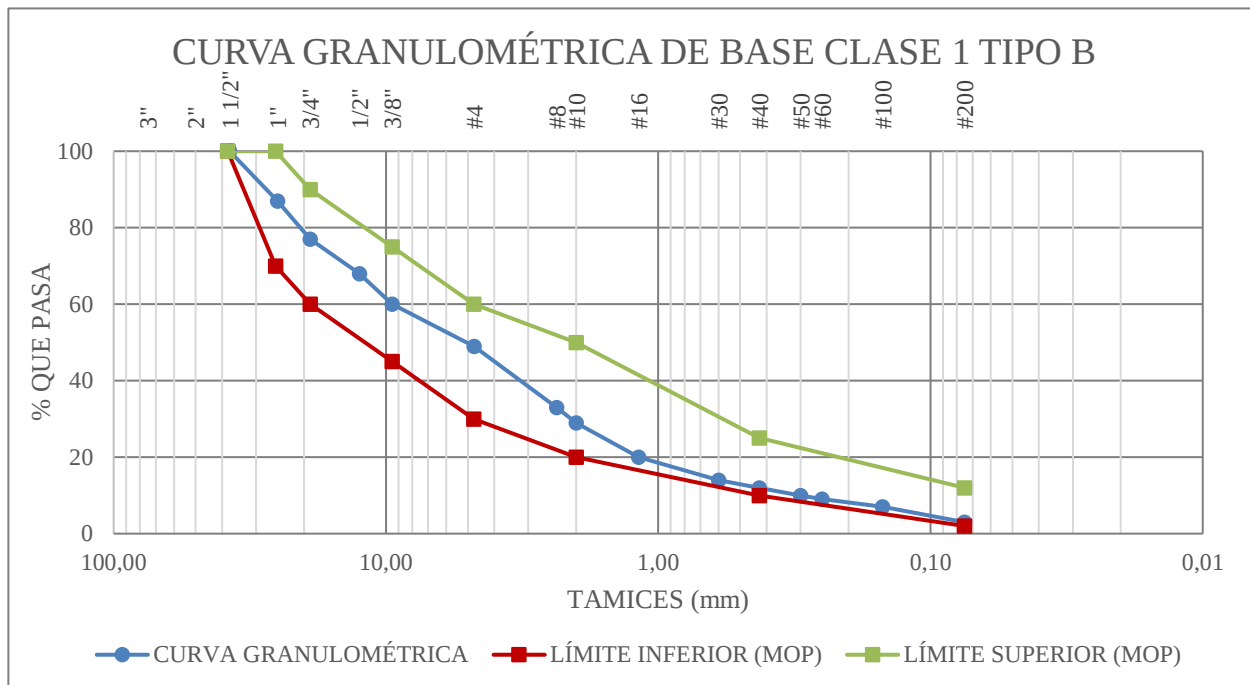


Figura 13.- Curva granulométrica base clase 1 tipo B cantera Ponderosa

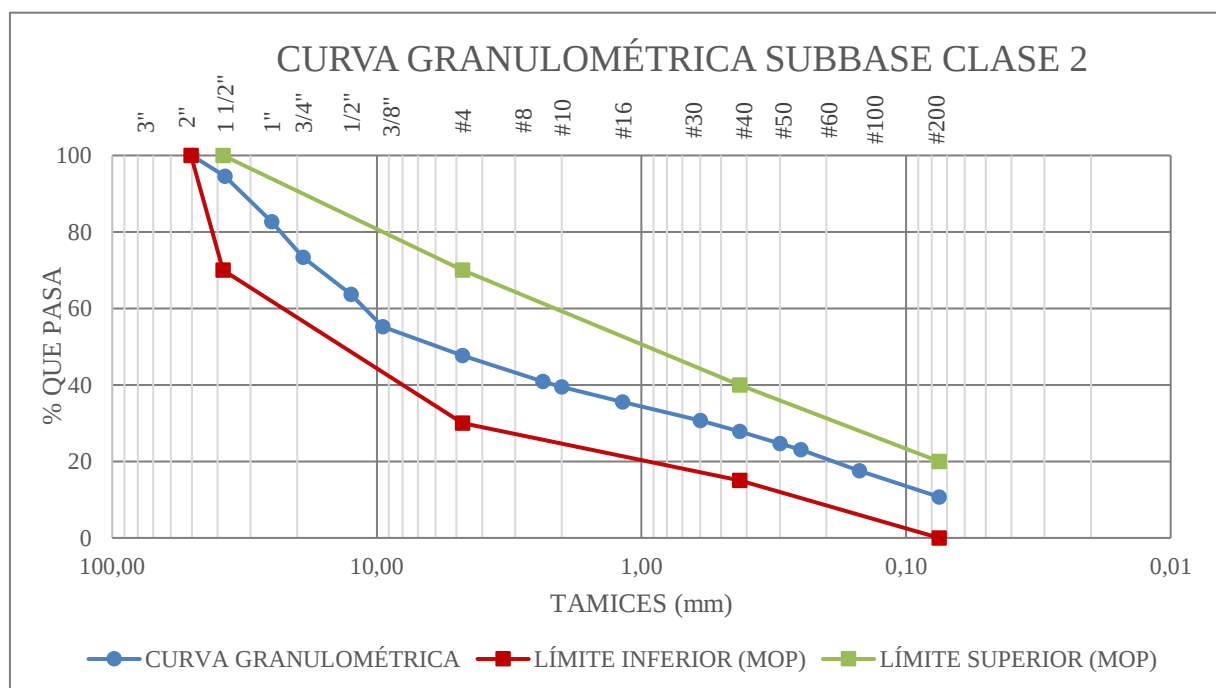


Figura 14.- Curva granulométrica subbase clase cantera Ponderosa

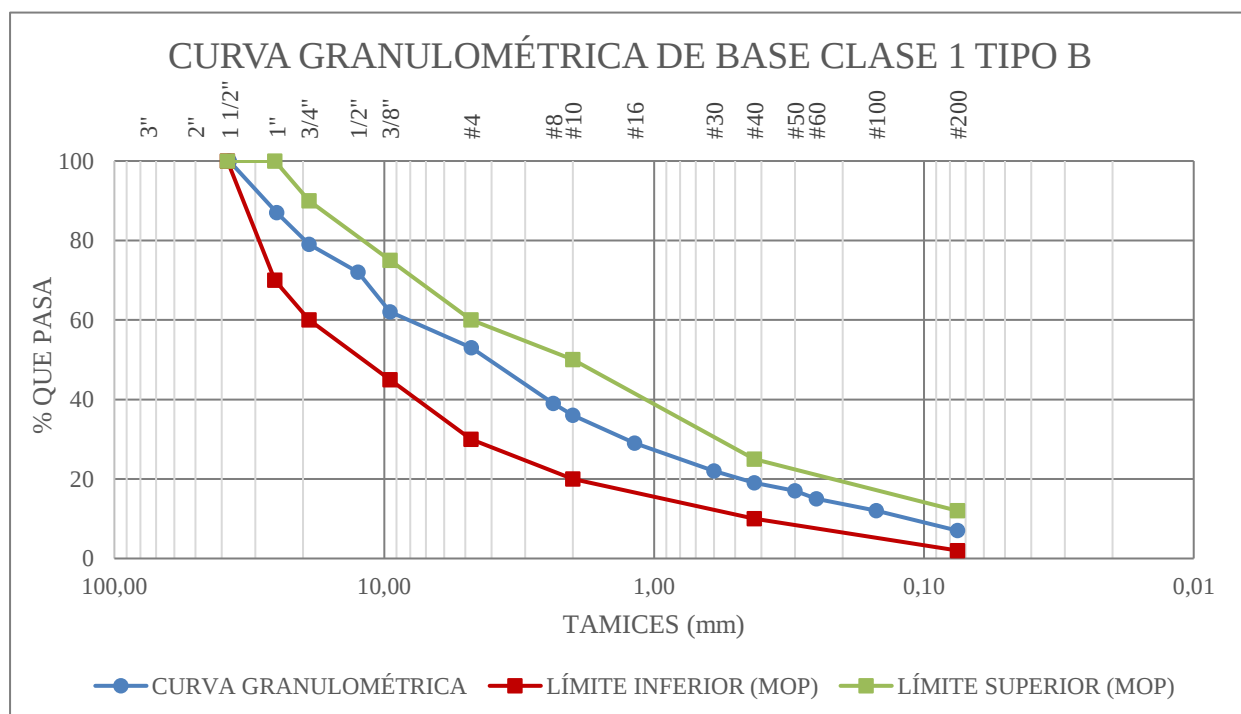


Figura 15.- Curva granulométrica base clase 1 tipo B cantera Tierra Prometida

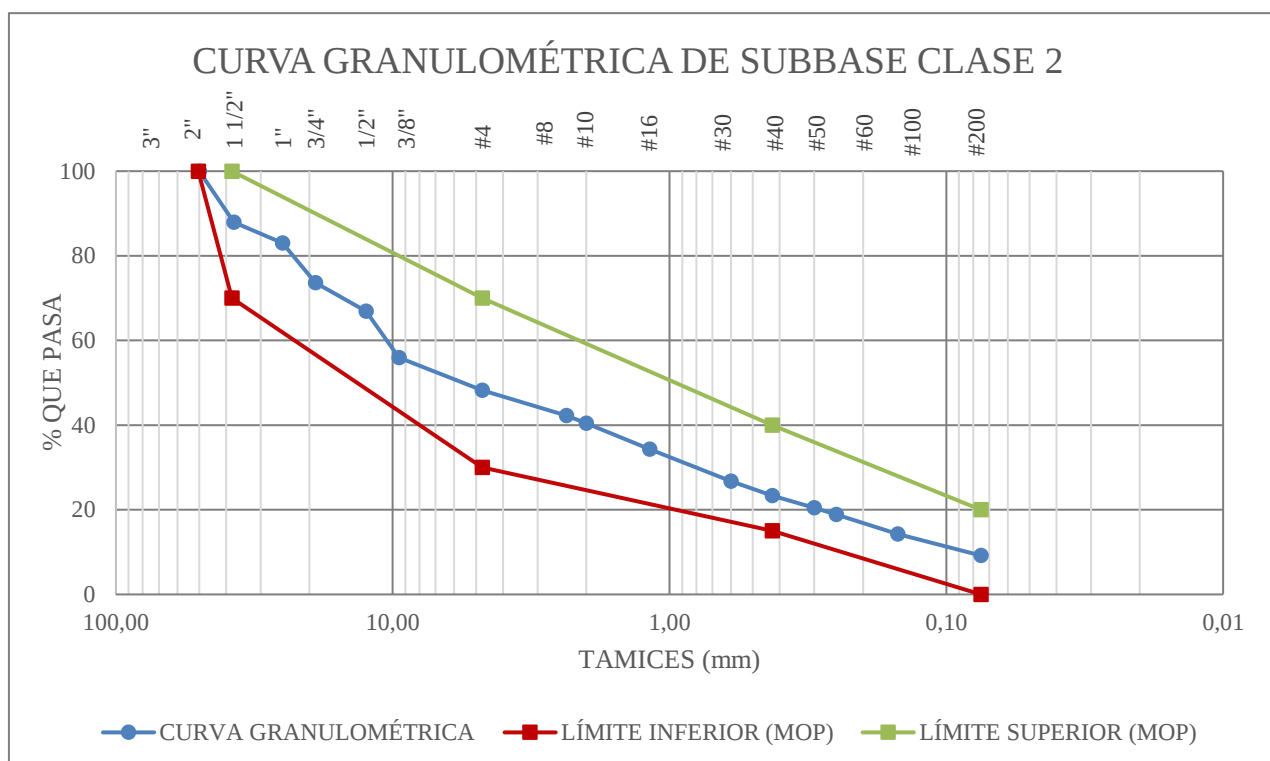


Figura 16.- Curva granulométrica subbase clase cantera Tierra Prometida

El material analizado para la base clase 1 tipo B y subbase cumple con los requisitos granulométricos establecidos por la norma MOP. La curva granulométrica del material se encuentra dentro de los límites aceptables para todos los tamaños de partículas evaluados. En resumen, el material tiene una distribución adecuada de tamaños de partículas, asegurando así su idoneidad para su uso en construcción de bases según los estándares de la MOP [32]. Esto proporciona confianza en la estabilidad y durabilidad de las estructuras que utilizarán este material.

- **California Bearing Ratio**

Una vez identificados los datos obtenidos del ensayo CBR se permite identificar la capacidad de resistencia por cada capa.

TABLA XIV
CALIFORNIA BEARING RATIO

CBR (%)			
Cantera	Material	CBR 0,2 pulg (%)	Límites (MOP)
Explendor	Base	109	≥ 80%
	Subbase	60	≥ 30%
Poderosa	Base	97	≥ 80%
	Subbase	63	≥ 30%
Tierra prometida	Base	104	≥ 80%
	Subbase	72	≥ 30%

La tabla XIV presenta datos sobre el ensayo California Bearing Ratio (CBR) para diversos materiales utilizados en construcción, junto con los estándares mínimos requeridos. En el caso de Explendor, tanto el material base como el de subbase superan los requisitos mínimos de resistencia, con valores de CBR del 109% y 60%, respectivamente. Por otro lado, los materiales de Poderosa cumplen con los estándares, con valores de CBR del 97% para la base y 63% para la subbase. Finalmente, los materiales de Tierra Prometida también exceden los requisitos mínimos, con CBR del 104% para la base y 72 % para la subbase. Estos datos son esenciales para garantizar la idoneidad de los materiales utilizados en la construcción de carreteras y otras infraestructuras, asegurando la resistencia y estabilidad necesarias para su funcionamiento adecuado.

- **Proctor modificado**

TABLA XV
RESULTADOS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Proctor Modificado			
Cantera	Material	Densidad Seca Máxima (gr/cm³)	Humedad óptima (%)
Explendor	Base	2.189	8.6
	Subbase	2.079	9.2
Poderosa	Base	2.132	7.4
	Subbase	2.116	9.6
Tierra prometida	Base	2.169	8.7
	Subbase	2.158	8.6

La tabla XV proporciona datos sobre la densidad seca máxima y la humedad óptima para diferentes materiales utilizados en construcción, siguiendo el método Proctor Modificado. Este método es fundamental para determinar las condiciones óptimas de compactación de los suelos utilizados en obras de ingeniería civil, como carreteras y cimentaciones.

Para el caso de la cantera Explendor al respecto del material Base, la densidad seca máxima es de 2.189 gr/cm³ con una humedad óptima del 8.6% para el caso de la Subbase, la densidad seca máxima es de 2.079 gr/cm³ con una humedad óptima del 9.2%.

La cantera Poderosa al respecto del material Base, la densidad seca máxima es de 2.132 gr/cm³ con una humedad óptima del 7.4% y subbase, la densidad seca máxima es de 2.116 gr/cm³ con una humedad óptima del 9.6%. Finalmente, para tierra prometida; base, la densidad seca máxima es de 2.169 gr/cm³ con una humedad óptima del 8.7% y subbase; la densidad seca máxima es de 2.158 gr/cm³ con una humedad óptima del 8.6%. El análisis de estos datos permite a los ingenieros determinar las condiciones ideales de compactación para cada tipo de material y capa de construcción. Una densidad seca máxima alta indica una mayor compactación del suelo, lo que contribuye a una mayor resistencia y estabilidad de la estructura. Por otro lado, la humedad óptima indica el nivel de humedad que debe tener el suelo para alcanzar esa máxima densidad seca. Estos datos son fundamentales para garantizar la calidad y durabilidad de las obras civiles.

- **Desgaste por sulfatos**

TABLA XVI
RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE POR SULFATOS

Durabilidad de los áridos en Sulfato de Magnesio				
Cantera	Material	Porcentaje Ponderado de pérdida (%)	Límite (MOP)	
Explendor	Ripio Triturado	11.30	≤ 18 %	
	Polvo de Piedra	12.20	≤ 15 %	
Poderosa	Ripio Triturado	17.00	≤ 18 %	
	Polvo de Piedra	14.70	≤ 15 %	
Tierra prometida	Ripio Triturado	14.20	≤ 18 %	
	Polvo de Piedra	13.70	≤ 15 %	

La tabla XVI proporciona datos sobre la durabilidad de los áridos en sulfato de magnesio para tres minas: Explendor, Poderosa y Tierra prometida. Se presentan dos tipos de áridos: ripio

triturado y polvo de piedra, junto con el porcentaje ponderado de pérdida de masa después de la exposición al sulfato de magnesio y el límite máximo permitido por los estándares. Los resultados muestran que Explendor y Tierra prometida generalmente tienen un mejor desempeño en términos de pérdida de masa, con valores más bajos en ambos tipos de áridos en comparación con Poderosa. Esto sugiere que los áridos de Explendor y Tierra prometida pueden tener una mejor durabilidad en condiciones de sulfato de magnesio, lo que los hace más adecuados para su uso en proyectos de construcción que requieren resistencia a agentes de deterioro.

- **Resistencia a la abrasión**

TABLA XVII
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Resistencia a la abrasión				
	Cantera	Material	Desgaste (%)	Límites (MOP)
Base	Explendor	Ripio triturado	20	$\leq 40\%$
	Ponderosa	Ripio triturado	44	$\leq 40\%$
	Tierra prometida	Ripio triturado	27	$\leq 40\%$
Subbase	Explendor	Ripio Cribado	20	$\leq 50\%$
	Ponderosa	Ripio triturado	47	$\leq 50\%$
	Tierra prometida	Ripio Cribado	29	$\leq 50\%$

En cuanto a la comparativa, en la categoría de Base, Explendor muestra el menor desgaste tanto en ripio triturado (20%) como en ripio cribado (20%), seguido por Tierra prometida con 27% de desgaste en ripio triturado. Ponderosa, por otro lado, presenta un desgaste más alto, alcanzando el 44% en ripio triturado. En la categoría de Subbase, Explendor nuevamente muestra un buen desempeño con un desgaste del 20% en ripio cribado. Tierra prometida sigue con un desgaste del 29% en ripio cribado, mientras que Ponderosa muestra el desgaste más alto, con un 47% en ripio triturado. Estos datos indican que los materiales provenientes de Explendor parecen tener una mejor resistencia a la abrasión en comparación con los de Ponderosa y Tierra prometida, tanto en la categoría de Base como en la de Subbase. Esto sugiere que los materiales de Explendor podrían ser más adecuados para aplicaciones que requieran alta resistencia a la abrasión.

Caras fracturadas

TABLA XVIII
RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS DEL AGREGADO GRUESO

Porcentaje de caras Fracturas			
Cantera	Material	valor (%)	Limite (MOP)
Explendor	Ripio Triturado	86	$\geq 75\%$
Ponderosa	Ripio Triturado	97	$\geq 75\%$
Tierra prometida	Ripio Triturado	96	$\geq 75\%$

Comparando los resultados obtenidos de las canteras Explendor, Ponderosa y Tierra Prometida, con porcentajes de caras fracturadas del 86%, 97% y 96% observamos que, las tres canteras analizadas superan ampliamente los requisitos establecidos por la norma ecuatoriana del MOP. Esto implica que los materiales de las canteras Explendor, Ponderosa y Tierra Prometida son adecuados para su uso en la construcción de bases de carreteras, ya que su alto porcentaje de caras fracturadas asegura una mejor compactación, mayor estabilidad estructural y resistencia a las cargas de tráfico.

3.1.3. Fase 3

Análisis de datos y verificación de hipótesis

Hipótesis

¿Los materiales provenientes de las minas “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” y “TIERRA PROMETIDA” cumplen con el requisito de la Norma Ecuatoriana Vial de alcanzar un valor de California Bearing Ratio (CBR) de más de 80% para bases y de más de 30% para subbases?

Finalmente, en lo que respecta a la validación de hipótesis se muestra la tabla XIX que deja en manifiesto el cumplimiento de los estándares para material base y subbase de las canteras objeto de estudio.

TABLA XIX
VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Ensayo	Cantera	Material	Resultado		Norma (MOP)		Observación
			Tamiz(mm)	% Pasa	Tamiz (mm)	%Pasa	
Granulometría	Explendor	Base Clase 1 tipo B	37.50	100.00	37.50	100	Cumple
			25.00	89.00	25.00	70 - 100	Cumple
			19.00	82.00	19.00	60 - 90	Cumple
			9.50	62.00	9.50	45 - 75	Cumple
			4.75	51.00	4.75	30 - 60	Cumple
			2.00	36.00	2.00	20 - 50	Cumple
			0.425	15.00	0.425	10 - 25	Cumple
			0.075	5.00	0.075	2 - 12	Cumple
		Subbase clase 2	50.00	100.00	50.00	100	Cumple
			37.50	88.97	37.50	70 - 100	Cumple
			4.750	52.12	4.750	30 - 70	Cumple
			0.425	30.32	0.425	15 - 40	Cumple
			0.075	8.78	0.075	0 - 20	Cumple
	Ponderosa	Base Clase 1 tipo B	37.50	100.00	37.50	100	Cumple
			25.00	87.00	25.00	70 - 100	Cumple
			19.00	77.00	19.00	60 - 90	Cumple
			9.50	60.00	9.50	45 - 75	Cumple
			4.75	49.00	4.75	30 - 60	Cumple
			2.00	29.00	2.00	20 - 50	Cumple
			0.425	12.00	0.425	10 - 25	Cumple
			0.075	3.00	0.075	2 - 12	Cumple
			50.00	100.00	50.00	100	Cumple

		Subbase clase 2	37.50	94.59	37.50	70 - 100	Cumple
			4.750	47.66	4.750	30 - 70	Cumple
			0.425	27.81	0.425	15 - 40	Cumple
			0.075	10.72	0.075	0 - 20	Cumple
	Tierra Prometida	Base Clase 1 tipo B	37.50	100.00	37.50	100	Cumple
			25.00	87.00	25.00	70 - 100	Cumple
			19.00	79.00	19.00	60 - 90	Cumple
			9.50	62.00	9.50	45 - 75	Cumple
			4.75	53.00	4.75	30 - 60	Cumple
			2.00	36.00	2.00	20 - 50	Cumple
			0.425	19.00	0.425	10 - 25	Cumple
			0.075	7.00	0.075	2 - 12	Cumple
		Subbase clase 2	50.00	100.00	50.00	100	Cumple
			37.50	87.91	37.50	70 - 100	Cumple
			4.750	48.20	4.750	30 - 70	Cumple
			0.425	23.32	0.425	15 - 40	Cumple
			0.075	9.18	0.075	0 - 20	Cumple
Límite liquido	Explendor	Base	18.15		$L1 \leq 25$		Cumple
		Subbase	23.18		$L1 \leq 25$		Cumple
	Ponderosa	Base	17.15		$L1 \leq 25$		Cumple
		Subbase	15.66		$L1 \leq 25$		Cumple
	Tierra Prometida	Base	13.51		$L1 \leq 25$		Cumple
		Subbase	14.85		$L1 \leq 25$		Cumple
Plasticidad	Explendor	Base	No plástico		$IP \leq 6$		Cumple
		Subbase	No plástico		$IP \leq 6$		Cumple
	Ponderosa	Base	No plástico		$IP \leq 6$		Cumple
		Subbase	No plástico		$IP \leq 6$		Cumple
	Tierra Prometida	Base	No plástico		$IP \leq 6$		Cumple
		Subbase	No plástico		$IP \leq 6$		Cumple

CBR (%)	Explendor	Base	109	$\geq 80\%$	Cumple
		Subbase	60	$\geq 30\%$	Cumple
	Ponderosa	Base	97	$\geq 80\%$	Cumple
		Subbase	63	$\geq 30\%$	Cumple
	Tierra Prometida	Base	104	$\geq 80\%$	Cumple
		Subbase	72	$\geq 30\%$	Cumple
Abrasión (%)	Explendor	Base	20	$\leq 40\%$	cumple
		Subbase	20	$\leq 50\%$	cumple
	Ponderosa	Base	44	$\leq 40\%$	No cumple
		Subbase	47	$\leq 50\%$	Cumple
	Tierra Prometida	Base	27	$\leq 40\%$	Cumple
		Subbase	29	$\leq 50\%$	Cumple
Desgaste Por acción de sulfato	Explendor	Grueso	11.30	$\leq 18\%$	Cumple
		Fino	12.20	$\leq 15\%$	Cumple
	Ponderosa	Grueso	17.00	$\leq 18\%$	Cumple
		Fino	14.70	$\leq 15\%$	Cumple
	Tierra Prometida	Grueso	14.20	$\leq 18\%$	Cumple
		Fino	13.70	$\leq 15\%$	Cumple

A partir de los resultados durante el análisis de los materiales de las minas objeto de estudio, se puede aseverar que cumplen en su mayoría las condiciones y/o estándares de las tres minas. Para el caso del ensayo de abrasión en la cantera Ponderosa para el material base no se cumple el requisito “ $\leq 40\%$ ” siendo su valor final de 44; cuatro unidades sobre el estándar. Además, es necesario acotar que en lo que respeta al CBR y desde luego afirmando la validación de la hipótesis de más de 80% para bases y de más de 30% para subbases. Por último, después de esta aseveración se formularán conclusiones y recomendaciones que aborden la calidad de los materiales extraídos, las mismas que abarcarán aspectos específicos, en función de lo estipulado por especificaciones generales para la Construcción de Carreteras y Puentes (MOP - 001-F 2002), destinadas a proyectos de infraestructura vial [32].

CAPÍTULO IV: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La georreferenciación ha permitido establecer claramente la ubicación de cada fuente de material, proporcionando un contexto espacial crucial para la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Las coordenadas de las minas son; (La Ponderosa; Este: 753429 - Norte: 9817641), (Tierra Prometida; Este: 757675-Norte: 9815327) y finalmente (Explendor; Este: 771304 - Norte: 9818906) respectivamente. Por otro lado, los ensayos de contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría, Proctor y CBR han proporcionado información detallada sobre las propiedades índices y mecánicas de las muestras, permitiendo una evaluación exhaustiva de su idoneidad para su uso en obras civiles.
- El análisis de la resistencia a la abrasión y el porcentaje de caras fracturadas proporciona una evaluación crucial de la durabilidad y calidad de los agregados gruesos. Estos ensayos han revelado diferencias significativas entre las muestras provenientes de diferentes minas o canteras. Explendor ha demostrado consistentemente una mayor resistencia a la abrasión en comparación con Ponderosa y Tierra prometida. Para el caso del material base; las canteras Explendor y Tierra Prometida cumplen con las especificaciones de la norma, mientras que Ponderosa no cumple al tener un valor de abrasión del 44%, que excede el límite del 40%. Para el caso del material subbase; todas las canteras (Explendor, Ponderosa, Tierra Prometida) cumplen con las especificaciones de la norma, manteniendo los valores por debajo del 50%.
- El análisis comparativo de las muestras ensayadas para bases y subbases proporciona una visión clara de las propiedades de los materiales disponibles en cada mina o cantera. Los resultados indican que los materiales provenientes de Explendor tienden a tener mejores características mecánicas y de resistencia a la abrasión en comparación con Ponderosa y Tierra prometida. Esto sugiere que los materiales de Explendor pueden ser más adecuados para aplicaciones de base y subbase en proyectos de construcción donde se requiera alta resistencia y durabilidad. Esto puede ser denotado por medio de del análisis del material base; para el caso de Explendor, Ponderosa, Tierra Prometida cumplen con el requisito de tener un valor CBR mayor o igual al 80%. Para el caso de la subbase: todas las canteras cumplen con el requisito de tener un valor CBR mayor o igual al 30%.

4.2. Recomendaciones

- Se sugiere utilizar esta información para la selección adecuada de materiales en proyectos de construcción, considerando las propiedades específicas de cada muestra y su ubicación geográfica.
- Se recomienda dar prioridad a los materiales con mayor resistencia a la abrasión y menor porcentaje de caras fracturadas en proyectos donde se anticipen altos niveles de desgaste y abrasión.
- Se aconseja seleccionar los materiales de Explendor para su uso como bases y subbases en proyectos donde se priorice la resistencia mecánica y la durabilidad de las estructuras. Sin embargo, se debe considerar la disponibilidad y logística de transporte al tomar decisiones finales sobre la selección de materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. A. Lancheros Herrera, “Caminos Coloniales: una Historia de las vías de comunicación en la región central del Nuevo Reino de Granada en el siglo XVIII,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2017.
- [2] J. M. Sanz Garcia, “Evolución del diseño en firmes de carreteras y nuevos materiales en la era de la economía circular: un cambio de paradigma,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, 2022.
- [3] L. Bañón and J. F. Bevía, *Manual de carreteras Volumen 1*, vol. 1. 2000.
- [4] P. Rebolledo Bustamante, “Diseño y construcción de pavimentación de calles perimetrales de la plaza abate molina de la ciudad de talca.,” UNIVERSIDAD DE TALCA, 2022.
- [5] U. S. D. of Transportation and F. H. Administration, “Bases and Subbases for Concrete Pavements,” Estados Unidos, 2016.
- [6] N. Caspa Pacheco, “La política de transportes en Ecuador, 1925-1962,” UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR, 2020.
- [7] R. Agosta *et al.*, *Análisis de inversiones en el sector transporte terrestre interurbano latinoamericano a 2040*. Ecuador, 2020.
- [8] CONGOPE, “Plan De Desarrollo Vial Integral De La Provincia De Chimborazo,” 2019.
- [9] L. M. Neri Villasis, “Calidad del material de base y sub base para vías pavimentadas, en tres canteras de la provincia de Trujillo, 2018,” UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, 2018.
- [10] M. F. León Ortiz, “Diseño de explotación para materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez.,” UNIVERSIDAD DEL AZUAY, 2017.
- [11] P. Cornejo, “Depósitos minerales no metálicos del Ecuador,” *Escuela Politécnica Nacional*, no. June. p. 37, 2017. doi: 10.13140/RG.2.2.24008.11523.
- [12] A. K. Arshad, E. Shaffie, F. Ismail, W. Hashim, and Z. Abd Rahman, “Evaluation of subbase materials for mechanistic pavement design,” *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 504–512, 2018.

- [13] M. Aliaga Arquí, “Análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10% Huancayo 2017,” UNIVERSIDAD PERUANA DE LOS ANDES, 2017.
- [14] C. M. P. Q. Mateo Gabriel Machado Cordero, “Caracterización de las fuentes de materiales más utilizadas en el Azuay, enfocado hacia su empleo para subbase, base y capas de rodadura,” UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2023.
- [15] A. E. Aldas Ramos, “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS: ‘KUMUCHI’, ‘LOS MUELLES’ Y ‘CANTERA EL SALVADOR’ DEL CANTÓN AMBATO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2023.
- [16] P. DE CHIMBORAZO, “Plan De Desarrollo Vial Integral De La Provincia De Chimborazo,” no. July, pp. 1–180, 2019.
- [17] ASOBANCA, “Guíade Minas Y Canteras De Material Pétreo,” *Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos*, p. 64, 2022.
- [18] B. Carranza Morales Juan Franklin Br Paredes Quintana Reynaldo Alvarino Asesor and M. Ing Marín Bardales Noé, ““EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LOS AGREGADOS PRODUCIDOS POR LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE CHICLAYO PARA FINES DE OBRAS VIALES’ PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL,” 2018.
- [19] O.-T. C. Cu, “Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles.,” 2019, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007002>
- [20] ASTM D2216-10, “Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass 1,” pp. 1–7, 2017.
- [21] W. Á. Gutiérrez Rodríguez, “Análisis comparativo de las técnicas de laboratorio para determinar los límites de Atterberg en suelos de la ciudad de Oruro – Bolivia,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 4, pp. 7289–7312, Sep. 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i4.7475.

- [22] K. D. Ribeiro and L. K. Souza, “LÍMITES DE ATTERBERG E SUA CORRELAÇÃO COM A GRANULOMETRIA E MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS,” 2018.
- [23] INEN 691/692, “Determinación del límite líquido de suelos,” pp. 1–10, 2019.
- [24] L. Dorador, “Una Revisión de la Metodología de Granulometría Paralela o Escalamiento de Curvas Homotéticas aplicado a la Caracterización Geotécnica de Materiales Granulares Gruesos,” 2018. [Online]. Available: www.congresosochige.cl
- [25] ASTM C136/136M-19, “Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates 1,” 2019. [Online]. Available: www.astm.org,
- [26] I. Rosa, H. Llique, M. Asesor, I. Orlando, and A. Aliaga, “Palomino Saldaña; Yelsin Edilberto ii APROBACIÓN DE LA TESIS ‘INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016.’”
- [27] ASTM D1883-21, “Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils 1,” 2021, doi: 10.1520/D1883-21.
- [28] ASTM D1557-12, “Métodos de Ensayo Normalizado para Las Características de Compactación de Suelos en Laboratorio Usando Una Energía Modificada (56,000 Pie-lbf/Pie³ (2,700 kN-m/m³))1,” 2012, doi: 10.1520/D1557-12.Edición.
- [29] NTE INEN 0863, “NTE INEN 0863: Áridos. Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio,” 2011.
- [30] C131/C131M – 20, “Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine 1”, doi: 10.1520/C0131_C0131M-20.
- [31] ASTM D5821-13, “Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate 1,” 2015, doi: 10.1520/D5821-13.
- [32] Ministerio de Obras Públicas, “ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES,” 2002.

ANEXOS

ANEXO 1: Contenido de humedad

CANTERA EXPLENDOR

NORMA: (ASTM D2216-19)				
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”			
MINA		EXPLENDOR		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E,9818906.00 m S).	
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas			
Contenido de humedad (W%)				
Tipo de material	Agregado Fino		Agregado grueso	
Nº Recipiente	F	H	M	N
Masa suelo humedo + recipiente (gr)	114.2	108.7	539.75	569.25
Masa de suelo seco + recipiente (gr)	107.3	102.3	537.25	565.75
Masa recipiente (gr)	3	3	10	10
Masa de agua Ww (gr)	6.9	6.4	2.5	3.5
Masa suelo seco Ws (gr)	104.3	99.3	527.25	555.75
Contenido de humedad (W%)	6.62%	6.45%	0.47%	0.63%
W Promedio (%)	6.53%		0.55%	
Ing. Byron López		Ing. Fabiana Cunalata		
TÉCNICO DE LABORATORIO		AUXILIAR DE LABORATORIO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar				

CANTERA PONDEROSA

NORMA: (ASTM D2216-19)				
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”			
MINA		PONDEROSA		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E, 9817641.00 m S).	
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas			
Contenido de humedad (W%)				
Tipo de material	Agregado Fino		Agregado grueso	
Nº Recipiente	F	H	M	N
Masa suelo humedo + recipiente (gr)	125.9	109.8	547.04	517.6
Masa de suelo seco + recipiente (gr)	119.8	104.6	543.84	514.88
Masa recipiente (gr)	10	9.9	81.12	77.44
Masa de agua Ww (gr)	6.1	5.2	3.2	2.72
Masa suelo seco Ws (gr)	109.8	94.7	462.72	437.44
Contenido de humedad (W%)	5.56%	5.49%	0.69%	0.62%
W Promedio (%)	5.52%		0.66%	
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar				

CANTERA TIERRA PROMETIDA

NORMA: (ASTM D2216-19)				
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”			
MINA		TIERRA PROMETIDA		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E,9815327.00 m S).	
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas			
Contenido de humedad (W%)				
Tipo de material	Agregado Fino		Agregado grueso	
Nº Recipiente	F	H	M	N
Masa suelo humedo + recipiente (gr)	107.7	104.28	514.08	556.58
Masa de suelo seco + recipiente (gr)	101.7	98.12	513.4	555.9
Masa recipiente (gr)	10.1	8.14	85	89.08
Masa de agua Ww (gr)	6	6.16	0.68	0.68
Masa suelo seco Ws (gr)	91.6	89.98	428.4	466.82
Contenido de humedad (W%)	6.55%	6.85%	0.16%	0.15%
W Promedio (%)	6.70%		0.15%	
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar				

ANEXO 2: Límites de Atterberg

CANTERA EXPLENDOR

- Base clase 1 Tipo B

NORMA: INEN(691/692)												
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"											
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E, 9818906.00 m S).									
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas											
Muestra:	Base Clase 1 Tipo B	MINA	EXPLENDOR									
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE												
Nº Golpes	# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	% W prom						
7	P1	11.20	19.900	18.300	22.54	22.806						
	P2	11.90	18.300	17.100	23.08							
17	P3	11.30	16.900	16.000	19.15	19.098						
	P4	11.60	16.600	15.800	19.05							
29	P5	10.90	20.210	18.700	19.36	17.888						
	P6	11.10	18.900	17.800	16.42							
-	-	-	-	-	-	-						
-	-	-	-	-	-	-						
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Número de golpes</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido Ll%</td> <td>18.15</td> </tr> </table>							Número de golpes	25	Límite Líquido Ll%	18.15		
Número de golpes	25											
Límite Líquido Ll%	18.15											
LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE) $y = -3.533 \ln(x) + 29.524$ Contenido de Humedad % Número de golpes												
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP												
# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	LP							
41	6.000	7.340	7.120	19.64	20.04							
A1	6.100	7.430	7.200	20.91								
A2	6.200	7.610	7.380	19.49								
G1	6.200	7.530	7.310	19.82								
A5	6.000	6.710	6.590	20.34								
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO Ll%</td> <td>18.15</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO Lp%</td> <td>20.04</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%</td> <td>NP</td> </tr> </table>							LÍMITE LÍQUIDO Ll%	18.15	LÍMITE PLÁSTICO Lp%	20.04	ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP
LÍMITE LÍQUIDO Ll%	18.15											
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	20.04											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP											
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar												

- Subbase Clase 2

NORMA: INEN(691/692)												
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"											
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E,9818906.00 m S).									
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas											
Muestra:	Subbase Clase 2	MINA	EXPLENDOR									
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE												
Nº Golpes	# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	% W prom						
3	P1	3.00	7.600	6.910	17.65	25.122						
	P2	3.00	7.800	6.620	32.60							
18	P3	3.00	7.100	6.340	22.75	23.877						
	P4	3.00	7.000	6.200	25.00							
27	P5	3.00	6.600	5.900	24.14	22.783						
	P6	3.00	6.400	5.800	21.43							
-	-	-	-	-	-	-						
	-	-	-	-	-							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Número de golpes</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido LI%</td> <td style="text-align: center;">23.18</td> </tr> </table>							Número de golpes	25	Límite Líquido LI%	23.18		
Número de golpes	25											
Límite Líquido LI%	23.18											
LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE) $y = -0.952\ln(x) + 26.24$												
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP												
# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	LP							
41	1.600	3.000	2.700	27.27	27.16							
A1	1.600	3.100	2.800	25.00								
A2	1.800	3.200	2.900	27.27								
61	1.800	3.200	2.900	27.27								
A5	1.800	3.090	2.800	29.00								
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO LI%</td> <td style="text-align: center;">23.18</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO Lp%</td> <td style="text-align: center;">27.16</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </table>							LÍMITE LÍQUIDO LI%	23.18	LÍMITE PLÁSTICO Lp%	27.16	ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP
LÍMITE LÍQUIDO LI%	23.18											
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	27.16											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP											
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar												

CANTERA PONDEROSA

- Base clase 1 Tipo B

NORMA: INEN (691/692)												
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"											
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E, 9817641.00 m S).									
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas											
Muestra:	Base Clase 1 Tipo B	MINA	PONDEROSA									
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE												
Nº Golpes	# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	% W prom						
9	1	11.30	20.700	19.300	17.50	18.339						
	8	17.60	26.300	24.900	19.18							
23	2A	11.10	19.100	17.900	17.65	17.851						
	47	11.00	19.500	18.200	18.06							
29	65	10.80	20.200	18.900	16.05	16.486						
	5	11.00	18.600	17.500	16.92							
-	-	-	-	-	-	-						
	-	-	-	-	-							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Número de golpes</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido Ll%</td> <td>17.15</td> </tr> </table>		Número de golpes	25	Límite Líquido Ll%	17.15	LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE) $y = -1.277\ln(x) + 21.263$ Contenido de Humedad % Número de golpes						
Número de golpes	25											
Límite Líquido Ll%	17.15											
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP												
# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	LP							
41	6.300	7.600	7.400	18.18	18.12							
A1	6.100	7.610	7.390	17.05								
A2	6.190	7.710	7.470	18.75								
61	6.200	7.540	7.320	19.64								
A5	6.120	7.500	7.300	16.95								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO Ll%</td> <td>17.15</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO Lp%</td> <td>18.12</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%</td> <td>NP</td> </tr> </table>		LÍMITE LÍQUIDO Ll%	17.15	LÍMITE PLÁSTICO Lp%	18.12	ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP					
LÍMITE LÍQUIDO Ll%	17.15											
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	18.12											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP											
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar												

- Subbase Clase 2

NORMA: INEN(691/692)						
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E,9817641.00 m S).			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas					
Muestra:	Subbase Clase 2	MINA	PONDEROSA			
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE						
N° Golpes	# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	% W prom
3	25I	10.95	22.100	20.400	17.99	17.905
	65	10.96	22.200	20.500	17.82	
18	37	12.80	23.200	21.700	16.85	16.239
	73	11.20	22.300	20.800	15.63	
27	42	11.80	23.600	21.900	16.83	15.393
	5	17.80	27.600	26.400	13.95	
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

Número de golpes	25
Límite Líquido Ll%	15.66

LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE) $y = -1.078\ln(x) + 19.131$

The graph plots 'Contento de Humedad %' on the y-axis (ranging from 14 to 19) against 'Número de golpes' on the x-axis (logarithmic scale with markers at 1, 5, and 25). A blue line represents the best-fit curve $y = -1.078\ln(x) + 19.131$. Data points are plotted for 3, 18, and 27 blows. A red dot on the curve at 25 blows indicates the Liquid Limit (Ll%) of 15.66%.

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP					
# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	LP
58	6.000	7.420	7.200	18.33	17.71
35	6.100	7.100	6.960	16.28	
51	6.100	7.500	7.300	16.67	
10	6.230	7.400	7.220	18.18	
41	6.000	7.310	7.100	19.09	

LÍMITE LÍQUIDO Ll%	15.66
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	17.71
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Fabiana Cunalata
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

CANTERA TIERRA PROMETIDA

- Base clase 1 Tipo B

NORMA: INEN(691/692)												
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"											
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E, 9815327.00 m S).									
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas											
Muestra:	Base Clase 1 Tipo B	MINA	Tierra Prometida									
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE												
Nº Golpes	# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	% W prom						
4	16	11.20	17.600	16.700	16.36	16.836						
	42	11.90	18.000	17.100	17.31							
17	79	11.30	16.200	15.500	16.67	15.942						
	63	11.60	16.900	16.200	15.22							
28	251	10.90	15.500	15.000	12.20	12.050						
	21	11.20	15.900	15.400	11.90							
-	-	-	-	-	-	-						
-	-	-	-	-	-	-						
<table border="1" style="margin: 10px auto; width: 60%;"> <tr> <td>Número de golpes</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido Ll%</td> <td>13.51</td> </tr> </table> LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE) $y = -2.047\ln(x) + 20.096$							Número de golpes	25	Límite Líquido Ll%	13.51		
Número de golpes	25											
Límite Líquido Ll%	13.51											
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP												
# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	LP							
24	7.400	8.700	8.540	14.04	14.62							
60	6.100	7.860	7.650	13.55								
58	6.100	7.150	7.000	16.67								
16	7.300	8.880	8.670	15.33								
2	6.000	7.260	7.110	13.51								
<table border="1" style="margin: 10px auto; width: 60%;"> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO Ll%</td> <td>13.51</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO Lp%</td> <td>14.62</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%</td> <td>NP</td> </tr> </table>							LÍMITE LÍQUIDO Ll%	13.51	LÍMITE PLÁSTICO Lp%	14.62	ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP
LÍMITE LÍQUIDO Ll%	13.51											
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	14.62											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP											
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar												

- Subbase Clase 2

NORMA: INEN(691/692)						
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E, 9815327.00 m S).			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas					
Muestra:	Subbase Clase 2	MINA	TIERRA PROMETIDA			
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE						
Nº Golpes	# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	% W prom
5	3A	11.30	21.200	19.700	17.86	17.262
	7A	11.30	23.200	21.500	16.67	
17	38	11.80	23.300	21.600	17.35	16.397
	A2	1.70	15.900	14.000	15.45	
28	30	1.90	14.300	12.800	13.76	14.024
	33	1.90	16.300	14.500	14.29	
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

Número de golpes	25
Límite Líquido Ll%	14.85

LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE) $y = -1.659\ln(x) + 20.194$

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP					
# Caps	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% Wnat	LP
61	6.130	7.610	7.410	15.63	14.86
71	6.200	7.900	7.670	15.65	
55	6.100	7.800	7.600	13.33	
A1	6.000	7.810	7.580	14.56	
9A	6.000	7.900	7.650	15.15	

LÍMITE LÍQUIDO Ll%	14.85
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	14.86
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	NP

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

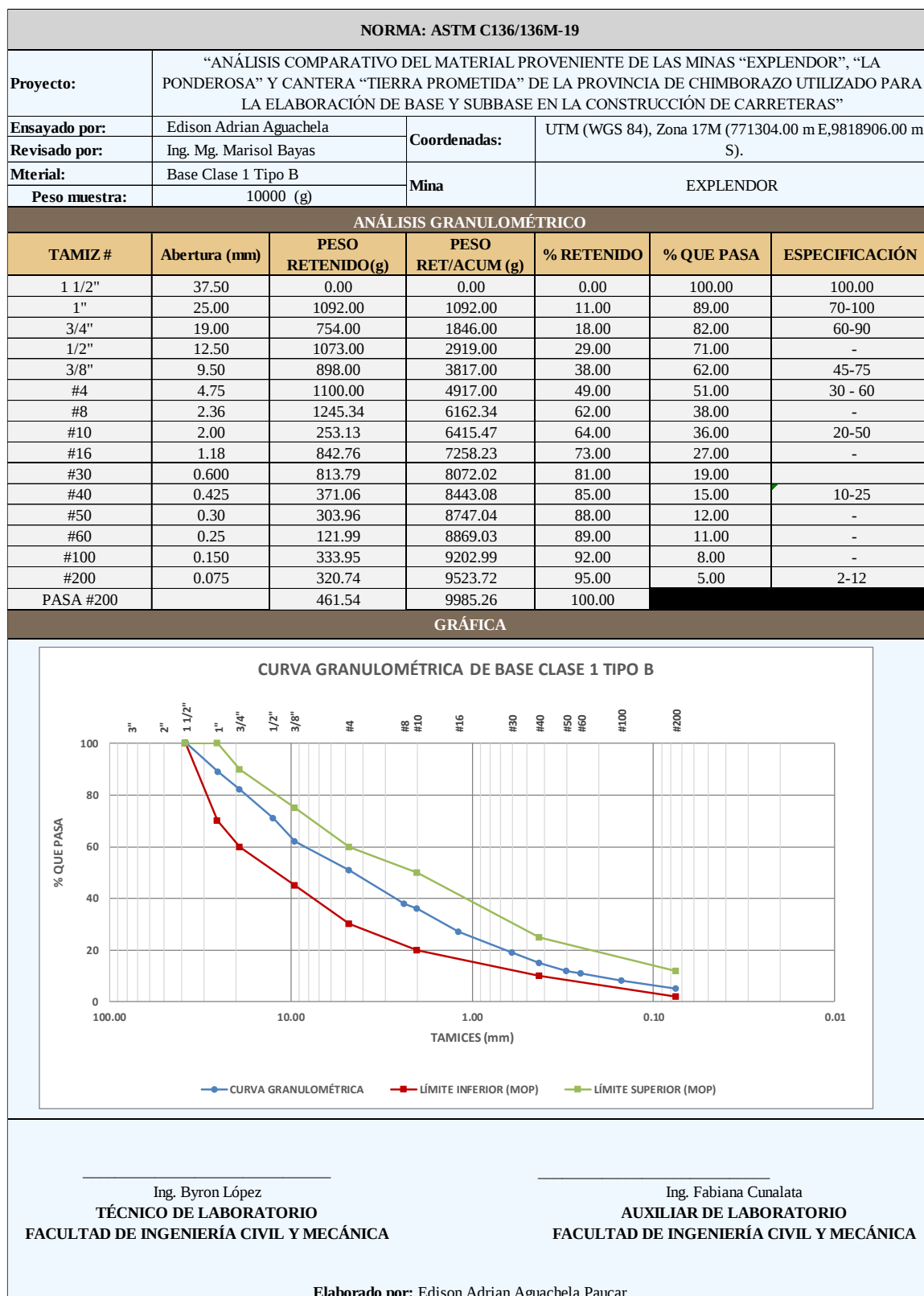
Ing. Fabiana Cunalata
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

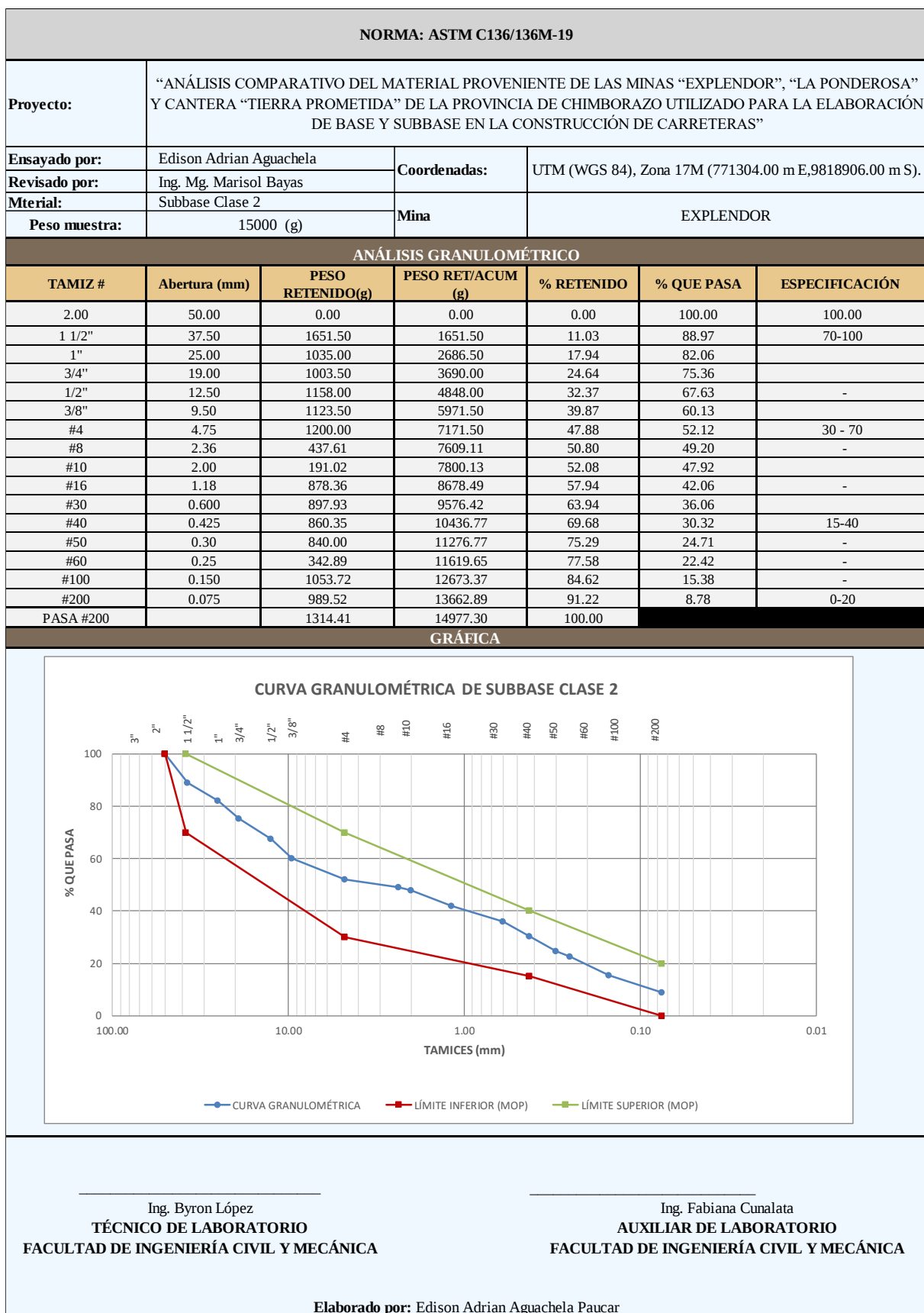
ANEXO 3: Granulometría

CANTERA EXPLENDOR

- Base clase 1 Tipo B



- Subbase Clase 2



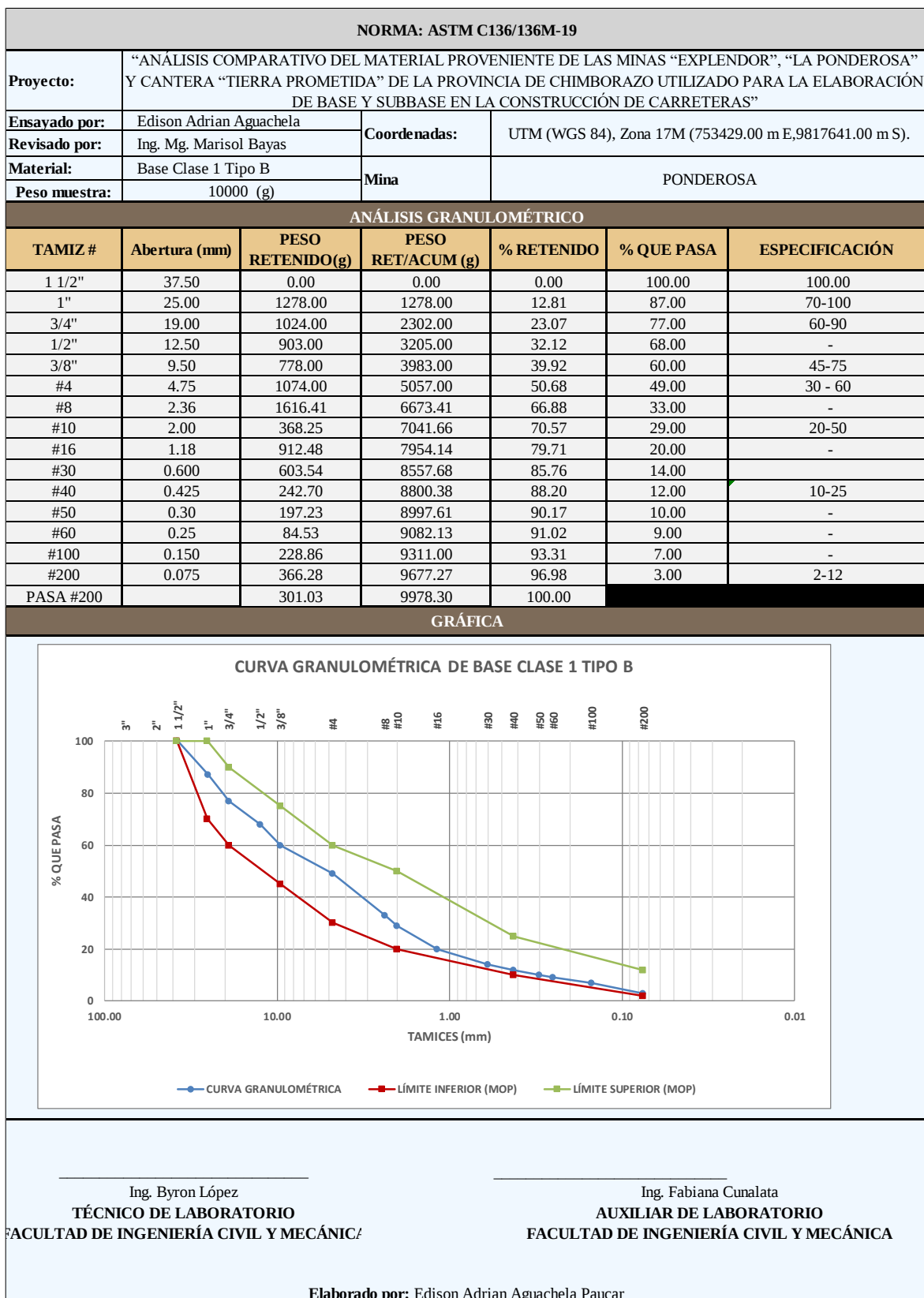
Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Fabiana Cunalata
AUXILIAR DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

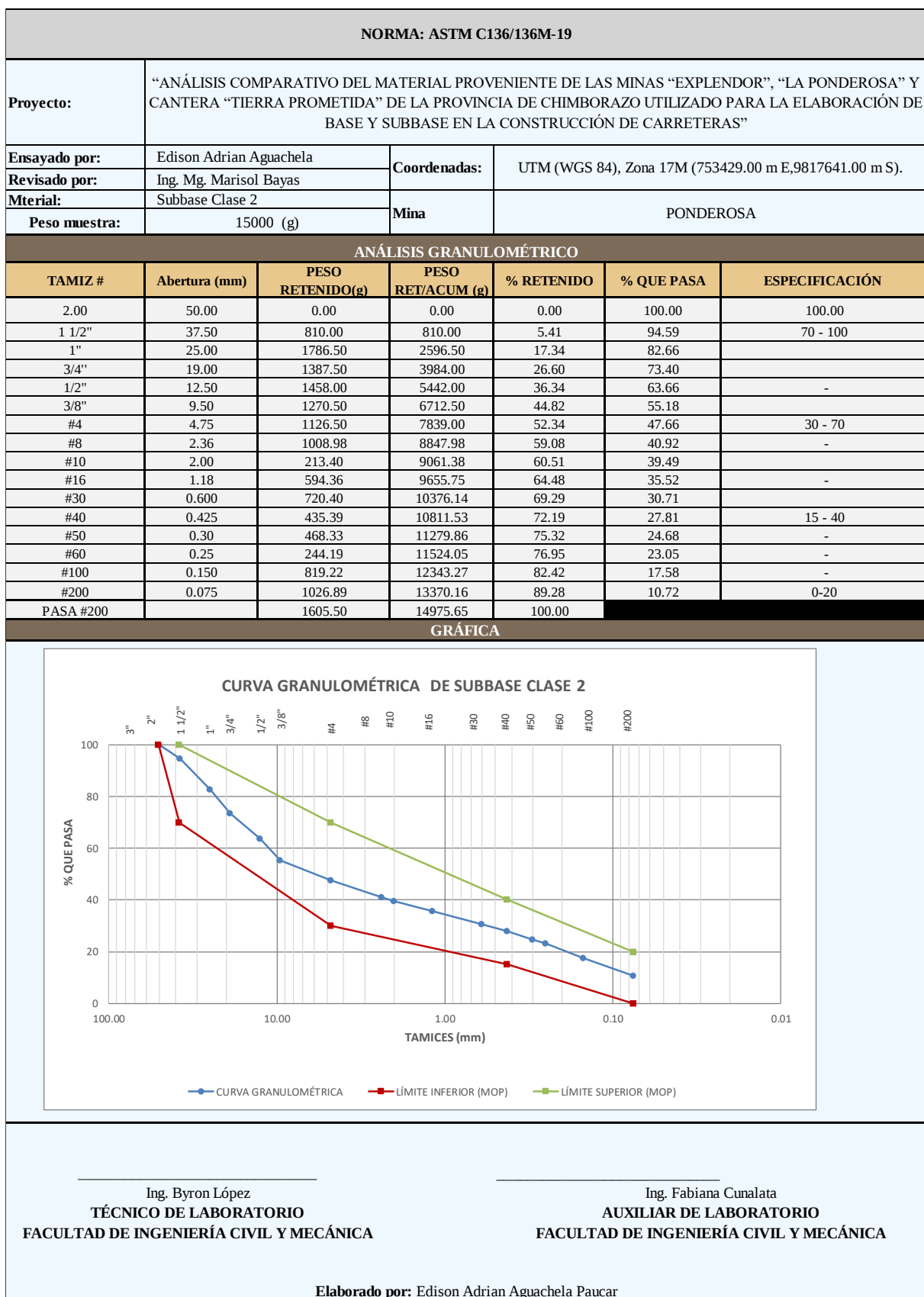
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

CANTERA PONDEROSA

- Base clase 1 Tipo B

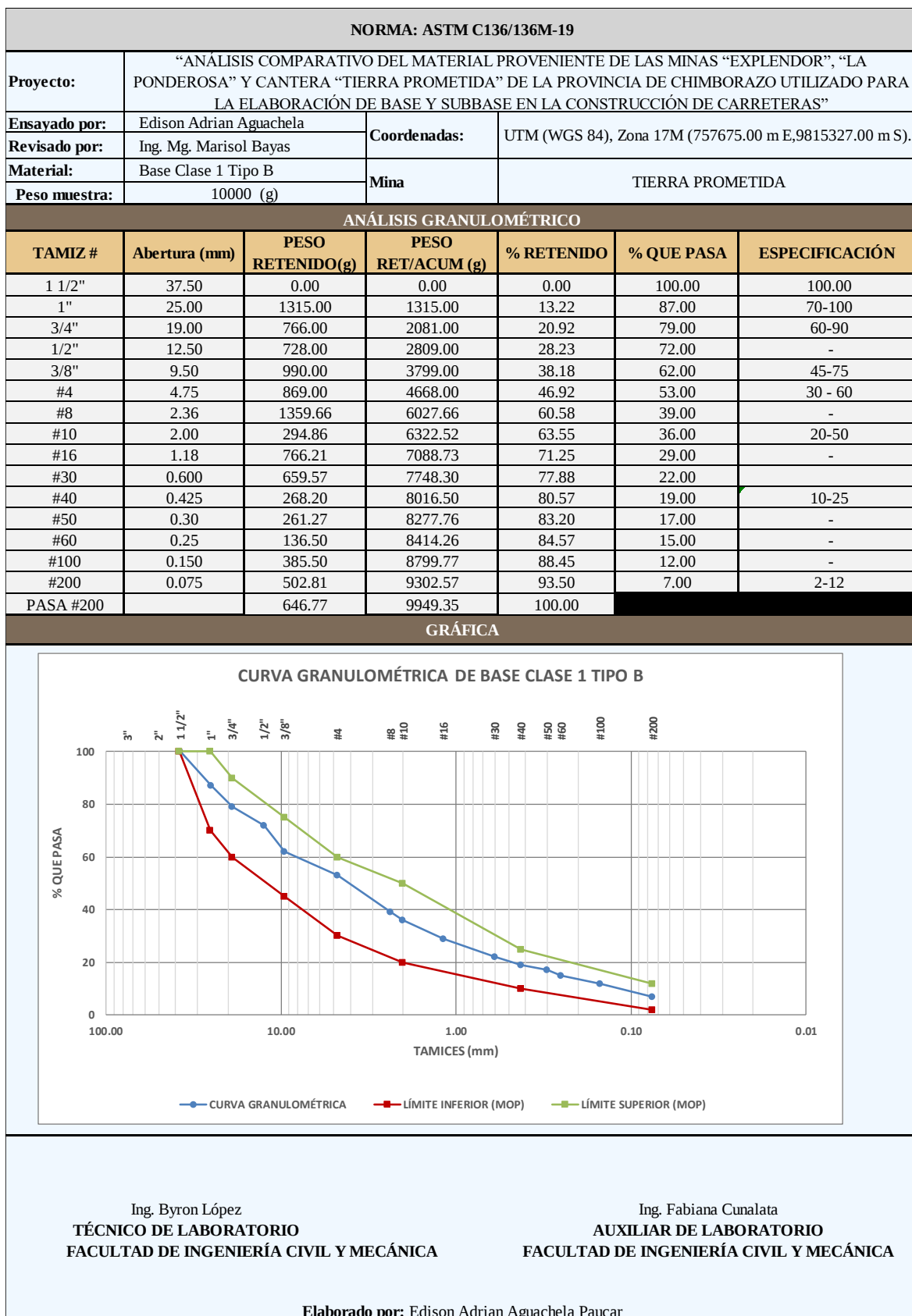


- Subbase Clase 2

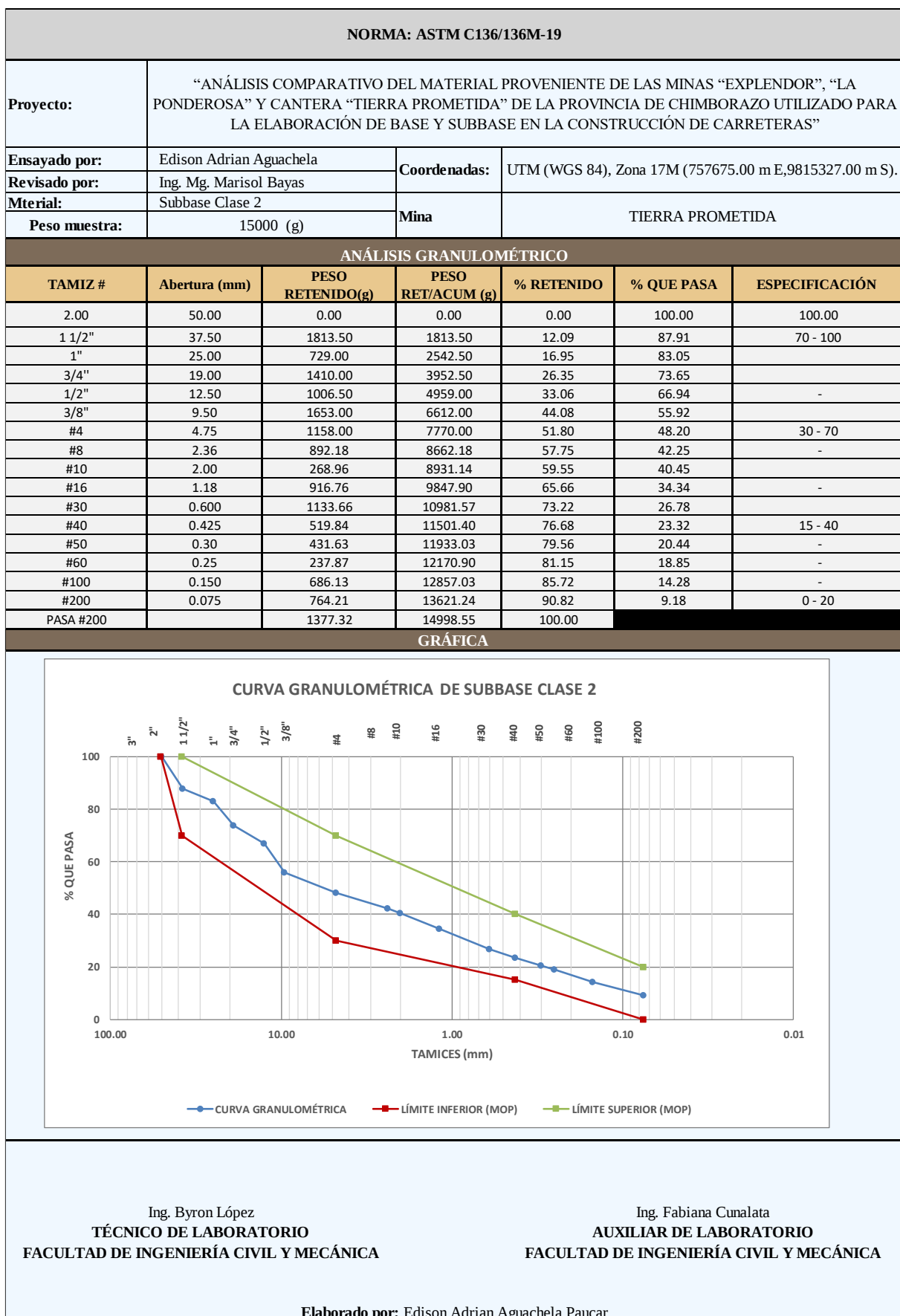


CANTERA TIERRA PROMETIDA

- Base clase 1 Tipo B



- Subbase Clase 2



ANEXO 4: Proctor modificado

CANTERA EXPLENDOR

- Base clase 1 Tipo B

NORMA: (ASTM D1557-12)								
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”							
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela Paucar	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E, 9818906.00 m S).					
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material	Base Clase 1 Tipo B	Mina	Explendor					
PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56	N° capas:	5	P. martillo:	10 lb			
Altura de caída:	18" o 1.5 ft	P. molde:	15347 gr	Vol. Molde:	2208.93 cm ³			
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³	Diámetro:	15.00 cm	Altura:	12.50 cm			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	4	6	8	10				
Peso inicial (gr)	6000	6000	6000	6000				
Suelo húmedo + molde (gr)	19956	20203	20531	20521				
Masa Molde (gr)	15347	15347	15347	15347				
Masa suelo húmedo (gr)	4609	4856	5184	5174				
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	2.087	2.198	2.347	2.342				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Masa del recipiente	3.10	3.10	3.10	3.00	3.00	3.00	3.00	3.10
Masa suelo hum+recipiente (gr)	132.90	142.90	125.10	140.70	146.90	160.30	122.70	130.90
Masa suelo seco+recipiente (gr)	127.70	137.60	118.70	132.40	134.90	150.50	109.70	121.60
Masa del agua (gr)	5.20	5.30	6.40	8.30	12.00	9.80	13.00	9.30
Masa suelo seco (gr)	124.6	134.5	115.6	129.4	131.9	147.5	106.7	118.5
Contenido de agua en (%)	4.17	3.94	5.54	6.41	9.10	6.64	12.18	7.85
w (%) Promedio	4.06		5.98		7.87		10.02	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	2.005		2.074		2.176		2.129	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Densidad Seca Maxima		2.189 gr/cm ³		Humedad Óptima		8.6 %		
CURVA DE COMPACTACIÓN								
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

- Subbase clase 2

NORMA: (ASTM D1557-12)								
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"							
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela Paucar	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E, 9818906.00 m S).					
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material	Subbase Clase 2	Mina	Explendor					
PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Nº capas:	5	P. martillo:	10 lb			
Altura de caída:	18" o 1.5 ft	P. molde:	15347 gr	Vol. Molde:	2208.93 cm ³			
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³	Diámetro:	15.00 cm	Altura:	12.50 cm			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	4	6	8	10				
Peso inicial (gr)	6000	6000	6000	6000				
Suelo húmedo + molde (gr)	19809	20068	20307	20275				
Masa Molde (gr)	15347	15347	15347	15347				
Masa suelo húmedo (gr)	4462	4721	4960	4928				
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	2.020	2.137	2.245	2.231				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente Nº	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Masa del recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Masa suelo hum+recipiente (gr)	106.30	119.50	127.80	106.00	133.00	146.40	139.70	135.70
Masa suelo seco+recipiente (gr)	102.00	115.10	120.30	99.50	122.80	135.40	123.30	125.60
Masa del agua (gr)	4.30	4.40	7.50	6.50	10.20	11.00	16.40	10.10
Masa suelo seco (gr)	98.9	112	117.2	96.4	119.7	132.3	120.2	122.5
Contenido de agua en (%)	4.35	3.93	6.40	6.74	8.52	8.31	13.64	8.24
w (%) Promedio	4.14		6.57		8.42		10.94	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.940		2.005		2.071		2.011	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Densidad Seca Maxima		2.079 gr/cm ³		Humedad Óptima		9.2 %		
CURVA DE COMPACTACIÓN								
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

CANTERA PONDEROSA

- **Base clase 1 Tipo B**

NORMA: (ASTM D1557-12)											
Proyecto:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"									
Ensayado por:		Edison Adrian Aguachela Paucar		Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E,9817641.00 m S).						
Revisado por:		Ing. Mg. Marisol Bayas									
Material		Base Clase 1 Tipo B		Mina	Ponderosa.						
PROCTOR MODIFICADO											
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO											
Nº de Golpes:	56	Nº capas:	5	P. martillo:	10 lb						
Altura de caída:	18" o 1.5 ft	P. molde:	13166 gr	Vol. Molde:	2297.29 cm3						
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3	Diámetro:	15.00 cm	Altura:	13.00 cm						
PROCESO DE COMPACTACIÓN											
Ensayo número	1	2	3	4							
Humedad inicial añadida en %	4	6	8	10							
Peso inicial (gr)	6000	6000	6000	6000							
Suelo húmedo + molde (gr)	17927	18279	18440	18429							
Masa Molde (gr)	13166	13166	13166	13166							
Masa suelo humedo (gr)	4761	5113	5274	5263							
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	2.072	2.226	2.296	2.291							
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Recipiente Nº	C1	C2	C5	C6	C7	C8	C4	C3			
Masa del recipiente	1.80	2.00	3.50	3.40	3.30	3.30	3.50	1.80			
Masa suelo hum+recipiente (gr)	131.70	141.30	97.00	92.50	101.30	114.00	112.70	126.00			
Masa suelo seco+recipiente (gr)	126.90	136.40	92.20	87.40	93.90	106.40	102.50	116.30			
Masa del agua (gr)	4.80	4.90	4.80	5.10	7.40	7.60	10.20	9.70			
Masa suelo seco (gr)	125.1	134.4	88.7	84	90.6	103.1	99	114.5			
Contenido de agua en (%)	3.84	3.65	5.41	6.07	8.17	7.37	10.30	8.47			
w (%) Promedio	3.74		5.74		7.77		9.39				
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.998		2.105		2.130		2.094				
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA											
Densidad Seca Maxima			2.132 gr/cm3			Humedad Óptima			7.4 %		
CURVA DE COMPACTACIÓN											
Ing. Byron López						Ing. Fabiana Cunalata					
TÉCNICO DE LABORATORIO						AUXILIAR DE LABORATORIO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar											

- Subbase clase 2

NORMA: (ASTM D1557-12)											
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"										
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela Paucar	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E, 9817641.00 m S).								
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas										
Material	Subbase Clase 2	Mina	Ponderosa.								
PROCTOR MODIFICADO											
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO											
N° de Golpes:	56	N° capas:	5	P. martillo:	10 lb						
Altura de caída:	18" o 1.5 ft	P. molde:	13166 gr	Vol. Molde:	2297.29 cm ³						
Energía de compactación:	55986 lb/ft ³	Diámetro:	15.00 cm	Altura:	13.00 cm						
PROCESO DE COMPACTACIÓN											
Ensayo número	1	2	3	4							
Humedad inicial añadida en %	4	6	8	10							
Peso inicial (gr)	6000	6000	6000	6000							
Suelo húmedo + molde (gr)	17910	18196	18440	18520							
Masa Molde (gr)	13166	13166	13166	13166							
Masa suelo húmedo (gr)	4744	5030	5274	5354							
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	2.065	2.190	2.296	2.331							
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			
Masa del recipiente	3.50	3.50	3.50	3.40	3.40	3.60	3.40	3.30			
Masa suelo hum+recipiente (gr)	98.30	121.60	93.60	78.10	94.40	86.30	115.90	165.40			
Masa suelo seco+recipiente (gr)	94.89	118.78	88.70	73.90	88.00	78.90	105.10	147.69			
Masa del agua (gr)	3.41	2.82	4.90	4.20	6.40	7.40	10.80	17.71			
Masa suelo seco (gr)	91.39	115.28	85.2	70.5	84.6	75.3	101.7	144.39			
Contenido de agua en (%)	3.73	2.45	5.75	5.96	7.57	9.83	10.62	12.27			
w (%) Promedio	3.09		5.85		8.70		11.44				
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	2.003		2.068		2.112		2.091				
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA											
Densidad Seca Maxima			2.116 gr/cm ³			Humedad Óptima			9.6 %		
CURVA DE COMPACTACIÓN											
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar											

Cantera Tierra Prometida

- **Base clase 1 Tipo B**

NORMA: (ASTM D1557-12)																							
Proyecto:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"																					
Ensayado por:		Edison Adrian Aguachela Paucar		Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E,9815327.00 m S).																		
Revisado por:		Ing. Mg. Marisol Bayas																					
Material		Base Clase 1 Tipo B		Mina	Tierra Prometida																		
PROCTOR MODIFICADO																							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO																							
N° de Golpes:	56	N° capas:	5	P. martillo:	10 lb																		
Altura de caída:	18" o 1.5 ft	P. molde:	13166 gr	Vol. Molde:	2297.29 cm3																		
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3	Diámetro:	15.00 cm	Altura:	13.00 cm																		
PROCESO DE COMPACTACIÓN																							
Ensayo número	1	2	3	4																			
Humedad inicial añadida en %	4	6	8	10																			
Peso inicial (gr)	6000	6000	6000	6000																			
Suelo húmedo + molde (gr)	18068	18245	18530	18518																			
Masa Molde (gr)	13166	13166	13166	13166																			
Masa suelo humedo (gr)	4902	5079	5364	5352																			
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	2.134	2.211	2.335	2.330																			
CONTENIDO DE HUMEDAD																							
Recipiente N°	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8															
Masa del recipiente	2.00	1.90	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.90															
Masa suelo hum+recipiente (gr)	135.10	130.80	117.40	124.50	112.90	123.50	199.20	139.40															
Masa suelo seco+recipiente (gr)	129.50	125.70	110.50	118.10	103.90	115.40	178.60	128.70															
Masa del agua (gr)	5.60	5.10	6.90	6.40	9.00	8.10	20.60	10.70															
Masa suelo seco (gr)	127.5	123.8	108.5	116.1	101.9	113.4	176.6	126.8															
Contenido de agua en (%)	4.39	4.12	6.36	5.51	8.83	7.14	11.66	8.44															
w (%) Promedio	4.26		5.94		7.99		10.05																
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	2.047		2.087		2.162		2.117																
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA																							
Densidad Seca Maxima			2.169 gr/cm3			Humedad Óptima			8.7 %														
CURVA DE COMPACTACIÓN <table border="1"><caption>Datos de la Curva de Compactación</caption><thead><tr><th>Contenido de Agua w%</th><th>Peso Específico Seco γd (gr/cm3)</th></tr></thead><tbody><tr><td>4.39</td><td>2.047</td></tr><tr><td>4.12</td><td>2.087</td></tr><tr><td>6.36</td><td>2.162</td></tr><tr><td>5.51</td><td>2.169</td></tr><tr><td>7.14</td><td>2.117</td></tr></tbody></table>												Contenido de Agua w%	Peso Específico Seco γd (gr/cm3)	4.39	2.047	4.12	2.087	6.36	2.162	5.51	2.169	7.14	2.117
Contenido de Agua w%	Peso Específico Seco γd (gr/cm3)																						
4.39	2.047																						
4.12	2.087																						
6.36	2.162																						
5.51	2.169																						
7.14	2.117																						
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																	
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar																							

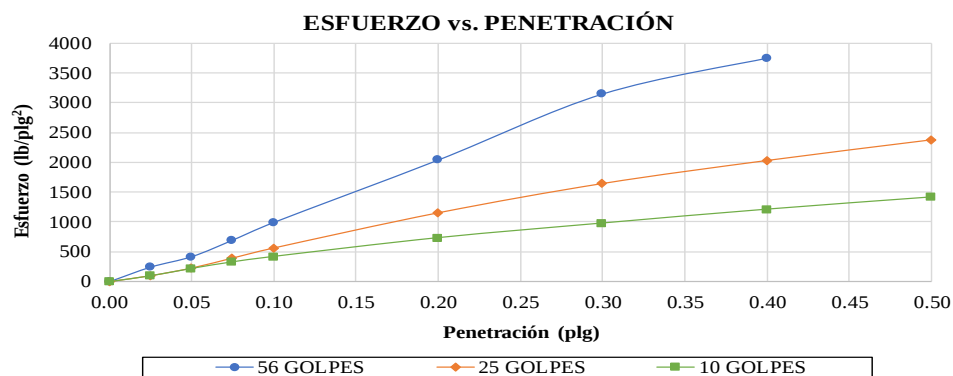
ANEXO 5: (CBR)

CANTERA EXPLENDOR

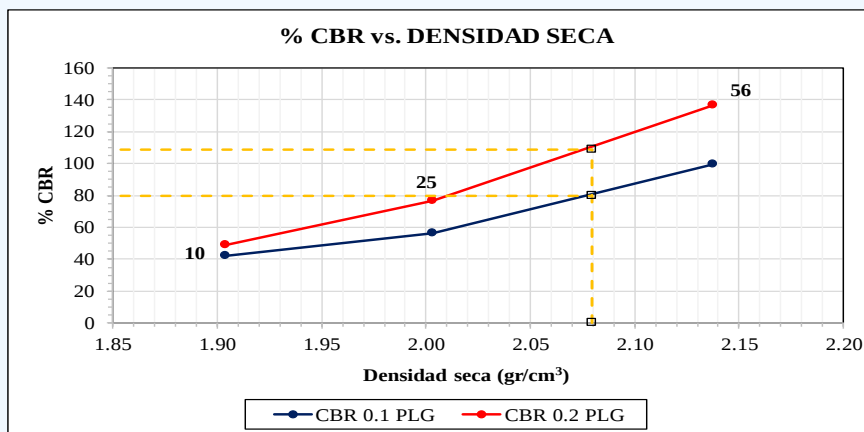
- Base clase 1 Tipo B

NORMA: ASTM D-1883						
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		m E,9818906.00 m S).			
Muestra:	Base Clase 1 Tip B	Mina	Explendor			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		8.60				
MOLDE N°	1	9	17			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	10			
Muestra húmeda + molde (gr)	21853	20105	18106			
Masa Molde (gr)	16606	15294	13451			
Masa Muestra Humeda (gr)	5247	4811	4655			
Volumen Muestra (cm³)	2286.38	2238.48	2274.30			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	2.295	2.149	2.047			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	M1	M2	M3	M4	M5	M5
P. Hum. + Recipiente	106.4	128.8	122.2	108.4	113.7	127.2
P. Seco + Recipiente	99.7	119.7	113.8	101.5	104.8	119.9
Peso Recipiente	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Peso Agua	6.70	9.10	8.40	6.90	8.90	7.30
Peso de Sólidos	96.70	116.70	110.80	98.50	101.80	116.90
Contenido Humedad %	6.93	7.80	7.58	7.01	8.74	6.24
Con. Hum. Prom. %	7.36		7.29		7.49	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	2.138		2.003		1.904	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14771		13188		11248	
Masa Molde (gr)	9569		8257		6414	
Masa Muestra Humeda (gr)	5202		4931		4834	
Volumen Muestra (cm3)	2286.38		2238.48		2274.30	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	2.275		2.203		2.125	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P. Hum. + Recipiente	102.6	131.4	75.2	112	118.9	99.7
P. Seco + Recipiente	95.4	116.6	68.9	96.7	109.1	87.7
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	7.20	14.80	6.30	15.30	9.80	12.00
Peso de Sólidos	92.30	113.50	65.80	93.60	106.00	84.60
Contenido Humedad %	7.80	13.04	9.57	16.35	9.25	14.18
Con. Hum. Prom. %	10.42		12.96		11.71	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		9		17	
N° de golpes	56		25		10	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	730.8	243.6	298	99.3	291	97.0
0.050	1259	419.7	683	227.7	663	221.0
0.075	2098.8	699.6	1189	396.3	993	331.0
0.100	2989	996.3	1693	564.3	1264	421.3
0.200	6134	2044.7	3462	1154.0	2203	734.3
0.300	9460.3	3153.4	4935	1645.0	2936	978.7
0.400	11264.5	3754.8	6093	2031.0	3630	1210.0
0.500			7133	2377.7	4243	1414.3



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	996.33	99.63	2.138	2044.67	136.31	2.138
2	564.33	56.43	2.003	1154.00	76.93	2.003
3	421.33	42.13	1.904	734.33	48.96	1.904



DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
2.189	2.080	80.00	109.00
% CBR Mayor		109.00	

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

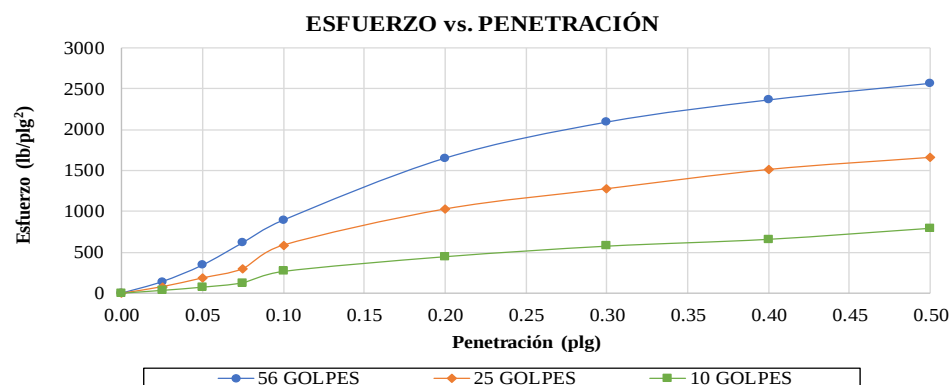
Ing. Christian Frías
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

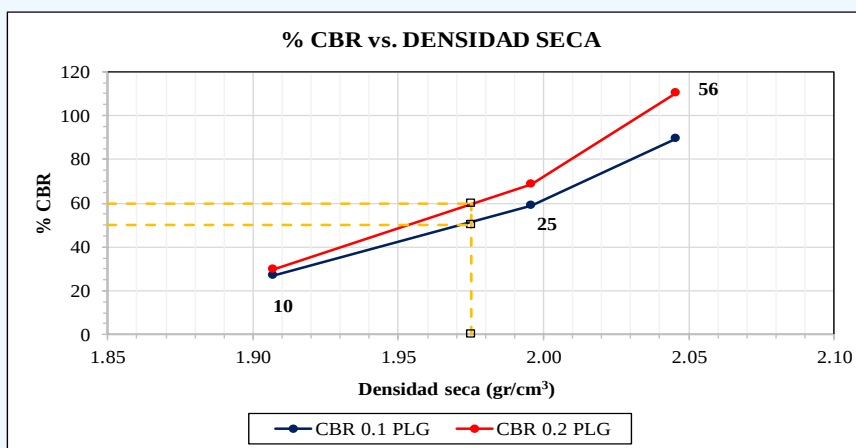
- Subbase clase 2

NORMA: ASTM D-1883						
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		(771304.00 m E,9818906.00 m S).			
ID Muestra:	Subbase Clase 2	Mina	Explendor			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		9.20				
MOLDE N°	4	8	12			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	10			
Muestra húmeda + molde (gr)	21516	20448	20440			
Masa Molde (gr)	16451	15503	15758			
Masa Muestra Humeda (gr)	5065	4945	4682			
Volumen Muestra (cm³)	2268.23	2268.23	2268.23			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	2.233	2.180	2.064			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	E1	E2	E3	E4	E5	E6
P. Hum. + Recipiente	104.8	104.9	96.5	107	104.4	99.9
P. Seco + Recipiente	95.9	96.7	87.2	99.8	96.7	92.5
Peso Recipiente	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Peso Agua	8.90	8.20	9.30	7.20	7.70	7.40
Peso de Sólidos	92.90	93.70	84.20	96.80	93.70	89.50
Contenido Humedad %	9.58	8.75	11.05	7.44	8.22	8.27
Con. Hum. Prom. %	9.17		9.24		8.24	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	2.046		1.996		1.907	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14650		13572		13659	
Masa Molde (gr)	9414		8466		8721	
Masa Muestra Humeda (gr)	5236		5106		4938	
Volumen Muestra (cm3)	2268.23		2268.23		2268.23	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	2.308		2.251		2.177	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	G1	G2	G3	G4	G5	G6
P. Hum. + Recipiente	113.4	106	101.7	105.9	90.1	125.8
P. Seco + Recipiente	103.7	93.8	91.8	92.4	80.3	109.4
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	9.70	12.20	9.90	13.50	9.80	16.40
Peso de Sólidos	100.60	90.70	88.70	89.30	77.20	106.30
Contenido Humedad %	9.64	13.45	11.16	15.12	12.69	15.43
Con. Hum. Prom. %	11.55		13.14		14.06	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	4		8		12	
N° de golpes	56		25		10	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	423	141.0	238	79.3	103	34.3
0.050	1033	344.3	561	187.0	222	74.0
0.075	1858	619.3	903	301.0	386	128.7
0.100	2685	895.0	1766	588.7	803	267.7
0.200	4963	1654.3	3093	1031.0	1346	448.7
0.300	6289	2096.3	3838	1279.3	1736	578.7
0.400	7103	2367.7	4544	1514.7	1989	663.0
0.500	7713	2571.0	4989	1663.0	2396	798.7



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	895.00	89.50	2.046	1654.33	110.29	2.046
2	588.67	58.87	1.996	1031.00	68.73	1.996
3	267.67	26.77	1.907	448.67	29.91	1.907



DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
2.079	1.975	60.00	50.00
% CBR Mayor		60.00	

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Christian Frías
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

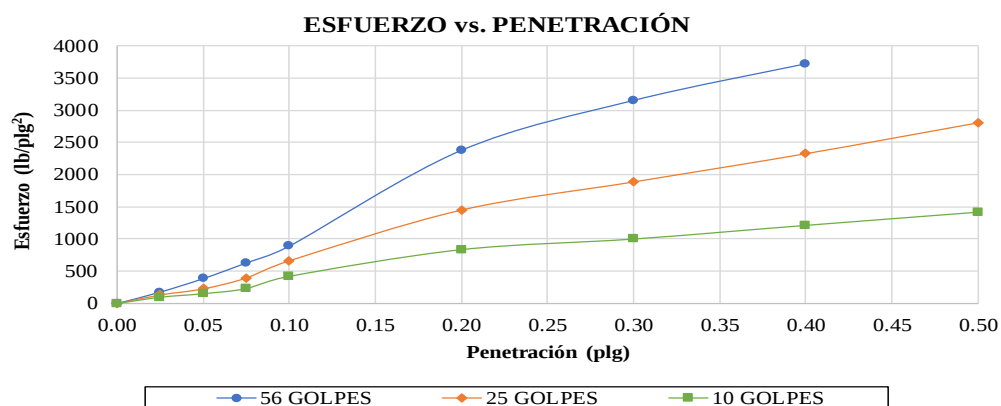
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

CANTERA PONDEROSA

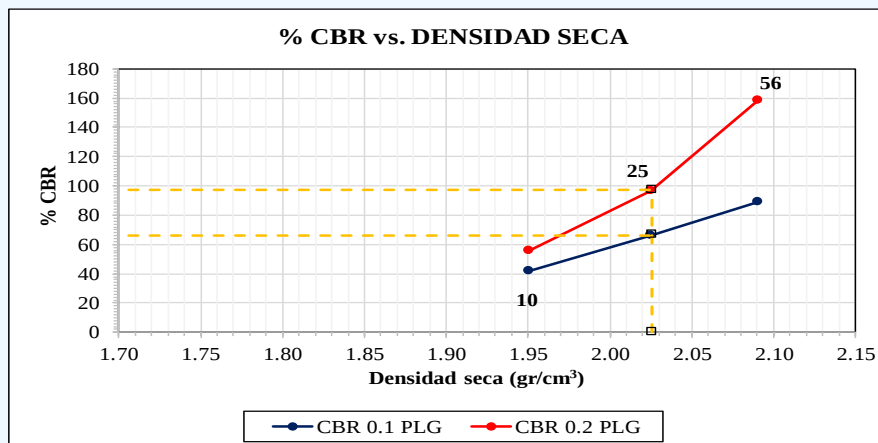
- Base clase 1 Tipo B

NORMA: ASTM D-1883						
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E,9817641.00 m S).			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas					
Muestra:	Base Clase 1 tTipo B	Mina	Ponderosa			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		7.40				
MOLDE N°	9	2	8			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	10			
Muestra húmeda + molde (gr)	21744	20152	18252			
Masa Molde (gr)	16606	15294	13451			
Masa Muestra Humeda (gr)	5138	4858	4801			
Volumen Muestra (cm³)	2286.38	2238.48	2286.38			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	2.247	2.170	2.100			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
P. Hum. + Recipiente	113.8	98.5	129.5	123.4	115.6	89.7
P. Seco + Recipiente	106	91.9	121.1	115.3	108.2	83.1
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	7.80	6.60	8.40	8.10	7.40	6.60
Peso de Sólidos	102.90	88.80	118.00	112.20	105.10	80.00
Contenido Humedad %	7.58	7.43	7.12	7.22	7.04	8.25
Con. Hum. Prom. %	7.51		7.17		7.65	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	2.090		2.025		1.951	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14829		13311		11286	
Masa Molde (gr)	9569		8257		6414	
Masa Muestra Humeda (gr)	5260		5054		4872	
Volumen Muestra (cm3)	2286.38		2238.48		2286.38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	2.301		2.258		2.131	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P. Hum. + Recipiente	117.935	141.162	122.56	139.32	118.59	109.19
P. Seco + Recipiente	108.9	126.8	110.8	124.1	106.4	98.9
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	9.04	14.36	11.76	15.22	12.19	10.29
Peso de Sólidos	105.80	123.70	107.70	121.00	103.30	95.80
Contenido Humedad %	8.54	11.61	10.92	12.58	11.80	10.74
Con. Hum. Prom. %	10.08		11.75		11.27	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		9		17	
N° de golpes	56		25		10	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	530.8	176.9	398	132.7	291	97.0
0.050	1159	386.3	683	227.7	457	152.3
0.075	1889	629.7	1189	396.3	693	231.0
0.100	2671	890.3	1993	664.3	1264	421.3
0.200	7134	2378.0	4362	1454.0	2503	834.3
0.300	9460.3	3153.4	5675	1891.7	2996	998.7
0.400	11164.5	3721.5	6993	2331.0	3630	1210.0
0.500			8433	2811.0	4243	1414.3



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	890.33	89.03	2.090	2378.00	158.53	2.090
2	664.33	66.43	2.025	1454.00	96.93	2.025
3	421.33	42.13	1.951	834.33	55.62	1.951



DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
2.132	2.025	67.00	97.00
% CBR Mayor		97.00	

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

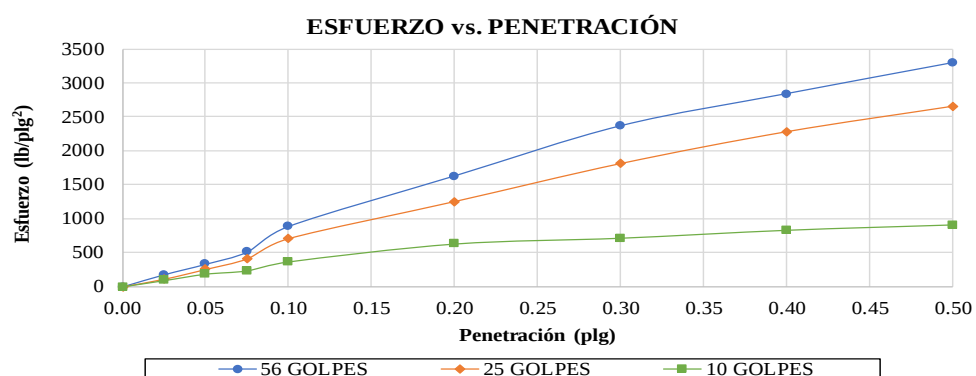
Ing. Christian Frías
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

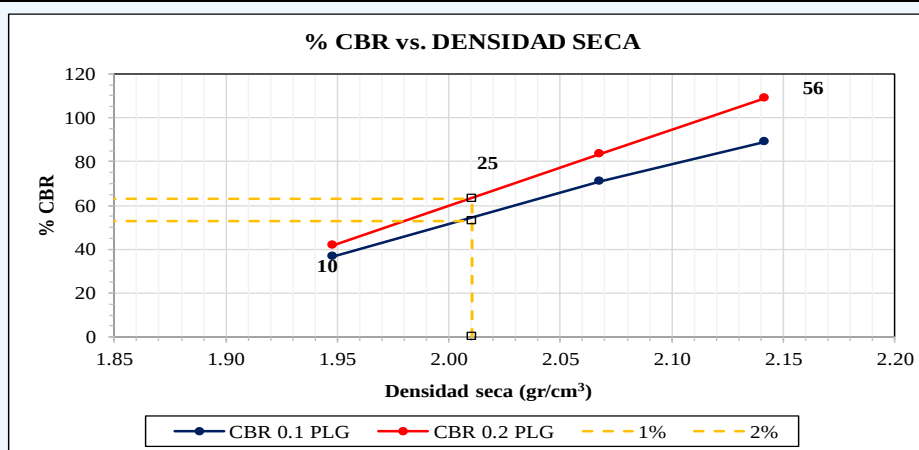
- Subbase clase 2

NORMA: ASTM D-1883						
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E,9817641.00 m S).			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas					
ID Muestra:	Subbase Clase 2	Mina	Ponderosa			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		9.60				
MOLDE N°	1	9	17			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	10			
Muestra húmeda + molde (gr)	21971	20351	18238			
Masa Molde (gr)	16611	15295	13456			
Masa Muestra Humeda (gr)	5360	5056	4782			
Volumen Muestra (cm³)	2286.38	2256.39	2256.39			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	2.344	2.241	2.119			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	J1	J2	J3	J4	J5	J6
P. Hum. + Recipiente	156.3	146.6	133.6	129.3	125.6	138.6
P. Seco + Recipiente	142.4	134.8	123.7	119.4	115.9	127.4
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	13.90	11.80	9.90	9.90	9.70	11.20
Peso de Sólidos	139.30	131.70	120.60	116.30	112.80	124.30
Contenido Humedad %	9.98	8.96	8.21	8.51	8.60	9.01
Con. Hum. Prom. %	9.47		8.36		8.80	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	2.142		2.068		1.948	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14932		13301		11196	
Masa Molde (gr)	9574		8258		6419	
Masa Muestra Humeda (gr)	5358		5043		4777	
Volumen Muestra (cm3)	2286.38		2256.39		2256.39	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	2.343		2.235		2.117	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	E1	E2	E3	E4	E5	E6
P. Hum. + Recipiente	147.5	148.9	139.5	124.5	129.8	148.6
P. Seco + Recipiente	134.2	133.8	129.3	109.8	119.4	128.6
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	13.30	15.10	10.20	14.70	10.40	20.00
Peso de Sólidos	131.10	130.70	126.20	106.70	116.30	125.50
Contenido Humedad %	10.14	11.55	8.08	13.78	8.94	15.94
Con. Hum. Prom. %	10.85		10.93		12.44	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		9		17	
N° de golpes	56		25		10	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	532	177.3	334	111.3	273	91.0
0.050	993	331.0	765	255.0	556	185.3
0.075	1533	511.0	1234	411.3	703	234.3
0.100	2664	888.0	2126	708.7	1098	366.0
0.200	4889	1629.7	3760	1253.3	1886	628.7
0.300	7098	2366.0	5435	1811.7	2143	714.3
0.400	8513	2837.7	6838	2279.3	2493	831.0
0.500	9878	3292.7	7961	2653.7	2730	910.0



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	888.00	88.80	2.142	1629.67	108.64	2.142
2	708.67	70.87	2.068	1253.33	83.56	2.068
3	366.00	36.60	1.948	628.67	41.91	1.948



DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
2.116	2.010	53.00	63.00
% CBR Mayor		63.00	

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Christian Frías
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

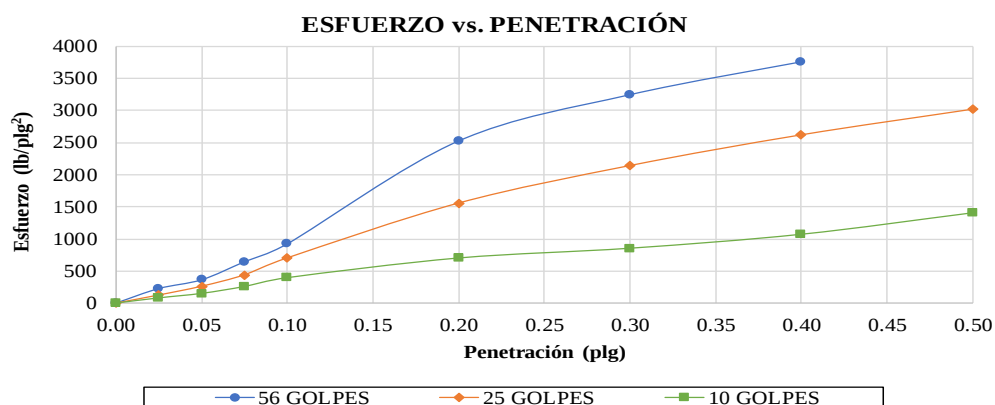
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

CANTERA TIERRA PROMETIDA

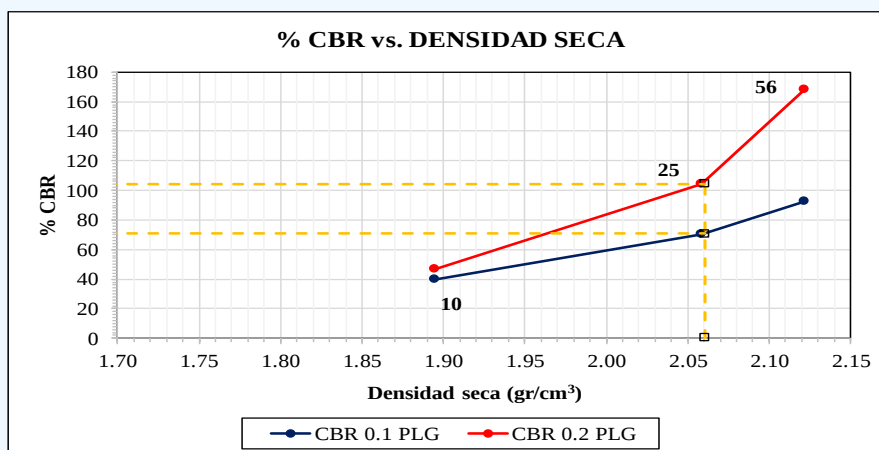
- Base clase 1 Tipo B

NORMA: ASTM D-1883						
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E,9815327.00 m S).			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas					
Muestra:	Base Clase 1 Tipo B	Mina	Tierra Prometida			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		8.70				
MOLDE N°	1	9	17			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	10			
Muestra húmeda + molde (gr)	21851	20237	18145			
Masa Molde (gr)	16606	15294	13451			
Masa Muestra Humeda (gr)	5245	4943	4694			
Volumen Muestra (cm³)	2286.38	2238.48	2304.52			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	2.294	2.208	2.037			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	H1	H2	H3	H4	H5	H6
P. Hum. + Recipiente	106.4	128.8	122.2	108.4	113.7	127.2
P. Seco + Recipiente	98.7	119.3	113.8	101.5	104.8	119.9
Peso Recipiente	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Peso Agua	7.70	9.50	8.40	6.90	8.90	7.30
Peso de Sólidos	95.70	116.30	110.80	98.50	101.80	116.90
Contenido Humedad %	8.05	8.17	7.58	7.01	8.74	6.24
Con. Hum. Prom. %	8.11		7.29		7.49	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	2.122		2.058		1.895	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14771		13188		11248	
Masa Molde (gr)	9570		8258		6415	
Masa Muestra Humeda (gr)	5201		4930		4833	
Volumen Muestra (cm3)	2286.38		2238.48		2304.52	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	2.275		2.202		2.097	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	I1	I2	I3	I4	I5	I6
P. Hum. + Recipiente	102.6	131.4	75.2	112	118.9	99.7
P. Seco + Recipiente	95.4	116.6	68.9	96.7	109.1	87.7
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	7.20	14.80	6.30	15.30	9.80	12.00
Peso de Sólidos	92.30	113.50	65.80	93.60	106.00	84.60
Contenido Humedad %	7.80	13.04	9.57	16.35	9.25	14.18
Con. Hum. Prom. %	10.42		12.96		11.71	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		9		17	
N° de golpes	56		25		10	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	678	226.0	378	126.0	242	80.7
0.050	1089	363.0	789	263.0	451	150.3
0.075	1929	643.0	1323	441.0	773	257.7
0.100	2765	921.7	2115	705.0	1183	394.3
0.200	7568	2522.7	4678	1559.3	2098	699.3
0.300	9729	3243.0	6429	2143.0	2553	851.0
0.400	11264	3754.7	7864	2621.3	3203	1067.7
0.500			9064	3021.3	4203	1401.0



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	921.67	92.17	2.122	2522.67	168.18	2.122
2	705.00	70.50	2.058	1559.33	103.96	2.058
3	394.33	39.43	1.895	699.33	46.62	1.895



DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
2.169	2.061	70.00	104.00
% CBR Mayor		104.00	

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

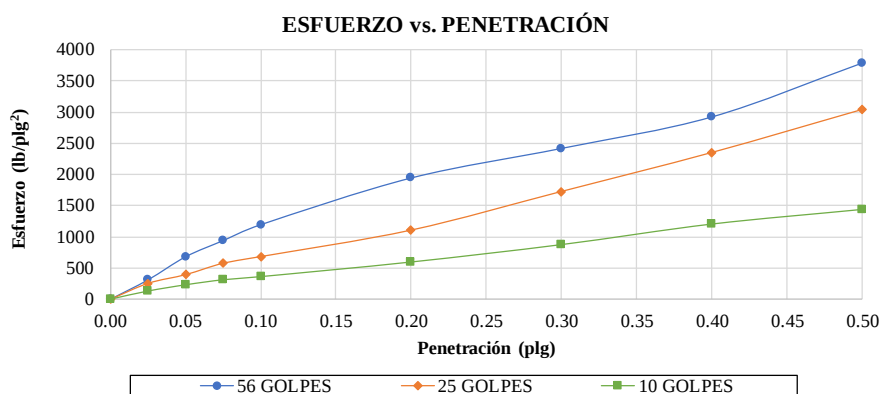
Ing. Christian Frías
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

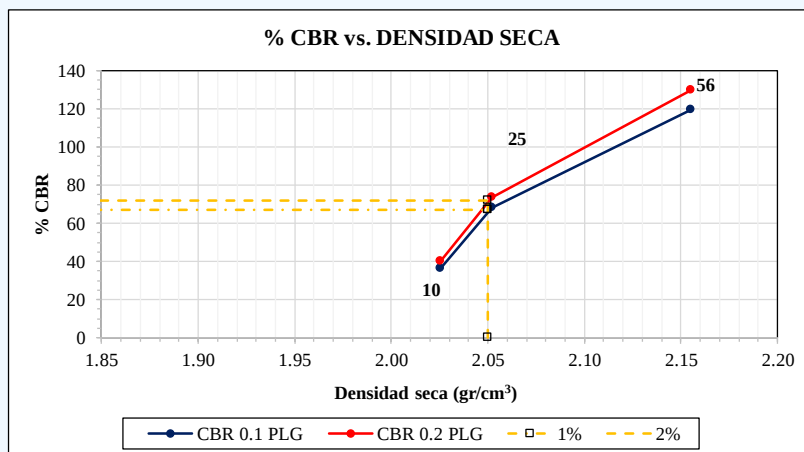
- Subbase clase 2

NORMA: ASTM D-1883						
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”					
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M			
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		(757675.00 m E,9815327.00 m S).			
ID Muestra:	Subbase Clase 2	Mina	Tierra Prometida			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		8.60				
MOLDE N°	1	9	17			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	10			
Muestra húmeda + molde (gr)	21832	20239	18266			
Masa Molde (gr)	16562	15245	13406			
Masa Muestra Humeda (gr)	5270	4994	4860			
Volumen Muestra (cm³)	2256.39	2256.39	2238.48			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	2.336	2.213	2.171			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	E1	E2	E3	E4	E5	E6
P. Hum. + Recipiente	127.2	138.5	137.4	130.9	140.9	158.7
P. Seco + Recipiente	118.2	127.4	127.1	122.1	130.9	149.1
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	9.00	11.10	10.30	8.80	10.00	9.60
Peso de Sólidos	115.10	124.30	124.00	119.00	127.80	146.00
Contenido Humedad %	7.82	8.93	8.31	7.39	7.82	6.58
Con. Hum. Prom. %	8.37		7.85		7.20	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	2.155		2.052		2.025	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14859		13304		11408	
Masa Molde (gr)	9525		8208		6369	
Masa Muestra Humeda (gr)	5334		5096		5039	
Volumen Muestra (cm3)	2256.39		2256.39		2238.48	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	2.364		2.258		2.251	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	G1	G2	G3	G4	G5	G6
P. Hum. + Recipiente	124	135.2	132.9	136.9	139.2	126
P. Seco + Recipiente	114.2	122.5	123.1	123.8	127.4	113.5
Peso Recipiente	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Peso Agua	9.80	12.70	9.80	13.10	11.80	12.50
Peso de Sólidos	111.10	119.40	120.00	120.70	124.30	110.40
Contenido Humedad %	8.82	10.64	8.17	10.85	9.49	11.32
Con. Hum. Prom. %	9.73		9.51		10.41	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		9		17	
N° de golpes	56		25		10	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	934	311.3	761	253.7	393	131.0
0.050	2043	681.0	1180	393.3	693	231.0
0.075	2821	940.3	1731	577.0	936	312.0
0.100	3585	1195.0	2048	682.7	1086	362.0
0.200	5831	1943.7	3321	1107.0	1792	597.3
0.300	7253	2417.7	5180	1726.7	2632	877.3
0.400	8768	2922.7	7053	2351.0	3623	1207.7
0.500	11360	3786.7	9121	3040.3	4329	1443.0



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	1195.00	119.50	2.155	1943.67	129.58	2.155
2	682.67	68.27	2.052	1107.00	73.80	2.052
3	362.00	36.20	2.025	597.33	39.82	2.025



DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
2.158	2.050	67.00	72.00
% CBR Mayor		72.00	

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Christian Frías
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar

NORMA: (NTE INEN 863:2011)								
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”							
Ensayado	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:		UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E,9818906.00 m S).				
Revisado por	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material:	Base clase 1 Tipo B	Mina		Explendor				
DURABILIDAD DE LOS ARIDOS EN SULFATO DE MAGNESIO								
N° Tamiz	% Retenido	Aplica al ensayo >5% retenido	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de pesos (g)	Masa porcentual (g)	% de perdida	%Ponderado
1	10.94	SI	753.87	723.52	30.35	82.444	36.8	4
3/4	18.49	SI	751.78	727.43	24.35	138.983	17.5	3.2
1/2	29.23	SI	671.23	649.27	21.96	196.221	11.2	3.3
3/8	38.23	SI	332.46	329.78	2.68	127.087	2.1	0.8
49.242587							TOTAL	11.3
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

NORMA: (NTE INEN 863:2011)								
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"							
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:		UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E, 9818906.00 m S).				
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material:	Base Clase 1 Tipo B	Mina		Explendor				
DURABILIDAD DE LOS ARIDOS EN SULFATO DE MAGNESIO								
N° Tamiz	% Retenido	Aplica al ensayo >5% retenido	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de pesos (g)	Masa porcentual (g)	% de perdida	%Ponderado
4	4917.00	SI	102.3	100.21	2.09	5030.091	0	2
8	6162.34	SI	101.45	100.24	1.21	6251.689	0	1.2
16	7258.23	SI	100.36	98.29	2.07	7284.359	0	2.1
30	8072.02	SI	100.32	97.39	2.93	8097.849	0	2.9
50	8747.04	SI	100.21	96.19	4.02	8765.409	0	4
							TOTAL	12.2
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

- **Ponderosa Gruesos y Finos**

NORMA: (NTE INEN 863:2011)								
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”							
Ensayado	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:		UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E,9817641.00 m S).				
Revisado por	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material:	Base clase 1 Tipo B	Mina		PONDEROSA				
DURABILIDAD DE LOS ARIDOS EN SULFATO DE MAGNESIO								
N° Tamiz	% Retenido	Aplica al ensayo >5% retenido	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de pesos (g)	Masa porcentual (g)	% de perdida	%Ponderado
1	12.81	SI	752.13	729.52	22.61	96.331	23.5	3
3/4	23.07	SI	751.96	726.46	25.5	173.478	14.7	3.4
1/2	32.12	SI	671.15	626.25	44.9	215.571	20.8	6.7
3/8	39.92	SI	331.13	318.3737	12.76	132.176	9.7	3.9
							TOTAL	17.00
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

NORMA: (NTE INEN 863:2011)								
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"							
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E, 9817641.00 m S).					
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material:	Base Clase 1 Tipo B	Mina	PONDEROSA					
DURABILIDAD DE LOS ARIDOS EN SULFATO DE MAGNESIO								
N° Tamiz	% Retenido	Aplica al ensayo >5% retenido	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de pesos (g)	Masa porcentual (g)	% de perdida	%Ponderado
4	50.68	SI	100.23	97.56	2.67	50.797	5.3	2.7
8	66.88	SI	100.12	98.12	2	66.96	3	2
16	79.71	SI	100.01	97.45	2.56	79.718	3.2	2.6
30	85.76	SI	100.34	98.99	1.35	86.052	1.6	1.3
50	90.17	SI	100.34	94.23	6.11	90.477	6.8	6.1
							TOTAL	14.7
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

- **Tierra prometida Gruesos y Finos**

NORMA: (NTE INEN 863:2011)								
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”							
Ensayado	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:		UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E,9815327.00 m S).				
Revisado por	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material:	Base clase 1 Tipo B	Mina		Tierra Prometida				
DURABILIDAD DE LOS ARIDOS EN SULFATO DE MAGNESIO								
N° Tamiz	% Retenido	Aplica al ensayo >5% retenido	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de pesos (g)	Masa porcentual (g)	% de perdida	%Ponderado
1	13.22	SI	750.23	742.52	7.71	99.18	7.8	1
3/4	20.92	SI	751.96	728.66	23.3	157.31	14.8	3.1
1/2	28.23	SI	670.45	629.39	41.06	189.268	21.7	6.1
3/8	38.18	SI	330.57	317.37	13.2	126.212	10.5	4
							TOTAL	14.2
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

NORMA: (NTE INEN 863:2011)								
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"							
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:		UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E, 9815327.00 m S).				
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas							
Material:	Base Clase 1 Tipo B	Mina		Tierra Prometida				
DURABILIDAD DE LOS ARIDOS EN SULFATO DE MAGNESIO								
N° Tamiz	% Retenido	Aplica al ensayo >5% retenido	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de pesos (g)	Masa porcentual (g)	% de perdida	%Ponderado
4	46.92	SI	100.12	98.12	2	46.976	4.3	2
8	60.58	SI	100.12	98.49	1.63	60.653	2.7	1.6
16	71.25	SI	100.03	97.34	2.69	71.271	3.8	2.7
30	77.80	SI	100.56	97.34	3.22	78.236	4.1	3.2
50	83.20	SI	100.34	96.12	4.22	83.483	5.1	4.2
							TOTAL	13.7
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar								

ANEXO 7: Resistencia a la abrasión

CANTERA EXPLENDOR

- Base clase 1 Tipo B

NORMA: (ASTM C131/131M-20)			
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E,9818906.00 m S).
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material	Base clase 1 Tipo B	Mina	Explendor
Determinación del porcentaje de desgaste (%)			
	Peso (gr)	Porcentaje (%)	
Masa Inicial	5000	100%	
Masa Final (Retiene el tamiz #12)	3993	80%	
Masa desgastada	1007	20%	
% Desgaste	20%		
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar			

- Subbase clase 2

NORMA: (ASTM C131/131M-20)			
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E, 9818906.00 m S).
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material	Subbase Clase 2	Mina	Explendor
Determinación del porcentaje de desgaste (%)			
	Peso (gr)	Porcentaje (%)	
Masa Inicial	5000	100%	
Masa Final (Retiene el tamiz #12)	3993	80%	
Masa desgastada	1007	20%	
% Desgaste	20%		
_____ Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA _____ Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar			

CANTERA PONDEROSA

- Base clase Tipo B

NORMA: (ASTM C131/131M-20)			
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E, 9817641.00 m S).
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material	Base clase 1 Tipo B	Mina	Ponderosa
Determinación del porcentaje de desgaste (%)			
	Peso (gr)	Porcentaje (%)	
Masa Inicial	5000	100%	
Masa Final (Retiene el tamiz #12)	2817	56%	
Masa desgastada	2183	44%	
% Desgaste	44%		
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar			

- Subbase clase 2

NORMA: (ASTM C131/131M-20)			
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E,9817641.00 m S).
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material	Subbase clase 2	Mina	Ponderosa
Determinación del porcentaje de desgaste (%)			
	Peso (gr)	Porcentaje (%)	
Masa Inicial	5000	100%	
Masa Final (Retiene el tamiz #12)	2656	53%	
Masa desgastada	2344	47%	
% Desgaste	47%		
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar			

CANTERA TIERRA PROMETIDA

- Base clase Tipo B

NORMA: (ASTM C131/131M-20)			
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E,9815327.00 m S).
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material	Base clase 1 Tipo B	Mina	Tierra Prometida
Determinación del porcentaje de desgaste (%)			
	Peso (gr)	Porcentaje (%)	
Masa Inicial	5000	100%	
Masa Final (Retiene el tamiz #12)	3668	73%	
Masa desgastada	1332	27%	
% Desgaste	27%		
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar			

- Subbase clase 2

NORMA: (ASTM C131/131M-20)			
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E,9815327.00 m S).
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material	Subbase clase 2	Mina	Tierra Prometida
Determinación del porcentaje de desgaste (%)			
	Peso (gr)	Porcentaje (%)	
Masa Inicial	5000	100%	
Masa Final (Retiene el tamiz #12)	3571	71%	
Masa desgastada	1429	29%	
% Desgaste	29%		
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar			

ANEXO 8: Porcentaje de caras Fracturadas

CANTERA EXPLENDOR

- Base clase Tipo B

NORMA: (ASTM D5821-13)				
Proyecto:		“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”		
Ensayado por:		Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (771304.00 m E,9818906.00 m S).
Revisado por:		Ing. Mg. Marisol Bayas		
Material		Base clase 1 Tipo B	MINA	Explendor
Determinación del porcentaje de caras fracturadas (%)				
Tamiz	Partículas fracturadas	Partículas no fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas	Total de muestra
#	F	N	P	
1	2487	515	83%	3002
3/4	1313	193	87%	1506
1/2	488	14	97%	502
3/8	205	0	100%	205
Total	4493	722	86%	5215
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar				

CANTERA PONDEROSA

- Base clase Tipo B

NORMA: (ASTM D5821-13)				
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”			
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (753429.00 m E, 9817641.00 m S).	
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas			
Material	Base clase 1 Tipo B	MINA	Ponderosa	
Determinación del porcentaje de caras fracturadas (%)				
Tamiz	97	Partículas no fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas	Total de muestra
#	F	N	P	
1	2944	76	97%	3020
3/4	1395	117	92%	1512
1/2	503	3	99%	506
3/8	2002	0	100%	202
Total	6844	196	97%	5240
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar				

CANTERA TIERRA PROMETIDA

- Base clase Tipo B

NORMA: (ASTM D5821-13)				
Proyecto:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS “EXPLENDOR”, “LA PONDEROSA” Y CANTERA “TIERRA PROMETIDA” DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS”			
Ensayado por:	Edison Adrian Aguachela	Coordenadas:	UTM (WGS 84), Zona 17M (757675.00 m E, 9815327.00 m S).	
Revisado por:	Ing. Mg. Marisol Bayas			
Material	Base clase 1 Tipo B	MINA	Tierra Prometida	
Determinación del porcentaje de caras fracturadas (%)				
Tamiz	Partículas fracturadas	Partículas no fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas	Total de muestra
#	F	N	P	
1	2940	120	96%	3060
3/4	1476	40	97%	1516
1/2	487	25	95%	512
3/8	199	2	99%	201
Total	5102	187	96%	5289
Ing. Byron López TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Ing. Fabiana Cunalata AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Elaborado por: Edison Adrian Aguachela Paucar				

Anexo 9: Evidencia Fotográfica

Evidencia Fotográfica		
		
Cantera “La Ponderosa”	Arena lavada Mina “Explendor”	Obtención de coordenadas
		
Secado en Horno	Tamizado	Proceso de trituración
		

Evidencia Fotográfica		
Determinación del límite líquido	Enrollado de cilindro	Muestra por capas
		
Proceso de compactación	Escurrecimiento de las muestras	Ensayo CBR
		
Tamizado de Muestra	Agregado después del ensayo	Lavado de agregado grueso
		
Inspección Visual	Muestra sumergida	Enrasado de muestra

Evidencia Fotográfica



Análisis de muestras



Verificando la Temperatura



Sulfato de magnesio



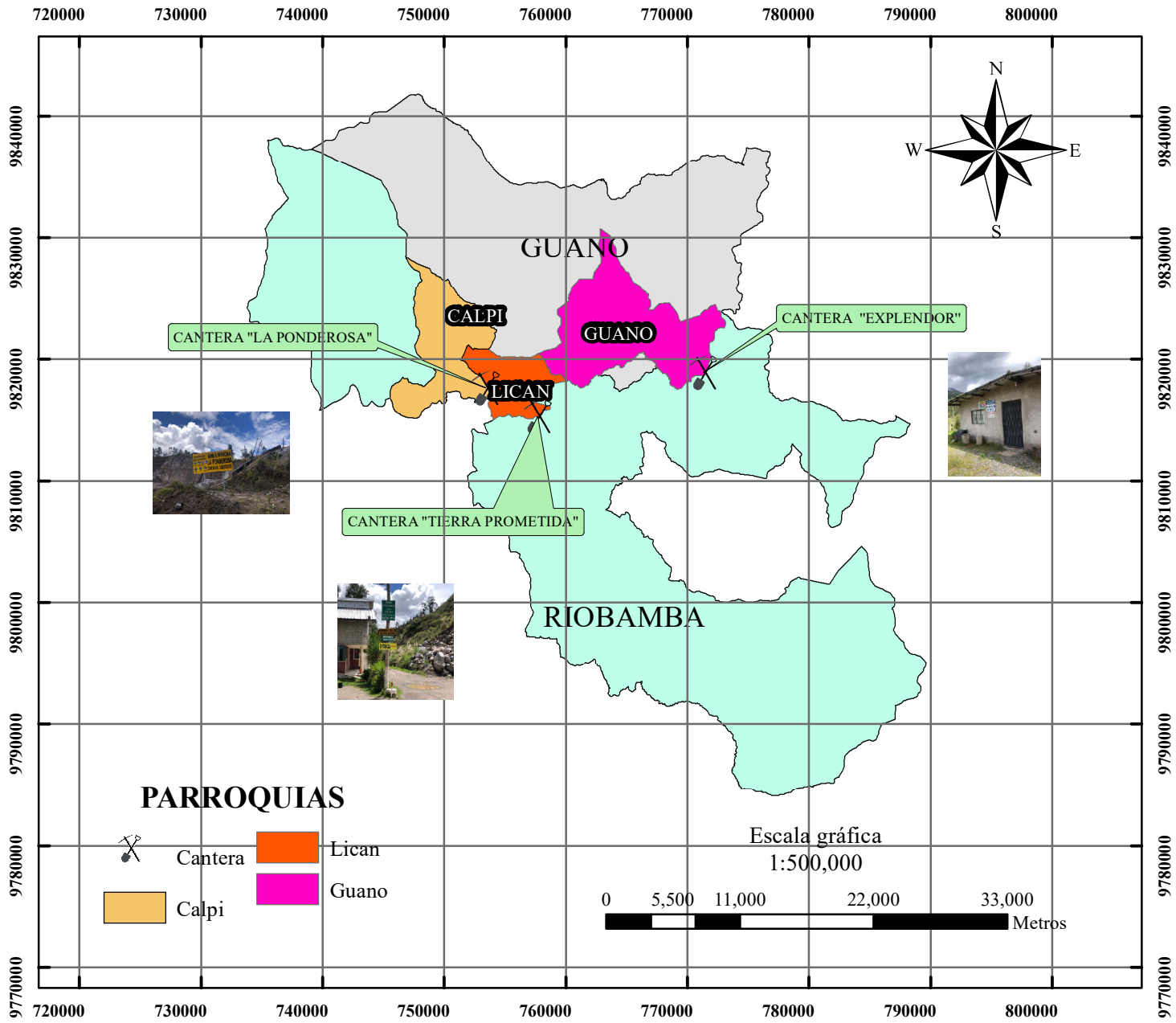
Partículas que no cumple con el criterio de caras fracturadas



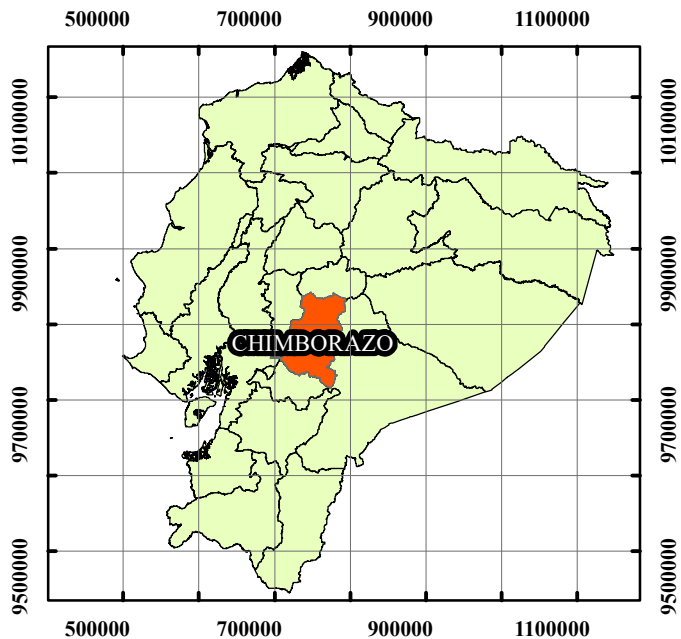
Muestras después del secado

ANEXO 10: Georreferenciación de las Canteras

ZONA DE ESTUDIO



MAPA DE UBICACIÓN



Proyección UTM zona 17
Sistema de Referencia WGS84

SÍMBOLO	CANTERA	ESTE	NORTE
	LA PONDEROSA	753429	9817641
	TIERRA PROMETIDA	757675	9815327
	EXPLENDOR	771304	9818906

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LAS MINAS "EXPLENDOR", "LA PONDEROSA" Y CANTERA "TIERRA PROMETIDA" DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE BASE Y SUBBASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS"		
CONTIENE:	MAPA DE LOCALIZACIÓN		
REALIZADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA:	
EDISON AGUACHELA	ING MARISOL BAYAS	INDICADAS	
		FECHA:	
		MAYO DEL 2024	