



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA Y**  
**METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA**



**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CANTERA CHOCCO  
PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA  
ZEPITA - KOTAPATA ENTRE LOS KILÓMETROS 00+000 AL  
5+000, DISTRITO DE ZEPITA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MIGUEL ANGEL AGUILAR MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEOLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



# MIGUEL ANGEL AGUILAR MAMANI

## EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CANTERA CHOCCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA ZEPITA - KOTA



My Files



My Files



Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

**tm:oid::8254:410983860**

Fecha de entrega

**1 dic 2024, 3:10 p.m. GMT-5**

Fecha de descarga

**1 dic 2024, 3:16 p.m. GMT-5**

Nombre de archivo

**TESIS FINAL CORREGIDO\_OK.pdf**

Tamaño de archivo

**3.7 MB**

**115 Páginas**

**19,589 Palabras**

**109,617 Caracteres**





## 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de Integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
CALLE 28 DE SETIEMBRE 1025  
Dr. Leonel Palomino Ascencio  
PRESIDENTE  
Asesor.





## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada con todo mi cariño a mi señora madre MARUJA CONCEPCION MAMANI MEDINA, a mi Sr. Padre JUSTO ELIAS AGUILAR ASQUI, y a toda mi familia porque son lo que más quiero en esta vida

En especial a mi Tío LUIS JORGE MAMANI MEDINA, por ser un apoyo fundamental en mi vida, por sus consejos y su apoyo incondicional

A mi hermano JHONNY ALONSO, por estar siempre a mi lado en todo momento, de mi formación académica



## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento eterno a mi señora madre MARUJA CONCEPCION, que es el ser más maravilloso del mundo, por el cariño, comprensión y apoyo que desde niño me brindaste, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más adversos de mi vida

A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por brindarme seguir con mis estudios superiores en sus aulas y formarme como profesional. A la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, y sobre todo a mi querida Escuela profesional de Ingeniera Geológica y a todos los docentes que impartieron conocimientos y valores, para ser un profesional de bien

A mis familiares, de quien la ilusión de su vida ha sido verme convertido en un hombre de provecho



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
1.1.1 Problema general.....	15
1.1.2 Problemas específicos .....	15
<b>1.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.2.1 Hipótesis general .....	15
1.2.2 Hipótesis específicas .....	16
<b>1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.3.1 Objetivo general .....	16
1.3.2 Objetivos específicos .....	16
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>18</b>



<b>2.2</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>25</b>
2.2.1	Estudio Geotécnico .....	25
2.2.2	Estudio de mecánica de suelos .....	26
2.2.3	Sistemas de clasificación de suelos .....	28
2.2.4	Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).....	28
2.2.5	Propiedades físicas de los suelos.....	35
2.2.6	Propiedades mecánicas de los suelos .....	50
2.2.7	Características de las canteras .....	58
2.2.8	Métodos y sistemas de explotación.....	59
2.2.9	Pozos de Prueba (Calicatas) .....	62
2.2.10	Muestreo del suelo .....	64
2.2.11	Definición de términos .....	65

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b> .....	<b>67</b>
<b>3.2</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>67</b>
<b>3.3</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	<b>67</b>
<b>3.4</b>	<b>IDENTIFICACION Y ANÁLISIS DE VARIABLES</b> .....	<b>68</b>
<b>3.5</b>	<b>IDENTIFICACION Y ANÁLISIS DE VARIABLES</b> .....	<b>68</b>
<b>3.6</b>	<b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	<b>70</b>

### **CAPÍTULO IV**

#### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

<b>4.1</b>	<b>UBICACIÓN</b> .....	<b>71</b>
<b>4.2</b>	<b>ACCESIBILIDAD</b> .....	<b>72</b>
<b>4.3</b>	<b>GEOLOGIA LOCAL</b> .....	<b>73</b>



<b>4.4</b>	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>77</b>
4.4.1	Tectónica Regional.....	77
4.4.2	Geomorfología Local .....	77
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
<b>5.1</b>	<b>DETERMINAR LOS MATERIALES DE CANTERA CHOCCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA ENTRE LOS KILÓMETROS 00+000 AL 5+000 DE ZEPITA A KOTAPATA.....</b>	<b>81</b>
5.1.1	Determinación del punto de extracción.....	81
5.1.2	Determinación de la cantera.....	84
<b>5.2</b>	<b>EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE CANTERA CHOCCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA ENTRE LOS KILÓMETROS 00+000 AL 5+000 DE ZEPITA A KOTAPATA. ....</b>	<b>86</b>
5.2.1	Propiedades físicas .....	87
5.2.2	Propiedades mecánicas.....	93
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>102</b>

**Área:**

**Tema**

**Fecha de sustentación:**





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Características de la grava .....	29
<b>Tabla 2</b> Características de la arena.....	29
<b>Tabla 3</b> Carta de Plasticidad.....	30
<b>Tabla 4</b> Suelos granulares gruesos .....	31
<b>Tabla 5</b> Suelos finos .....	33
<b>Tabla 6</b> Límites de separación de tamaño de suelo.....	37
<b>Tabla 7</b> Clasificación de los poros del suelo .....	44
<b>Tabla 8</b> Prueba Proctor modificada (Basado en Norma ASTM Prueba 1577) .....	56
<b>Tabla 9</b> Valores de carga unitaria .....	58
<b>Tabla 10</b> Clasificación de suelos según CBR .....	58
<b>Tabla 11</b> Operacionalización de variables .....	68
<b>Tabla 12.</b> Coordenadas de la cantera: Datum WGS 84 UTM Zona 19S .....	82
<b>Tabla 13.</b> Identificación de la cantera Chocco Pampa .....	85
<b>Tabla 14.</b> Ensayos de laboratorio .....	86
<b>Tabla 15.</b> Análisis granulométrico cantera Chocco Pampa .....	89
<b>Tabla 16.</b> Clasificación de los materiales de la cantera .....	91
<b>Tabla 17</b> Límites de consistencia de la cantera Chocco Pampa.....	92
<b>Tabla 18.</b> Resultado del ensayo de Proctor Modificado .....	94
<b>Tabla 19.</b> Resultados del ensayo C.B.R .....	94



<b>Tabla 20.</b>	Resultados	del	ensayo	de	abrasión	(Los	
	Ángeles)	.....					95



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Esquema de suelos en las tres fases .....	27
<b>Figura 2</b> Clasificación de suelos de acuerdo a ASSTHO.....	34
<b>Figura 3</b> Límite de Atterberg .....	47
<b>Figura 4</b> Principios de compactación .....	52
<b>Figura 5</b> Equipo de prueba de Proctor estándar. ....	54
<b>Figura 6</b> Ubicación distrito de Zepita .....	72
<b>Figura 7</b> Ubicación de la cantera Chocco Pampa .....	73
<b>Figura 8.</b> Mapa de ubicación de la cantera Chocco Pampa .....	83
<b>Figura 9.</b> Identificación de la cantera Chocco Pampa.....	83
<b>Figura 10 .</b> Curva granulometrica cantera Chocco Pampa .....	91
<b>Figura 11.</b> Diagrama de fluidez.....	93



## ACRÓNIMOS

<b>AASHTO</b>	: American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>ASTM</b>	: Asociación americana para ensayos y materiales
<b>CBR</b>	: California bearing ratio
<b>Cc</b>	: Coeficiente de curvatura
<b>Cm</b>	: Centimetro
<b>Cu</b>	: Coeficiente de uniformidad
<b>Gr</b>	: Gramos
<b>GC</b>	: Gravas arcillosas
<b>GM</b>	: Gravas limosas
<b>IP</b>	: Índice de plasticidad
<b>Kg</b>	: Kilogramo
<b>LL</b>	: Limite liquido
<b>LP</b>	: Limite plástico
<b>m</b>	: Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metros cuadrados
<b>mm</b>	: Milímetros
<b>msnm</b>	: Metros sobre el nivel del mar
<b>MTC</b>	: Ministerio de transportes y comunicaciones
<b>SUCS</b>	: Sistema unificado de clasificación de suelos



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha realizado para la evaluación geotécnica de la cantera Chocco Pampa con el fin de dar mantenimiento a la carretera vecinal Zepita a Kotapata, ubicada en el distrito de Zepita, provincia de Chucuito – Juli, departamento de Puno, que presenta la superficie de rodadura en un estado deteriorado en su totalidad, visualizándose baches, encalaminado, deformaciones y erosiones que dificulta a la población su desarrollo. El objetivo de esta investigación fue, evaluar las características geotécnicas de la cantera Chocco Pampa para el mantenimiento entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita a Kotapata. La metodología que se desarrolló en esta investigación fue del tipo analítico descriptivo. Asimismo, en la investigación se trabajó en tres etapas: Etapa de campo, etapa de laboratorio y etapa de gabinete. Los resultados de la cantera muestran que se tiene un área de 5301.25 m<sup>2</sup> con una profundidad de 5.70 m, con un 90% destinado para afirmado y un 10% para relleno. Y la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Chocco Pampa contiene, límites de consistencia de 24.46% de LL, 18.30% de LP, 6.17% de IP, un 24.5% de humedad. Asimismo, es una Grava limo arcillosa con arena (GM-GC) según método SUCS, y es un tipo de suelo A-1-b(0) de acuerdo al método AASHTO. Así mismo, se ha alcanzado una máxima densidad seca de 2.122 g/cc con un contenido de humedad óptima de 6.38% y un CBR al 100% para 0.1" con una resistencia de 69.0%. Donde se concluye que la cantera Chocco Pampa cumple con los parámetros especificados en el manual de carreteras del MTC.

**Palabras clave:** Geotécnica, Carretera, Cantera, Evaluación y Propiedades mecánicas



## ABSTRACT

This research work has been carried out for the geotechnical evaluation of the Chocco Pampa quarry in order to maintain the Zepita to Kotapata local road, located in the district of Zepita, province of Chucuito - Juli, department of Puno, which has the rolling surface in a completely deteriorated state, with potholes, limescale, deformations and erosion that make it difficult for the population to develop. The objective of this research was to evaluate the geotechnical characteristics of the Chocco Pampa quarry for maintenance between kilometers 00+000 to 5+000 of the Zepita to Kotapata highway. The methodology developed in this research was of the descriptive analytical type. Likewise, the research was worked on in three stages: Field stage, laboratory stage and office stage. The quarry results show that there is an area of 5301.25 m<sup>2</sup> with a depth of 5.70 m, with 90% for paving and 10% for filling. And the evaluation of the physical and mechanical properties of the Chocco Pampa quarry contains, consistency limits of 24.46% LL, 18.30% LP, 6.17% IP, 24.5% humidity. Also, it is a clayey silty gravel with sand (GM-GC) according to the SUCS method, and it is a soil type A-1-b (0) according to the AASHTO method. Likewise, a maximum dry density of 2.122 g / cc has been reached with an optimal humidity content of 6.38% and a CBR at 100% for 0.1" with a resistance of 69.0%. Where it is concluded that the Chocco Pampa quarry complies with the parameters specified in the MTC road manual.

**Keywords:** Geotechnical, Road, Quarry, Evaluation and Mechanical Properties



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.1 Problema general

¿Cuáles son las características geotécnicas de la cantera Chocco Pampa para el mantenimiento entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita a Kotapata, distrito de Zepita?

#### 1.1.2 Problemas específicos

¿Cuáles son las características geológicas y la composición petrológica de la cantera Chocco Pampa que garantizan la calidad de los materiales para el mantenimiento del tramo comprendido entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita - Kotapata?

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de la cantera Chocco Pampa y cómo cumplen con los estándares técnicos requeridos para el mantenimiento del tramo entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita - Kotapata?

### 1.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

#### 1.2.1 Hipótesis general

Las características geotécnicas de la cantera CHOCCO PAMPA, son adecuadas para el mantenimiento entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera ZEPITA a KOPAPATA, distrito de Zepita.



### **1.2.2 Hipótesis específicas**

Es posible determinar la composición petrológica de la cantera CHOCCO PAMPA, para el mantenimiento de la carretera entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de Zepita a Kotapata.

Las propiedades físicas-mecánicas de los materiales de cantera Chocco Pampa nos permite el mantenimiento de la carretera entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de Zepita a Kotapata

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar las características geotécnicas de la cantera Chocco Pampa para el mantenimiento entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita a Kotapata, distrito de Zepita.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinas las formaciones Geológicas y composición Petrológica de la cantera Chocco Pampa para el mantenimiento de la carretera entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de Zepita a Kotapata.
- Evaluar las propiedades físicas-mecánicas de los materiales de cantera Chocco Pampa para el mantenimiento de la carretera entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de Zepita a Kotapata.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Las carreteras viales en el Perú, es un medio donde se crea las conexiones entre poblaciones que nos permite realizar nuestras actividades productivas, económica y es un





desarrollo tanto local, regional y nacional. Por ello, la carretera vecinal Zepita – Kotapata no es ajeno al desarrollo del distrito. Y las condiciones que presenta la superficie de rodadura de este tramo se encuentran a nivel de subrasante en su totalidad desde inicio a fin en la carpeta de rodadura que dificulta el tránsito normal de los vehículos.

De modo que, el trabajo de investigación que se propone es la evaluación geotécnica de la cantera Chocco Pampa para el mantenimiento entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita a Kotapata, distrito de Zepita, con la finalidad que la población tenga el mayor crecimiento productivo y económico, asimismo mayor comunicación con los poblados aledaños del sector. Para ello, se ha realizado la identificación en campo en los lugares circundantes a la franja del tramo, fijando áreas donde existan materiales cuyas características sean aparentes para su explotación y por consiguiente para su empleo como afirmado para el camino vecinal. Dicho trabajo consiste en ubicar bancos de materiales con los volúmenes necesarios, estas se exploraron mediante sondajes tipo trincheras de 1.5 m como mínimo para poder calcular la potencia de la cantera; de las trincheras exploradas se obtuvo muestras representativas de material de cada estrato encontrado, las cuales se identificaron y embalaron en bolsas de polietileno posterior a ello se enviaron al laboratorio de mecánica de suelos para su análisis.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Lujano, (2021) en su estudio titulado "Estudio Geotécnico para el Mejoramiento de la Carretera Pomata – Yorohoco (PU 675), Provincia de Chucuito – Puno" tuvo como objetivo evaluar las características geotécnicas del terreno de fundación y los materiales de préstamo disponibles para el mejoramiento de la vía en los distritos de Pomata, Zepita y Huacullani, en la región Puno. Se realizaron 68 calicatas a profundidades de 0.5 m a 2.0 m, distribuidas cada 500 m, y se analizaron muestras de suelos y canteras en laboratorio, determinando parámetros como el C.B.R., densidad máxima y humedad óptima. Resultados: Los suelos de fundación presentaron C.B.R. entre 8% y 26%, clasificándose como regulares a buenos; sin embargo, ciertos tramos críticos (Km 5+400 al Km 7+500) exhibieron suelos inestables con alta humedad natural y clasificación AASHTO desfavorable (A-7-6, A-4, A-7-5). Las canteras identificadas incluyeron Río Yorohoco y Km 24+500, con clasificaciones SUCS GW y GM, adecuadas para conformación de sub-bases y bases granulares. Se determinó que los suelos requieren mejoramiento en ciertos tramos mediante cortes y rellenos específicos con enrocado, terraplén y arena, además de mezclas de materiales provenientes de las canteras mencionadas, garantizando estabilidad y viabilidad para el proyecto.

Pomacosi, (2021) su estudio titulado "Evaluación Geotécnica de la Carretera Desvío Coraraca – Poblado Coraraca, Tramo Km 00+000 – Km 06+311 (Puente Cullco) en la Provincia de El Collao" tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación para evaluar su idoneidad en la infraestructura vial y el tránsito vehicular en el tramo estudiado. Con un enfoque cuantitativo, diseño no



experimental-transversal y alcance descriptivo, se realizaron 27 calicatas con profundidades de 1.50 m distribuidas a lo largo de los 6.3 km de la vía. Se analizaron parámetros como humedad, granulometría, plasticidad y resistencia, empleando estadística descriptiva para la interpretación de resultados. El 93% del suelo estaba constituido por limos y arcillas, de los cuales el 78% correspondía a arcillas con plasticidad media y alta, con índices de humedad superiores al 15% en el 89% de los casos, lo que los clasifica como húmedos. Además, el 60% del suelo fue categorizado como subrasante inadecuada o insuficiente debido a un Índice CBR inferior al 6%. Conclusiones: Se identificaron como predominantes las arcillas de la formación Azángaro, con características geotécnicas inestables, lo que requiere tratamientos de estabilización para asegurar el soporte estructural de la carretera. Las propiedades del terreno demandan medidas correctivas, como cortes y estabilización, para garantizar la viabilidad del proyecto vial en condiciones óptimas.

Pomacosi, (2021) su estudio titulado "Evaluación Geotécnica de la Carretera Desvío Coraraca – Poblado Coraraca, Tramo Km 00+000 – Km 06+311 (Puente Cullco) en la Provincia de El Collao" tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación para evaluar su idoneidad en la infraestructura vial y el tránsito vehicular en el tramo estudiado. Con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental-transversal y alcance descriptivo, se realizaron 27 calicatas con profundidades de 1.50 m distribuidas a lo largo de los 6.3 km de la vía. Se analizaron parámetros como humedad, granulometría, plasticidad y resistencia, empleando estadística descriptiva para la interpretación de resultados. El 93% del suelo estaba constituido por limos y arcillas, de los cuales el 78% correspondía a arcillas con plasticidad media y alta, con índices de humedad superiores al 15% en el 89% de los casos, lo que los clasifica como húmedos. Además, el 60% del suelo fue categorizado



como subrasante inadecuada o insuficiente debido a un Índice CBR inferior al 6%. Conclusiones: Se identificaron como predominantes las arcillas de la formación Azángaro, con características geotécnicas inestables, lo que requiere tratamientos de estabilización para asegurar el soporte estructural de la carretera. Las propiedades del terreno demandan medidas correctivas, como cortes y estabilización, para garantizar la viabilidad del proyecto vial en condiciones óptimas.

Atencio, (2019) en su estudio titulado "Evaluación Geotécnica de la Carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata, Tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave - El Collao - Puno" tuvo como objetivo determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de fundación y evaluar su idoneidad para el soporte estructural del tramo estudiado, así como proponer alternativas de mejoramiento. Se utilizó un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental-transversal y alcance descriptivo, realizando ensayos de laboratorio y análisis de campo en suelos y materiales provenientes de tres canteras seleccionadas. Las propiedades evaluadas incluyeron granulometría, plasticidad, contenido de humedad y capacidad de soporte (CBR). Los suelos de fundación, identificados como depósitos aluviales recientes, presentaron humedad elevada (hasta 33.73%) y valores de CBR entre 4% y 6%, clasificados mayoritariamente como inadecuados para la fundación. Según las clasificaciones SUCS y AASHTO, los suelos incluían arcillas orgánicas de alta plasticidad, limos arcillosos, arenas y gravas arcillosas, destacando un nivel freático superficial (1.10 m a 1.70 m). Las canteras Argulluni, Huancuni y Callata Paconcani fueron identificadas como aptas para su uso en rellenos y bases granulares. Los suelos del tramo requieren estabilización debido a sus características físicas y mecánicas, proponiéndose la utilización de materiales provenientes de las canteras estudiadas para mejorar la resistencia y la estabilidad del terreno, garantizando la viabilidad técnica del proyecto vial.



Mayta, (2018) en su estudio titulado "Estudio Geotécnico de la Carretera Desaguadero - Kelluyo de la Provincia de Chucuito del Departamento de Puno" tuvo como objetivo evaluar las características geotécnicas del terreno de fundación y de las canteras para determinar su idoneidad en el mejoramiento de la infraestructura vial. Se realizaron 76 calicatas con profundidades de hasta 2.60 m, distribuidas cada 250 m, y se emplearon ensayos de laboratorio y campo para analizar propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Las características evaluadas incluyeron capacidad de soporte (CBR), granulometría y plasticidad, además de la exploración de seis canteras potenciales para el proceso constructivo. Los suelos de fundación presentaron valores de CBR entre 5% y 20%, indicando una calidad de regular a buena, con materiales clasificados según SUCS como SP, SM, SC y CL, y según AASHTO como A-7-5, A-2-4, y A-4. Se identificaron tramos con suelos de baja capacidad portante, alta humedad y plasticidad media, lo que hace necesaria la estabilización mediante materiales de préstamo. Por ello se propuso un diseño por tramos que incluye mejoramientos con enrocado, terraplén y arena, utilizando materiales de las canteras Jichucollo, Tiramamarca, y Collpacotaña, clasificadas como aptas según los sistemas SUCS y AASHTO y las normas del MTC-2013. Estas medidas garantizan la estabilidad y viabilidad técnica del proyecto.

Huatay, (2023) en su estudio titulado "Inestabilidad Geotécnica del Terreno de Fundación y Estudio de Canteras de Agregados de la Carretera C.P. Otuzco - C.P. Combayo - Cajamarca" tuvo como objetivo evaluar las condiciones geotécnicas del terreno de fundación y las canteras de agregados para determinar su idoneidad en el diseño y mejoramiento de la carretera. Se realizaron 89 calicatas distribuidas a lo largo de 18.42 km, obteniéndose 106 muestras para ensayos de laboratorio. Además, se utilizaron modelos geológicos y el software GEO5 para analizar la capacidad de soporte y asentamientos en puntos críticos. Los suelos se clasificaron en granulares y finos, siendo



los granulares predominantes en los primeros 7.71 km, mientras que los suelos finos, más inestables, se encontraron en los depósitos volcánicos y cuaternarios desde el km 7.71 al km 18.42. Los puntos críticos 01, 02 y 03 presentaron capacidad de soporte satisfactoria en estado natural ( $FS \geq 3$ ), mientras que los puntos 04, 05 y 06 mostraron suelos no satisfactorios ( $FS < 3$ ) en condiciones de saturación y sismicidad. Los asentamientos tolerables ( $< 25$  mm) se identificaron en los puntos 01, 03 y 04, pero los puntos 02 y 06 presentaron asentamientos no tolerables bajo condiciones adversas. Se definieron como fuentes de agregados para la construcción las canteras Mostrito (terraplenes), Laurel-Mostrito (sub base granular) y Bazán (base granular), cumpliendo con las especificaciones técnicas del manual EG-2013. Se recomendó estabilizar los suelos en tramos con inestabilidad significativa, especialmente en los puntos críticos afectados por saturación y sobrecargas.

Cruz, (2018) en su estudio titulado "Evaluación Geológica Geotécnica de Canteras para la Construcción de la Central Hidroeléctrica San Gabán III – Distrito San Gabán – Provincia Carabaya – Departamento Puno" tuvo como objetivo evaluar las características geológicas y geotécnicas de los materiales de las canteras en la zona de Churumayo para determinar su idoneidad como material de préstamo en la construcción de la central hidroeléctrica. Por ello realizaron cuatro calicatas y cuatro sondeos de perforación en el cauce del río San Gabán, acompañados de ensayos in situ (granulometría, densidad natural, peso unitario, composición petrológica) y ensayos de laboratorio (compresión uniaxial y triaxial, tracción indirecta, corte directo, propiedades físicas, análisis de finos, contenido de sulfatos y materia orgánica). Los materiales de las canteras evaluadas cumplen con las especificaciones técnicas establecidas para su uso en las obras proyectadas. Se identificaron rocas metamórficas e ígneas con propiedades físico-mecánicas adecuadas, como resistencia, durabilidad y adherencia al asfalto. Sin embargo,



el módulo de fineza de las arenas gruesas se encuentra cerca del límite permisible, lo que requiere monitoreo. Los materiales evaluados presentan buen comportamiento en resistencia y durabilidad, y son aptos para ser utilizados como material de préstamo en la construcción de la Central Hidroeléctrica San Gabán III, cumpliendo con los estándares técnicos requeridos.

El estudio de Adrianzen, (2018) titulado "Evaluación de Propiedades Mecánicas en Cantera Chanango y La Bombonera para Determinar la Calidad del Afirmado - Bellavista - Jaén - 2018" tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas de los materiales de las canteras Chanango y La Bombonera para determinar su idoneidad en obras viales, específicamente en la conformación de afirmados. Se realizó una investigación que incluyó el análisis situacional de ambas canteras, ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales (como el CBR, densidad máxima seca, límite plástico e índice de plasticidad) y su comparación con los estándares establecidos en la normativa peruana. Los materiales de ambas canteras presentaron un CBR superior al 40%, cumpliendo con los requisitos técnicos para su uso en afirmados. La máxima densidad seca (MDS) y el límite plástico (LP) también mostraron valores adecuados. Sin embargo, el índice de plasticidad (IP) resultó ser alto, excediendo los valores permisibles, lo que sugiere la posibilidad de combinarlos con otros materiales para mejorar sus propiedades mecánicas. Las canteras Chanango y La Bombonera cuentan con permisos de explotación y sus materiales cumplen con los estándares requeridos para afirmados. Recomienda uso en pavimentos y obras viales, considerando la posibilidad de mezclarlos con otros agregados para optimizar sus propiedades en aplicaciones específicas.

El estudio de Ticlla, (2021) titulado "Evaluación de las Características Geotécnicas del Suelo de las Principales Canteras para Afirmado de Carreteras del



Distrito de Chota" tuvo como objetivo evaluar las propiedades geotécnicas de los suelos de las principales canteras del distrito para determinar su idoneidad en afirmados y subbases según las normativas del MTC (2014). Con un enfoque descriptivo, se analizaron cinco yacimientos pétreos mediante levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio y diseño teórico de combinaciones de suelos. Se evaluaron parámetros como el CBR, límites líquidos, índice de plasticidad, resistencia al desgaste y propiedades de granulometría, siguiendo la clasificación AASHTO. Las canteras La Torre, La Chuica, Rejopampa Alto 1 y Rejopampa Alto 2 se clasificaron en el grupo A-2 según AASHTO, cumpliendo con la gradación requerida, aunque sus límites líquidos e índices de plasticidad exceden los estándares normativos. En contraste, la cantera Pingobamba Bajo se clasificó en el grupo A-1, destacándose como la más óptima con un CBR del 53.50% y propiedades mecánicas adecuadas para afirmados y subbases. Además, una mezcla de 40% de Pingobamba Bajo y 60% de Pingobamba El Toril alcanzó un CBR del 92.20%, cumpliendo con los estándares para base granular. Las canteras evaluadas cumplen con los estándares mínimos para afirmados según el MTC, siendo Pingobamba Bajo la más adecuada tanto para afirmados como para subbases, mientras que las otras canteras requieren mejoras mediante aditivos químicos para optimizar sus propiedades. La combinación de materiales de Pingobamba Bajo y Pingobamba El Toril también demostró ser ideal para bases granulares en infraestructura vial.

El estudio de Perez, (2020) titulado "Caracterización Geológico-Geotécnico para el Trazo del Camino Vecinal Salamanca-Huaytapampa en la Provincia de Condesuyos – Arequipa" tuvo como objetivo principal evaluar las características geotécnicas de los suelos y canteras a lo largo del trazo del camino para determinar su idoneidad en la construcción de infraestructura vial. Se realizaron 93 calicatas a lo largo de 22.6 km, recolectando muestras analizadas en laboratorio, donde se clasificaron los suelos según





AASHTO y se definieron propiedades físicas y mecánicas. Además, se identificaron cuatro canteras de materiales potencialmente útiles para la obra. Los suelos predominantes en la subrasante pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-4, con características granulares (gravas limosas y arenosas), baja humedad promedio del 7% y capacidades de soporte que varían entre el 20% y el 88% al 95% de la máxima densidad seca, clasificándose como subrasantes excelentes (S5) y muy buenas (S4). Sin embargo, sectores con material limoso superficial y alto contenido orgánico fueron identificados y deben ser removidos. Las canteras Armas, Ayanca, Huaytapampa 1 y Huaytapampa 2 fueron clasificadas como fuentes de material para concreto, relleno y afirmado. El tramo presenta suelos mayoritariamente aptos para su uso en afirmados y rellenos, cumpliendo con estándares de subrasantes óptimas. Las canteras ubicadas ofrecen material en cantidad y calidad suficiente para apoyar la construcción, destacando su accesibilidad y proximidad al trazo del camino.

## **2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1 Estudio Geotécnico**

Es un proceso técnico y sistemático que tiene como objetivo evaluar las características físicas, mecánicas y geológicas del terreno donde se desarrollará un proyecto de construcción. Este estudio permite identificar y analizar las propiedades del suelo y la roca mediante la observación, la recopilación de datos previos y exploraciones específicas, como perforaciones y excavaciones. Su propósito principal es proporcionar información precisa y detallada para el diseño seguro y eficiente de infraestructuras, adaptándose a las condiciones del terreno y minimizando riesgos. Según Saenz, (2010) y la normativa del MTC (2014), el estudio geotécnico incluye etapas como la observación inicial del terreno, la



recopilación de antecedentes históricos y geológicos, y la exploración detallada del subsuelo. La experiencia profesional del ingeniero geotécnico es un factor clave para interpretar los datos y aplicar conocimientos teóricos en soluciones prácticas que garanticen la estabilidad y seguridad de las construcciones.

### 2.2.2 Estudio de mecánica de suelos

El estudio de mecánica de suelos comprende el análisis detallado del comportamiento del suelo como material de construcción o base de sustentación para obras de ingeniería, enfocándose en sus propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas. Este análisis incluye características clave como la resistencia al corte, la compresión, la permeabilidad y la capacidad de soporte, cruciales para el diseño seguro y eficiente de infraestructuras (Terzagui, 1925; Braja, 2013).

#### - Modelo Trifásico del Suelo

El suelo se caracteriza por una estructura interna compuesta por tres fases:

- Fase Sólida ( $V_s$ ,  $W_s$ ): Constituye el esqueleto del suelo y define su resistencia y capacidad de soporte (Crespo, 2004).
- Fase Líquida ( $V_w$ ,  $W_w$ ): Representa el agua presente en los poros, que afecta la cohesión y la resistencia al corte (Saenz, 2010).
- Fase Gaseosa ( $V_a$ ,  $W_a$ ): Incluye el aire en los poros, influenciando la permeabilidad y el comportamiento mecánico (Briceño et al., 2018).

El estado del suelo se describe mediante parámetros como el grado de saturación, el índice de vacíos y la densidad relativa, que permiten comprender su

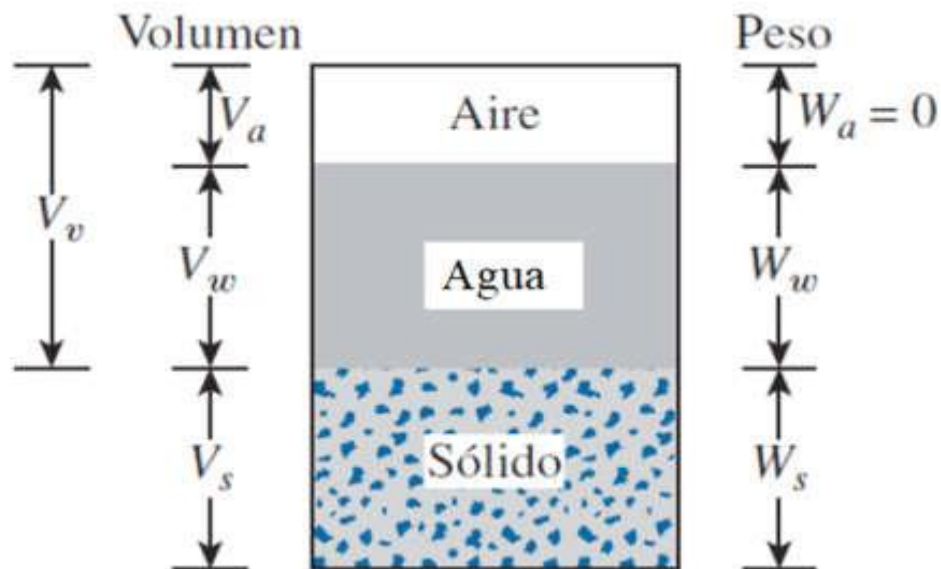
comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y compactación (Braja, 2013).

- **Importancia de la Compactación**

- Alta compactación: Mejora la densidad, reduce los poros y aumenta la capacidad de soporte y estabilidad.
- Baja compactación: Incrementa el volumen de poros, disminuyendo la estabilidad y aumentando el riesgo de asentamientos.

**Figura 1**

*Esquema de suelos en las tres fases*



Nota: el esquema es también llamada modelo trifásico donde  $V$  es el volumen total de la muestra,  $V_s$  es el volumen de la fase sólida,  $V_w$  es el volumen de la fase líquida,  $V_a$  es el volumen de la fase gaseosa,  $W$  es el peso total de la muestra,  $W_s$  es el peso de la fase sólida,  $W_w$  es el peso de la fase líquida,  $W_a$  es el peso de la fase gaseosa.



### 2.2.3 Sistemas de clasificación de suelos

Según Briceño et al. (2018), la clasificación de suelos es fundamental en la ingeniería geotécnica, ya que permite comprender y prever su comportamiento en proyectos de construcción, proporcionando una base técnica para el diseño y la planificación de infraestructuras. Este proceso debe trascender los criterios descriptivos y granulométricos tradicionales, incorporando propiedades mecánicas, como resistencia al corte y compresibilidad, así como propiedades hidráulicas, como permeabilidad y capacidad de drenaje, para obtener una visión integral de las características del suelo. Al emplear sistemas normativos como el USCS o el AASHTO, es posible garantizar que el suelo cumpla con los requisitos técnicos específicos, permitiendo tomar decisiones informadas, mejorar su idoneidad mediante técnicas de tratamiento y asegurar la seguridad y eficiencia en el desarrollo de proyectos.

### 2.2.4 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

En la actualidad, se viene utilizando ampliamente la Norma ASTM D-2487 (Braja M., 2013).

Se basa en el análisis granulométrico como de plasticidad: %G, %S, %F.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

**Suelo grueso.**

Si (%G + %S) > %F

**Suelo gravoso: G**



$$\text{Si } (\%G + \%S) > F \text{ y } \%G > \%S$$

**Tabla 1**

*Características de la grava*

Grava (G)	%F < 5%	5% < %F < 12%	%F > 12%
<b>Grava bien gradada:</b> Si $Cu > 4$ y $1 < Cc < 3$ Se adiciona la letra W.	Gw	Gw – Gc	Gc
		GW – GM	GM
<b>Grava mal gradada:</b> Si Cu y/o Cc no cumplen requisitos. Se adiciona la letra P.	GP	GP – GC	GC
		GP - GM	GM

Nota: Estas características de suelos gravosos fueron tomadas de (Briceño et al., 2018).

**Suelo arenoso: (S)**

$$\text{Si } (\%G + \%S) > \%F \text{ y } \%S > \%G.$$

**Tabla 2**

*Características de la arena*

Grava (G)	%F < 5%	5% < %F < 12%	%F > 12%
<b>Arena bien gradada:</b> Si $Cu > 4$ y $1 < Cc < 3$ Se adiciona la letra W.	SW	SW – SC	SC
		SW – SM	SM
<b>Arena mal gradada: Si Cu y/o Cc no cumplen requisitos. Se adiciona la letra P.</b>	SP	SP – SC	SC
		SP - SM	SM

Nota: Estas características de suelos arenoso fueron tomadas de (Briceño et al., 2018).



**Suelo fino.**

$$\text{Si } \%F > (\%G + \%S) \quad (\text{LL}, \text{Ip})$$

**Tabla 3**

*Carta de Plasticidad*

Si LL < 50%		Si LL > 50%	
CL	arriba de la línea	CH	arriba de la línea
A		A	
} ML		} MH	
} OL	debajo de la línea	} OH	debajo de la línea
A		A	

Nota: Estas características de suelos finos fueron tomadas de (Briceño et al., 2018).

$$(\text{LL}, \text{Ip})$$

$$\text{IpA} = 0.73 (\text{LL} - 20)$$

$$\text{Si } \text{Ip} > \text{IpA} : \text{C}$$

$$\text{Si LL} < 50\% : \text{CL} : \text{Si LL} > 50\% : \text{CH}$$

$$\text{Si } \text{Ip} > \text{IpA} : \text{M}, \text{O}$$

$$\text{Si LL} < 50\% : \text{ML}, \text{OL} \quad \text{Si LL} > 50\% : \text{MH}, \text{OH}$$

- **Sistema de Clasificación de la AASHTO**

AASHTO clasifica los suelos en grupo y subgrupo, se establece en la composición granulométrica y en sus características de plasticidad. Además, se dividen los suelos en dos clases: Tenemos los suelos granulares gruesos y los suelos de granulometría fina (Briceño et al., 2018). Indicaremos cada una de estas clases con sus correspondientes grupos y subgrupos.

- **Suelos Granulares Gruesos.**



Este tipo de suelo tienen 35% o menos del material fino que pasa el tamiz N° 200. Por lo tanto, estos suelos integran los grupos A-1, A-2 y A-3.

**Tabla 4**

*Suelos granulares gruesos*

Grupo A-1	Grupo A-2	Grupo A-3
Comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante plástico. Se incluyen también aquellas mezclas bien graduadas que no tienen material ligante. Subgrupo A-1a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado. Subgrupo A-1b: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por	Incluye una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% de material fino. Subgrupos A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz N°40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente. Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tengan un contenido de limo o índices de grupo, en exceso a los indicados para el grupo A-1.	En este grupo se hallan incluidas las arenas finas de playa y las arenas finas con poca cantidad de limo que no tenga plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.



---

arena gruesa y con o sin material ligante bien graduado. Asimismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3. Subgrupo A-2-6 y A-2-7: Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz N°40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente

---

Nota: Clasificación de suelos gruesos, según AASHTO fueron tomadas de (Briceño et al., 2018).

### **Suelos Finos.**

Tipo de suelo con un contenido más del 35% del material fino pasante del tamiz N°200. Estos suelos forman los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.



**Tabla 5**

*Suelos finos*

<b>Grupo A-4</b>	<b>Grupo A-5</b>	<b>Grupo A-6</b>	<b>Grupo A-7</b>
Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N°200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limos con grava y arena hasta en un 64%.	Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del grupo anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son plásticos y tienen un límite líquido elevado.	El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar el tamiz N°200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas, cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Los materiales de este grupo presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados secos y húmedo.	Los suelos de este grupo son semejantes a los del grupo A-6, pero son plásticos. Sus límites líquidos son elevados. Subgrupo A-7-5: Incluyen aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. Subgrupo A-7-6: Incluyen aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además,

experimentan cambios de volumen muy grandes entre sus estados “seco” y “húmedo”.

Nota: Clasificación de suelos finos, según AASHTO fueron tomadas de (Briceño et al., 2018).

**Figura 2**

*Clasificación de suelos de acuerdo a ASSTHO*

CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO											
CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES 35% O MENOS, PASA EL TAMIZ N°200						MATERIAL LIMO ARCILLOSO MAS DEL 35% PASA T200				
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
PORCENTAJE PASA EL TAMIZ:											A-7-6
N +10	50máx		51mín								
N +40	30máx	50máx	10máx								
N +200	15máx	30máx	10máx	35máx	35máx	35máx	35máx	36mín	36mín	36mín	36mín
CARACTERÍSTICAS MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N + 40											
LÍMITE LÍQUIDO				40máx	41mín	40máx	41mín	40máx	41mín	40máx	41mín
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6máx	6máx	NP	10máx	10máx	11mín	11mín	10máx	10máx	11mín	11mín
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	4máx	4máx	8máx	12máx	16máx	20máx
TIPO DE MATERIAL	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA, ARENA		ARENA FINA	GRAVAS, ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	
TERRENO DE FUNDACIÓN	EXCELENTE A BUENO					REGULAR		REGULAR A MALA			

Nota: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor a su límite líquido menos 30  $lp \leq (LL-30)$  y el de los A.-7-6 es mayor que su límite líquido menos 30  $lp > (LL-30)$ . Su utilización de este cuadro de clasificación es de izquierda a derecha hasta localizar el primer grupo o subgrupo con las características del suelo en mención (Briceño et al., 2018).

Asimismo, Los suelos con mucha materia orgánica se clasifican en el grupo A-8, como turba, dicho grupo no establece en la figura. Para ello, el sistema



AASHTO emplea un índice de grupo, IG, para contrastar distintos suelos clasificados en un mismo grupo.

Dicho índice de grupo se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_G = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

Donde:

a = Porción del porcentaje que pasa el T200 mayor que 35% y menor que 75%, expresado como un número entero positivo de 0 a 40.

b = Porción del porcentaje que pasa el T200 mayor que 15% y menor que 55%, expresado como un número entero positivo de 0 a 40.

c = Porción del LL mayor que 40% y menor que 60%, expresado como un número entero positivo de 0 a 20.

d = Porción del Ip mayor que 10 y menor que 30, expresado como un número entero positivo de 0 a 20.

### 2.2.5 Propiedades físicas de los suelos

Las principales propiedades físicas de los suelos son de mucha importancia en el estudio de la mecánica de suelos. Por lo que, podemos predecir su comportamiento de un terreno bajo cargas y más si esos terrenos se encuentran con contenidos distintas de humedad (Crespo, 2004).

- **Tamaño de partícula de suelo**

De acuerdo a Braja, (2013) Correcto, los suelos se clasifican habitualmente según el tamaño de las partículas que los componen. Los términos comunes



utilizados para describir los diferentes tipos de suelos son grava, arena, limo y arcilla, y estos términos se basan en el tamaño dominante de las partículas presentes en el suelo. A continuación, te explico más detalladamente sobre estos términos y los límites de separación de tamaño utilizados. Clasificación por Tamaño de Partículas. Grava. Tamaño de partículas: Mayor a 2 mm. Características. Partículas grandes, visibles a simple vista, típicamente compuestas por rocas fragmentadas. Usos comunes: A menudo se utiliza como material de base en construcción y carreteras debido a su capacidad de soporte. Arena. Tamaño de partículas: De 0.05 mm a 2 mm. Características: Partículas visibles, pero más pequeñas que la grava, pueden ser gruesas o finas dependiendo del tamaño de grano. Usos comunes: Ampliamente utilizada en la construcción, en mezclas de concreto, como relleno y en sistemas de filtración. Limo. Tamaño de partículas: De 0.002 mm a 0.05 mm. Características: Partículas muy finas, apenas visibles individualmente, tienen una textura suave y a menudo son plásticas cuando están húmedas. Usos comunes: Usado en la agricultura para mejorar la estructura del suelo y retener nutrientes. Arcilla. Tamaño de partículas: Menor a 0.002 mm. Características: Partículas extremadamente finas, forman agregados microscópicos que tienen una alta capacidad de retener agua. Usos comunes: Utilizada en la cerámica, en la fabricación de ladrillos y como material de sellado en ingeniería civil. Límites de Separación de Tamaño. Las organizaciones y normativas han establecido límites de separación de tamaño para clasificar los suelos según el tamaño de partículas dominante. Algunos ejemplos incluyen: Unified Soil Classification System (USCS): Utiliza límites granulométricos específicos para definir las categorías de suelo, como grava, arena, limo y arcilla. American Association of State Highway and Transportation

Officials (AASHTO): Proporciona directrices similares para la clasificación de suelos según su tamaño de partículas y propiedades plásticas. Importancia en Ingeniería. La clasificación de suelos según el tamaño de partículas es crucial en ingeniería porque afecta directamente la estabilidad, la capacidad de carga, la permeabilidad y otras propiedades del suelo. Comprender estas clasificaciones ayuda a los ingenieros a seleccionar materiales adecuados para diferentes aplicaciones de construcción, diseñar cimentaciones y estructuras apropiadas, y planificar proyectos de manera eficiente y segura. En resumen, la clasificación de suelos basada en el tamaño de las partículas (grava, arena, limo, arcilla) es fundamental en la ingeniería geotécnica y civil, proporcionando una base sólida para el análisis y diseño de infraestructuras.

**Tabla 6**

*Límites de separación de tamaño de suelo*

Organización	Tamaño de grano (mm)				
	Grava	Grana	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2		2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2		2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2		2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del)	76.2 a 4.75		4.75 a 0.075	Finos (p.ej., linos y arcillas) <0.075	



---

### Tamaño de grano (mm)

---

**Ejército de E.U.,  
Oficina de  
Reclamación de  
E.U., Sociedad  
Americana para  
Pruebas y  
Materiales)**

---

Nota: En esta tabla el sistema del MIT se presenta sólo a modo de ejemplo, ya que juega un papel importante en la historia del desarrollo de los límites de separación de tamaño de suelo. Sin embargo, en la actualidad el Sistema Unificado es casi universalmente aceptado y ha sido adoptado por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Braja M., 2013).



- **Color del suelo**

Para Jaramillo, (2002) “El color del suelo es una característica morfológica notable que está estrechamente relacionada con sus componentes sólidos principales y puede proporcionar información importante sobre su composición y propiedades. Aquí te explico más sobre cómo se caracteriza y evalúa el color del suelo. Evaluación del Color del Suelo. Espectrofotometría. Principio: Los espectrofotómetros son equipos que miden la cantidad de luz que refleja o transmite una muestra de suelo a diferentes longitudes de onda en el espectro visible (400 a 700 nm). Reflectancia Espectral: Estos dispositivos generan curvas de reflectancia espectral que muestran cómo varía la reflexión de la luz en función de la longitud de onda. Interpretación: Las curvas de reflectancia espectral pueden proporcionar información sobre la composición mineralógica y la textura del suelo, así como sobre la presencia de materia orgánica u otros componentes. Sistema de Evaluación del Color. El color del suelo se evalúa típicamente considerando tres parámetros principales. Matiz. Describe la apariencia general del color del suelo en términos de su dominante cromático, como rojo, amarillo, marrón, etc. Claridad o Brillo. Indica la luminosidad o la oscuridad del color. Valores más altos indican colores más claros (por ejemplo, arena), mientras que valores más bajos indican colores más oscuros (por ejemplo, arcilla). Pureza (Chroma). Representa la intensidad o saturación del color. Valores más altos indican colores más vivos y saturados, mientras que valores más bajos indican colores más desaturados o apagados. Importancia en la Geotécnica y Agricultura. Identificación de Suelos. El color del suelo puede ayudar a identificar diferentes tipos de suelos y proporcionar pistas sobre su formación y composición. Evaluación de la Fertilidad. En la agricultura, el color del suelo puede indicar



niveles de materia orgánica y nutrientes disponibles. Monitoreo Ambiental. Cambios en el color del suelo pueden ser indicativos de procesos de erosión, contaminación u otros impactos ambientales. En un estudio geotécnico o agronómico, se puede utilizar un espectrofotómetro para analizar muestras de suelo y obtener datos precisos sobre su color. Estos datos se pueden comparar con estándares o bases de datos para clasificar el suelo según sus propiedades y características físicas. En resumen, la evaluación del color del suelo mediante espectrofotometría y la aplicación de parámetros como matiz, claridad y pureza proporciona una herramienta poderosa para entender mejor los suelos en diferentes contextos, desde la agricultura hasta la ingeniería civil y ambiental.

- **Estructura del suelo**

Un suelo jamás puede ser un mero agregado desprovisto de organización; al contrario, sus partículas están siempre de forma organizada, determinadas mediante leyes fijas accionadas según las fuerzas naturales susceptibles de análisis (Badillo & Rodríguez, 2008). Exactamente. La clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas varía desde aquellos con partículas grandes y visibles como gravas y arenas, hasta suelos con partículas muy pequeñas y finas como limos y arcillas. Esta diferencia en tamaño de partículas afecta cómo se clasifican y evalúan los suelos. Suelos con Partículas Grandes (Gravas y Arenas). Gravass. Tamaño de partículas: Mayor a 2 mm. Características: Partículas grandes y visibles a simple vista. Evaluación: Pueden ser clasificadas directamente mediante observación visual o mediante tamizado en el laboratorio para determinar la distribución de tamaños de partículas. Arenas. Tamaño de partículas: De 0.05 mm a 2 mm. Características: Partículas visibles, pueden ser finas o gruesas dependiendo del tamaño de grano. Evaluación: Similar a las gravas, pueden ser





evaluadas visualmente o mediante análisis granulométrico en el laboratorio.

Suelos con Partículas Pequeñas (Limos y Arcillas) Limos. Tamaño de partículas: De 0.002 mm a 0.05 mm. Características: Partículas finas, apenas visibles individualmente. Evaluación: Debido a su tamaño pequeño, la evaluación se realiza típicamente mediante métodos indirectos como el análisis de sedimentación o el uso de equipos de laboratorio para determinar la textura del suelo. Arcillas. Tamaño de partículas: Menor a 0.002 mm. Características: Partículas extremadamente finas que forman agregados microscópicos. Evaluación: También se realiza mediante métodos indirectos debido a la complejidad de su estructura, como pruebas de sedimentación y análisis de la plasticidad y cohesión del suelo. Métodos de Evaluación. Directos para Partículas Grandes: Observación visual, tamizado y análisis granulométrico. Indirectos para Partículas Pequeñas: Análisis de sedimentación, determinación de límites de plasticidad, pruebas de compactación y otros métodos de laboratorio. Importancia en Ingeniería Geotécnica. La clasificación adecuada de los suelos es esencial en ingeniería geotécnica para diseñar cimentaciones, estructuras de retención, caminos y otras infraestructuras. Comprender las propiedades físicas de los suelos, incluida la textura y distribución de tamaños de partículas, ayuda a los ingenieros a tomar decisiones informadas sobre el uso del suelo y la implementación de técnicas de mejora del suelo cuando sea necesario. En resumen, la evaluación de suelos varía según el tamaño de las partículas: mientras que los suelos con partículas grandes como gravas y arenas pueden ser evaluados directamente, los suelos con partículas pequeñas como limos y arcillas requieren métodos indirectos debido a la complejidad de su estructura y tamaño de partículas.



- **Textura del suelo**

La textura muestra el contenido referente a las partículas de distintos tamaños, como es la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. Además, la textura nos hace ver su simplicidad con que se logra trabajar el suelo, también nos permite ver la cantidad de agua y aire que reserva y la velocidad con la que el agua infiltra y transita en el suelo (FAO, 1999).

Por otro lado, la textura del suelo se puede determinar mediante la prueba de manipulación. Para ello, se separa en primer lugar la tierra fina que viene a ser una mezcla de arena, limo y arcilla, de todas las partículas de menos de 2 mm, de las partículas de mayor tamaño como es la grava y las piedras.

- **Porosidad**

Jaramillo, (2002) define que “La porosidad total del suelo se refiere al volumen total de espacio poroso dentro del suelo que no está ocupado por sólidos. Este espacio poroso está disponible para la circulación y almacenamiento de líquidos y gases. El comportamiento de este sistema poroso está influenciado por varios factores relacionados con la composición y disposición de la porción sólida del suelo. Tipos de Porosidad. Porosidad Textural. Definición: Es la porosidad determinada por el tamaño, la forma y la distribución de las partículas minerales en el suelo. Características: Depende principalmente de la textura del suelo, es decir, de la proporción relativa de arena, limo y arcilla. Influencia: Suelos con texturas más gruesas (mayor contenido de arena) tienden a tener una porosidad textural más alta debido a la presencia de espacios más grandes entre las



partículas. Porosidad Estructural: Definición: Se refiere a la porosidad creada por la organización y disposición de las partículas del suelo en agregados o estructuras más grandes. Características: Depende de la estabilidad y tamaño de los agregados del suelo, así como de la presencia de raíces y organismos que contribuyen a la estructura del suelo. Influencia: Una buena estructura del suelo puede aumentar la porosidad estructural, facilitando el paso del agua y el aire, así como la penetración de las raíces. Importancia en la Fertilidad y Manejo del Suelo. Almacenamiento de Agua: La porosidad total afecta la capacidad del suelo para retener agua disponible para las plantas. Aireación: Una adecuada porosidad permite la circulación de aire dentro del suelo, crucial para la respiración de las raíces y organismos del suelo. Drenaje: Influencia en el drenaje del suelo, evitando el estancamiento del agua que podría ser perjudicial para las raíces. Medición y Evaluación. Métodos Directos: Se utilizan técnicas como la medición del volumen de poros por saturación y pesaje, así como el uso de técnicas de imágenes por microscopía para analizar la distribución de poros. Métodos Indirectos: Incluyen el uso de modelos y ecuaciones basadas en la textura y estructura del suelo para estimar la porosidad total. En conclusión, entender los tipos y características de la porosidad del suelo es fundamental para gestionar adecuadamente su fertilidad y capacidad para sustentar cultivos. La combinación de porosidad textural y estructural juega un papel crucial en determinar las propiedades hidráulicas y mecánicas del suelo, así como su capacidad para soportar la vida vegetal y microbiana. Así como también, Badillo y Rodriguez, (2008); Braja, (2013); Briceño et al., (2018) definen que la porosidad ( $n$ ) es la razón del volumen de vacíos al volumen total, cuya ecuación matemática es representando por lo siguiente:

**Tabla 7**

*Clasificación de los poros del suelo*

<b>Tipo de poros</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
<b>Muy gruesos</b>	> 10
<b>Gruesos</b>	10 - 5
<b>Medios</b>	5 - 2
<b>Finos</b>	2 - 0.5
<b>Muy finos</b>	< 0.5

Nota: Muestra varias clasificaciones para agrupar los poros del suelo, de acuerdo al tamaño que representan, que ha sido propuesta por el Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993). Fueron tomadas de (Jaramillo, 2002).

Al volumen total, cuya ecuación matemática es representando por lo siguiente:

- **Peso volumétrico**

Crespo, (2004) lo define como “El peso volumétrico de un suelo se refiere al peso del suelo contenido en una unidad de volumen específica. Se expresa comúnmente en unidades de masa por unidad de volumen, como kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Este parámetro es importante en la ingeniería geotécnica y civil, ya que proporciona información sobre la densidad aparente del suelo y puede variar significativamente según la composición, la textura y el contenido de agua del suelo. Factores que Influyen en el Peso Volumétrico del Suelo: Composición del Suelo: La naturaleza de los materiales que componen el suelo, como gravas, arenas, limos y arcillas, influye en su peso volumétrico. Textura del Suelo: La distribución de tamaños de partículas (textura) afecta la porosidad y, por lo tanto, el peso volumétrico. Por ejemplo, los suelos con mayor contenido de partículas gruesas tienden a tener un peso volumétrico menor que los suelos con mayor



proporción de partículas finas. Contenido de Agua: El contenido de agua en el suelo afecta significativamente su peso volumétrico. Los suelos saturados de agua tienden a ser más pesados que los suelos secos debido a la diferencia en la densidad del agua y el aire. Importancia en Ingeniería: Diseño de Cimentaciones: El peso volumétrico del suelo influye en el diseño de cimentaciones y estructuras, ya que afecta la capacidad de carga del suelo y su estabilidad. Compactación: En la construcción de carreteras y otras infraestructuras, es crucial alcanzar un peso volumétrico adecuado mediante técnicas de compactación para garantizar la resistencia y durabilidad de la estructura. Estabilidad de Taludes: En la estabilidad de taludes y terraplenes, el peso volumétrico del suelo juega un papel clave en la resistencia al deslizamiento y la capacidad de soporte. Métodos de Medición: En Campo: Se utiliza un cono de arena o métodos de recipiente para medir el volumen de suelo y luego se determina su peso. En Laboratorio: Se realizan pruebas de densidad seca y densidad saturada para determinar el peso volumétrico del suelo bajo diferentes condiciones de humedad. En resumen, el peso volumétrico del suelo es una medida fundamental en ingeniería que ayuda a entender sus propiedades físicas y a tomar decisiones informadas sobre su uso y manejo en diferentes proyectos de construcción e infraestructura.

Rubio et al., (2022) “Vamos a clarificar estos conceptos: Peso Específico de los Granos ( $\gamma_g$ ): El peso específico de los granos se define como la relación entre el peso y el volumen de una partícula individual de suelo, sin considerar los vacíos existentes en el suelo. Es una medida de la densidad de las partículas sólidas que componen el suelo. Se calcula utilizando la fórmula:  $\gamma_g = \frac{W_g}{V_g}$ , donde  $(W_g)$  es el peso de los sólidos (granos) y  $(V_g)$  es el volumen de los sólidos. El peso específico de los granos es una propiedad



intrínseca de los materiales y puede variar dependiendo de la composición mineralógica y la estructura de los granos. Densidad: La densidad se define como la cantidad de material (masa) contenida en relación con el volumen que ocupa. En el Sistema Internacional (SI), la unidad de densidad es el kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). Puede referirse a la densidad de una sustancia en estado sólido (como los granos de suelo), líquido o gaseoso. La densidad del suelo en términos generales se refiere a la masa por unidad de volumen total, incluyendo tanto los sólidos como los vacíos (espacios porosos llenos de aire o agua). Relación entre Peso Específico de los Granos y Densidad del Suelo: El peso específico de los granos ( $\gamma_g$ ) es útil para entender la densidad de las partículas sólidas en el suelo sin considerar los espacios vacíos. La densidad del suelo ( $\rho$ ) incluye tanto el peso de los sólidos como el volumen de los espacios porosos ocupados por aire o agua. En ingeniería geotécnica, ambos conceptos son importantes para caracterizar y comprender las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como para el diseño de cimentaciones, terraplenes y estructuras. En resumen, el peso específico de los granos es una medida de la densidad de las partículas sólidas individuales del suelo, mientras que la densidad del suelo considera todos los componentes (sólidos y poros) presentes en una unidad de volumen de suelo. (Braja, 2013). Cuya ecuación matemática es:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$\rho_d = \frac{M_s}{V}$$

Donde:

$\rho$  = densidad de suelo ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_d$  = densidad seca del suelo ( $\text{kg/m}^3$ )

$M$  = masa total de la muestra de suelo (kg)

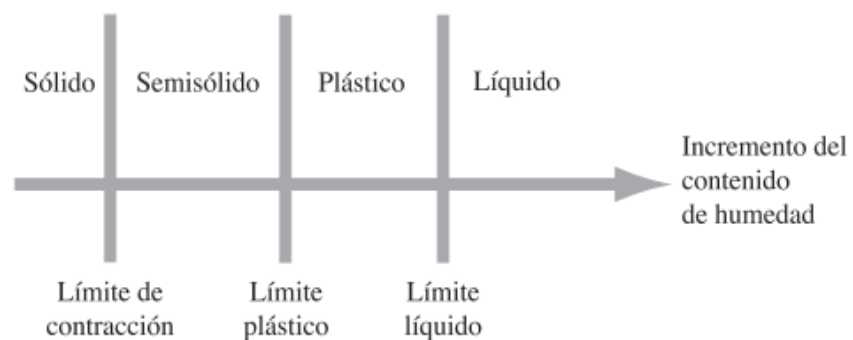
$M_s$  = masa de sólidos del suelo de la muestra (kg)

### Consistencia

En 1900, Albert Mauritz Atterberg científico sueco ha desarrollado un método para determinar la consistencia de los suelos de grano fino con distintos contenidos de humedad. Donde concluye que, con contenidos de humedad muy bajo, el suelo suele comportarse más como un sólido frágil. Mientras tanto, si el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden circular como un líquido (Braja, 2013). Asimismo, según el contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo se divide en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, tal como se puede observar en la siguiente figura.

**Figura 3**

*Límite de Atterberg*



Nota: El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg. Fueron tomadas de



(Braja, 2013). del suelo se divide en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, tal como se puede observar en la siguiente figura.

### **Contenido de humedad**

Jaramillo, (2002) define que “La cantidad de agua presente en el suelo es una característica fundamental que influye en su comportamiento físico, químico y biológico. Esta cantidad de agua está determinada por varios factores: Textura del Suelo: La textura del suelo, que se refiere a la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla, afecta la capacidad del suelo para retener agua. Por ejemplo, los suelos arenosos tienen una capacidad de retención de agua más baja que los suelos arcillosos. Contenido de Materia Orgánica: La materia orgánica actúa como una esponja en el suelo, mejorando su estructura y capacidad para retener agua. Los suelos ricos en materia orgánica tienden a retener más agua que los suelos pobres en materia orgánica. Composición de las Fracciones Mineral y Orgánica: La composición mineralógica y orgánica del suelo también influye en su capacidad para retener y almacenar agua. Por ejemplo, los minerales específicos pueden afectar la capacidad de retención de agua del suelo. Estructura del Suelo: La estructura del suelo, que se refiere a cómo se agrupan las partículas sólidas en agregados, afecta la porosidad y la capacidad de drenaje del suelo. Una buena estructura del suelo puede facilitar la infiltración y retención de agua. Aporte de Agua Natural y Artificial: La cantidad de agua que recibe el suelo naturalmente a través de la lluvia y artificialmente mediante el riego es crucial para su contenido de agua. La distribución y frecuencia de las precipitaciones y el manejo del riego afectan la disponibilidad de agua en el suelo. Consumo de Agua por Evapotranspiración: La evapotranspiración, que es la pérdida de agua desde el suelo por evaporación y transpiración de las plantas, reduce el contenido de





agua disponible en el suelo. Este proceso está influenciado por factores climáticos y por la cobertura vegetal. Importancia en la Agricultura y la Ingeniería Civil: En agricultura, el manejo adecuado del agua en el suelo es crucial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En ingeniería civil, la evaluación del contenido de agua del suelo es esencial para el diseño de cimentaciones, terraplenes y estructuras que dependen de la estabilidad y resistencia del suelo. En resumen, la cantidad de agua presente en el suelo es una característica dinámica que varía según varios factores y juega un papel crucial en su capacidad para sustentar vida vegetal, así como en su comportamiento geotécnico en proyectos de construcción e infraestructura. El contenido de humedad ( $w$ ) es la relación del peso o contenido del agua entre el peso de sólidos en un volumen dado de suelo (Braja, 2013).

$$W = W_w / W_s$$

Donde:

$W$ : Contenido de humedad.

$W_w$ : Peso de agua.

$W_s$ : Peso de sólidos.

También se puede calcular en función del peso de la muestra húmeda y seca, según la siguiente expresión:

$$W (\%) = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

Donde:

$W$ : Porcentaje de humedad.



*Psh*: Peso del suelo húmedo.

*Pss*: Peso del suelo seco al horno.

## 2.2.6 Propiedades mecánicas de los suelos

La aplicación de la mecánica de suelos a la solución de los problemas en la ingeniería ha demostrado que se debe de estudiar las propiedades mecánicas de los suelos. Teniendo en cuenta que requieren trabajos cuidadosos y la utilización de equipos especiales.

- **Compactación de suelo**

Es la densificación del suelo por medios mecánicos. cuyo objetivo, es aumentar la resistencia y estabilidad volumétrica, disminuyendo la permeabilidad, como resultado del desarrollo de densificación de la masa. Para Braja, (2013) “Correcto, la compactación del suelo es un proceso mediante el cual se reduce el volumen de vacíos dentro de sus partículas, principalmente eliminando el aire entre estas. Este proceso se lleva a cabo aplicando energía mecánica, típicamente mediante equipos como rodillos compactadores, pisones o maquinaria similar. La meta es incrementar la densidad del suelo y mejorar sus propiedades mecánicas y de estabilidad. Medición del Grado de Compactación. El grado de compactación de un suelo se evalúa principalmente mediante el peso unitario seco, que es una medida de la masa por unidad de volumen del suelo compactado. Este parámetro se expresa en unidades de masa divididas por unidades de volumen, típicamente en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Proceso de Compactación. Durante el proceso de compactación, se aplica la energía mecánica al suelo en capas sucesivas. El objetivo es reducir los vacíos entre las partículas, lo que aumenta la densidad del suelo. Al compactar adecuadamente el suelo:



- Se mejora su capacidad de soporte y resistencia a la compresión.
- Se reduce su capacidad de deformación y asentamiento bajo cargas.
- Se mejora la resistencia al agua y la erosión.

Métodos de Compactación. Los métodos de compactación varían según el tipo de suelo y las características del proyecto, pero generalmente involucran:

Compactación estática: Utiliza presión estática para reducir los vacíos.

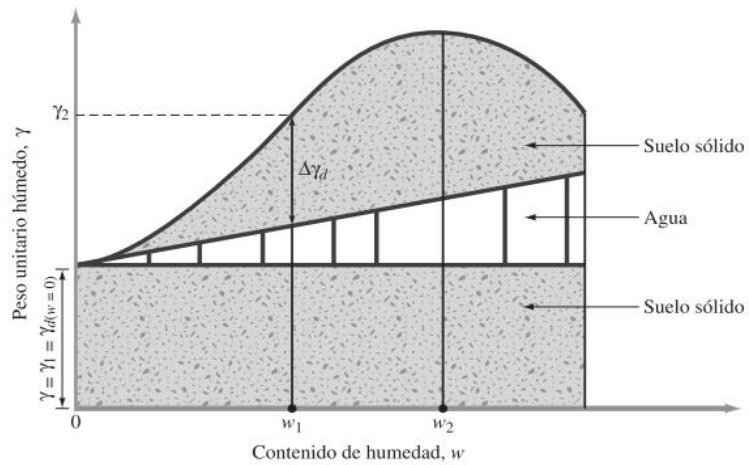
Compactación dinámica: Emplea vibraciones o impactos para compactar el suelo más eficientemente.

Control y Evaluación. Para asegurar una adecuada compactación, se realizan pruebas de control que incluyen la medición del peso unitario seco del suelo compactado en campo. Estas pruebas permiten verificar si se ha alcanzado el grado de compactación deseado según las especificaciones del proyecto.

Importancia en la Ingeniería Civil. La compactación del suelo es fundamental en la construcción de carreteras, cimentaciones, terraplenes, presas y otras estructuras donde la estabilidad y la resistencia del suelo son críticas. Un suelo bien compactado asegura la durabilidad y seguridad de las obras civiles, minimizando los problemas asociados con asentamientos diferenciales y fallas por inadecuada resistencia del suelo. En resumen, el peso unitario seco es una medida clave para evaluar el grado de compactación de un suelo, reflejando la densidad alcanzada tras el proceso de eliminación de aire mediante energía mecánica.

## Figura 4

### *Principios de compactación*



Nota: El peso unitario seco después de la compactación primero aumenta a medida que se incrementa el contenido de humedad. Teniendo en cuenta que en un contenido de humedad  $w = 0$ , la unidad de peso húmedo ( $\gamma$ ) es igual a la unidad de peso seco ( $\gamma_d$ ). Fueron tomadas de (Braja, 2013).

La prueba de laboratorio más utilizada para obtener el peso unitario seco máximo de compactación y el contenido óptimo de humedad es la prueba proctor de compactación.

- **Prueba Proctor estándar**

De acuerdo a Braja, (2013) Para determinar el peso unitario seco del suelo compactado en el molde de laboratorio, necesitamos seguir un proceso estándar. Aquí están los pasos clave y los cálculos que se deben realizar: Pasos a seguir: Dimensiones del molde y preparación del suelo:

- El molde tiene un volumen de  $943.3 \text{ cm}^3$  (0.9433 litros).
- Se utiliza suelo mezclado con agua en cantidades variables y se compacta en tres capas iguales con 25 golpes por capa.



- **Compactación:**

- Se compacta el suelo en el molde en tres capas iguales utilizando un martillo con 25 golpes por cada capa. Esto es importante para asegurar que el suelo esté compactado de manera uniforme y reproducible.

Peso del suelo compactado:

- Una vez compactado el suelo en el molde, se mide y se pesa.

Cálculo del peso unitario seco:

- Se determina el peso del suelo compactado en el molde.

- Se calcula el peso unitario seco utilizando la fórmula:

$$\gamma_d = \frac{W}{V}$$

donde:

-  $\gamma_d$  es el peso unitario seco del suelo compactado (en  $\text{kg/m}^3$ ).

- W es el peso del suelo compactado (en kg).

- V es el volumen del molde (en  $\text{m}^3$ ).

Consideraciones adicionales: Es crucial que el suelo se compacte uniformemente en las tres capas y que se maneje cuidadosamente durante todo el proceso para obtener resultados precisos. La cantidad de agua agregada al suelo durante la mezcla también afectará el peso unitario seco y debe ser controlada de acuerdo con los estándares de prueba especificados. Ejemplo numérico hipotético: Supongamos que después de compactar y realizar los procedimientos adecuados, se obtiene un peso del suelo compactado de 1500 g (1.5 kg). Entonces, el cálculo del peso unitario seco sería:

- $W = 1,5 \text{ kg}$

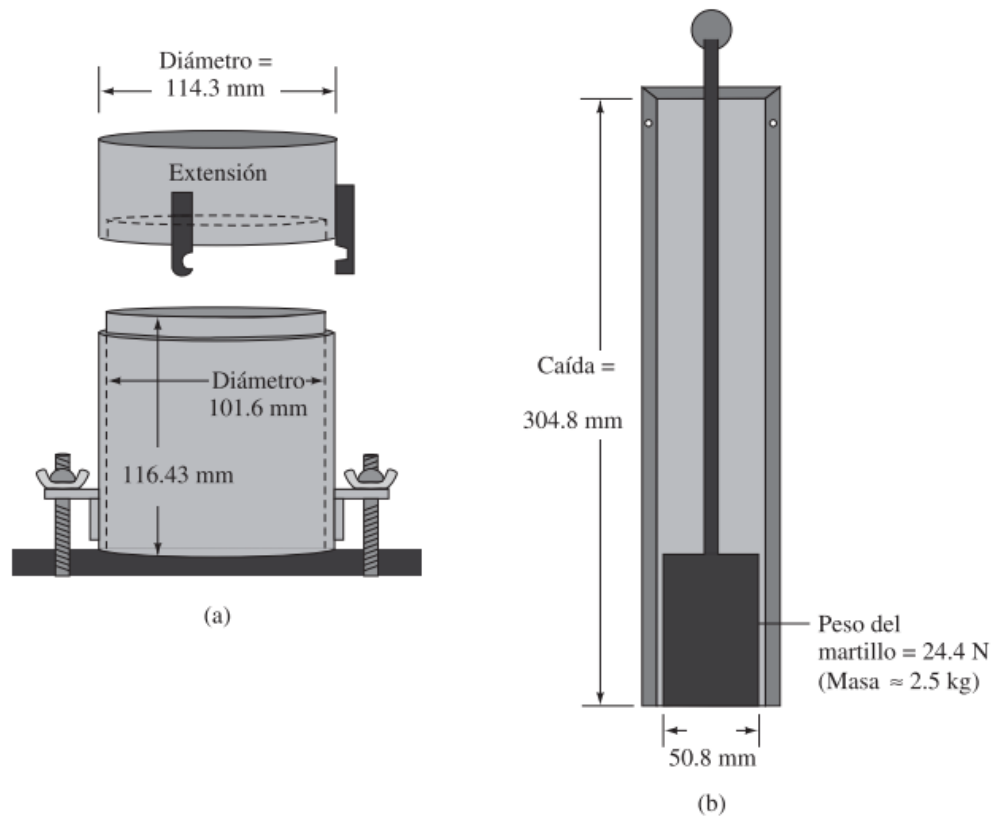
- $V = 0,9433 \text{ litros} = 0,9433 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  (convertido a metros cúbicos)

$$\gamma_d = \frac{W}{V} = \frac{1,5}{0,9433 \times 10^{-3}} = \frac{1,5}{0,0009433} \approx 1590 \text{ kg/m}^3$$

Este sería un ejemplo de cómo se calcularía el peso unitario seco del suelo compactado en el molde de laboratorio, utilizando los datos proporcionados y siguiendo los procedimientos estándar de prueba.

### Figura 5

*Equipo de prueba de Proctor estándar.*



Fueron tomada de (Braja, 2013).

Para cada prueba, el peso unitario húmedo de compactación  $\gamma$  se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\gamma = W/V(m)$$

Donde:



$W$  = peso del suelo compactado en el molde

$V_{(m)}$  = volumen del molde (= 943.3 cm<sup>3</sup>)

Además, Para cada prueba, el contenido de humedad del suelo compactado es determinado en el laboratorio. Si se conoce el contenido de humedad, el peso unitario seco  $\gamma_d$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

Donde  $w$  (%) = porcentaje de contenido de humedad.

- **Prueba Proctor modificada**

Persigue determinar la densidad seca máxima de un suelo y la humedad optima necesaria para alcanzar esta densidad. Los cuales este tipo de ensayo requiere una energía de compactación mayor que el ensayo estándar.

La prueba Proctor estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. Por ende, es como la llamada prueba Proctor modificada Norma ASTM D-1557 y Norma AASHTO T 180, donde se utiliza el mismo molde, con un volumen de 943.3 cm<sup>3</sup>, como en el caso de la prueba Proctor estándar. Sin embargo, el suelo es compactado en cinco capas por un martillo que pesa 44.5 N (masa = 4.536 kg) y tiene una caída de 457.2 mm. El número de golpes de martillo para cada capa se mantiene en 25, como en el caso de la prueba Proctor estándar (Braja, 2013).

**Tabla 8**

*Prueba Proctor modificada (Basado en Norma ASTM Prueba 1577)*

Elemento		Método A	Método B	Método C
<b>Diámetro del molde</b>	<b>del</b>	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
<b>Volumen del molde</b>	<b>del</b>	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
<b>Peso del martillo</b>	<b>del</b>	44.5 N	44.5 N	44.5 N
<b>Altura de la caída del martillo</b>	<b>de la</b>	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
<b>Número de golpes de martillo por capa de suelo</b>	<b>de</b>	25	25	56
<b>Número de capas de compactación</b>	<b>de</b>	5	5	5
<b>Energía de compactación</b>	<b>de</b>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>
<b>Suelo utilizado</b>		Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Nota: Los resultados de la prueba Proctor modificada resulta en un aumento del peso unitario seco máximo de suelo. El aumento del peso unitario seco máximo se acompaña de una disminución del contenido de humedad óptimo. fueron tomadas de (Braja, 2013).

- **California Bearing Ratio (CBR)**

El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos. Las siglas CBR significan Californian Bearing Ratio y





proviene de que este ensayo fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el Departamento de Transportes de California. La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

El método de CBR generalmente es usado para analizar materiales cuyo diámetro máximo de partículas es de  $\frac{3}{4}$ ". este método se ha convertido en una pieza clave en la búsqueda de evaluar la resistencia potencial de los materiales utilizados en la base y subbase de las estructuras y además de esto, brindando información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura e indicando la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo (Bowels, 1981). Cuya ecuación matemática es la siguiente:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100$$

El número CBR según la ecuación es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero. Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son los siguientes:

**Tabla 9***Valores de carga unitaria*

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	MPa	psi
2.5	0.10	6.9	1,000
5.0	0.20	10.3	1,500
7.5	0.30	13.0	1,900
10.0	0.40	16.0	2,300
12.7	0.50	18.0	2,600

Nota: El número CBR generalmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.5 mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5.0 mm es mayor, el ensayo debería repetirse (ordinariamente). Si un segundo ensayo produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5.0 mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo. Fueron tomadas de (Bowels, 1981).

**Tabla 10***Clasificación de suelos según CBR*

Valor CBR	Clasificación General	Usos
0 - 3	Muy pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Sub-base
20 - 50	Bueno	Base, Subbase
> 50	Excelente	Base

Nota: La determinación del CBR se puede llevar a cabo en muestras inalteradas y en muestras compactadas en laboratorio. Fueron tomadas de (Bowels, 1981).

### 2.2.7 Características de las canteras

Una cantera se define como el lugar en el territorio del cual se extraen o explotan agregados para todas obras civiles, empleando de distintas formas de extracción dependiendo del origen y tipo de material, pueden extraerse mediante dragas en lechos ríos o también se puede utilizar explosivos en laderas de montañas y cámaras de explotación. Antes de su explotación se debe realizar sondeos de pozos. así mismo, su análisis para garantizar sus propiedades y la disposición de los yacimientos. Cabe resaltar, que una cantera tiene una vida útil.

Por otro lado, la cantera es una expresión que se utiliza para describir al lugar donde existe material adecuado para su utilización en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras (MTC, 2008).

### **2.2.8 Métodos y sistemas de explotación**

- **Canteras en terrenos horizontales**

Las labores de extracción se inician en trinchera, hasta lograr la profundidad del primer nivel, agrandando el hueco creado y compaginando este avance lateral con la profundización. Asimismo, se tiene gran aceptación del entorno socio – económico, esto a consecuencia de un mejor control medioambiental (Herrera, 2007).

- **Canteras en ladera**

Para Herrera, (2007).se Estas son diversas alternativas para la dirección y método de excavación en proyectos, cada una con sus propias características y aplicaciones: Avance frontal y frente de trabajo de altura creciente: En este método, la excavación avanza frontalmente, ampliando continuamente el frente de trabajo en altura. Es común en proyectos donde se necesita extraer material de manera continua y mantener un frente de trabajo estable. Excavación descendente y abandono del talud final en bancos altos: Aquí, la excavación se realiza descendiendo desde la superficie hacia el subsuelo, dejando bancos altos en el talud final. Este método es útil en áreas donde se desea minimizar la exposición del talud excavado y se planea dejar un perfil final estable. Avance lateral y abandono del talud final: En este caso, la excavación avanza lateralmente desde un punto inicial, dejando el talud final excavado a medida que progresa. Es



efectivo en sitios estrechos o donde se requiere un acceso limitado para la maquinaria. Excavación troncocónica con pérdida de macizo de protección: Este método implica la excavación en forma de tronco de cono, donde el macizo de protección natural o estructural se pierde a medida que se excava. Es necesario controlar la estabilidad del talud durante y después de la excavación para evitar problemas de colapso. Cada una de estas alternativas tiene implicaciones específicas en términos de seguridad, costos y eficiencia durante la fase de construcción. La elección del método adecuado depende de factores como las características geológicas del sitio, el tipo de proyecto, las restricciones ambientales y las normativas aplicables.

- **Canteras subterráneas**

Herrera, (2007) menciona que “Las explotaciones que implican un mayor coste, pero que son consideradas excelentes alternativas cuando hay restricciones geológicas, económicas o ambientales, suelen referirse a métodos o tecnologías que permiten superar limitaciones significativas en la realización de proyectos. Aquí hay algunos ejemplos de situaciones en las que estas alternativas podrían ser preferibles:

- **Restricciones Geológicas:**

Cuando el sitio de construcción presenta condiciones geológicas difíciles, como suelos inestables, rocas duras o condiciones de agua subterránea adversas, pueden requerirse técnicas de construcción especializadas o materiales específicos que aumenten los costos, pero aseguren la estabilidad y seguridad del proyecto.

- **Restricciones Económicas:**



En proyectos donde las restricciones presupuestarias son estrictas, es posible que se prefieran métodos más costosos, pero más eficientes a largo plazo. Por ejemplo, utilizar materiales de construcción de mejor calidad que requieren una mayor inversión inicial, pero reducen los costos de mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto.

- **Restricciones Ambientales:**

Ante regulaciones ambientales estrictas, como la protección de áreas sensibles, recursos hídricos o hábitats naturales, las alternativas más costosas suelen implicar tecnologías que minimizan el impacto ambiental o cumplen con estándares más rigurosos de sostenibilidad.

**Ejemplos de Tecnologías o Métodos Costosos pero Alternativos:**

Técnicas de Cimentación Especializadas: Como pilotes o cimentaciones profundas en suelos difíciles o inestables. Materiales Avanzados de Construcción: Utilización de materiales compuestos, geosintéticos o tecnologías de construcción modular para mejorar la durabilidad y resistencia. Tecnologías de Gestión de Residuos y Aguas: Inversiones en sistemas avanzados de gestión de residuos y tratamiento de aguas para cumplir con normativas ambientales. Innovaciones en Energías Renovables: Desarrollo de proyectos que integran tecnologías renovables costosas, pero menos impactantes ambientalmente. En resumen, aunque estas alternativas pueden ser más costosas inicialmente, ofrecen beneficios significativos en términos de seguridad, sostenibilidad y cumplimiento normativo, haciendo frente a las restricciones que de otro modo podrían limitar el desarrollo de proyectos importantes.

- **Canteras a cielo abierto**



Método muy común en nuestro espacio geográfico donde en una primera etapa se eliminan toda materia distinta al material a extraer de dicha cantera como los residuos orgánicos e inorgánicos, con el fin de no alterar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos a extraer para la posterior evaluación de los ensayos en laboratorio.

- **Canteras aluviales**

Son canteras de formación de aluviones, conocidas también como canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas, la dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural.

- **Canteras de roca.**

Son más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas, estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual hace fuentes limitadas de materiales.

### **2.2.9 Pozos de Prueba (Calicatas)**

La excavación de pozos de prueba (calicatas) es el método más barato de exploración superficial. Los pozos se pueden excavar manualmente empleando



mano de obra local. En caso de que sea necesario que los hombres trabajen en el fondo de los pozos para obtener muestras de suelo, por ejemplo, serán necesarios los soportes de los lados de los pozos con una profundidad mayor de 1.2 m, por el riesgo de colapso. Los pozos de prueba proporcionan una visión clara de la estratificación de los suelos y de la presencia de cristales o bolsas de material más débil. Facilitan la toma de muestras de suelo cortadas a mano, evitando la alteración. Son especialmente valiosos para investigar la naturaleza del material de relleno, ya que las capas de depósitos sueltos o material deteriorado se pueden reconocer enseguida. De hecho, los pozos de prueba o las zanjas son el único medio confiable para obtener información pertinente en terrenos con relleno o con depósitos naturales muy variados.

#### a) **Ventajas**

Poder apreciar en forma directa el interior de las calicatas por un ingeniero especialista en mecánica de suelos es lo mejor que podría suceder; sin embargo, no siempre es posible esto en virtud de la naturaleza misma del terreno sobre todo por la presencia de suelos demasiado inestables como rellenos sanitarios, desmontes muy sueltos, arenas extremadamente sueltas o el nivel freático muy superficial.

De ser factible poder ingresar a una excavación a cielo abierto, las ventajas serían las siguientes:

- Auscultación directa del terreno precisando el espesor de cada estrato.
- Identificación in situ del terreno siguiendo las Norma ASTM.
- Extracción de muestras alteradas para ensayos de clasificación.



- Extracción cuando sea posible de muestras inalteradas para la ejecución de ensayos especiales de laboratorio.
- Ejecución de ensayos de veleta de bolsillo, penetrómetro portátil y otros en cada estrato.
- Ejecución de ensayos de densidad natural al interior de cada calicata por medio del ensayo de cono de arena, siguiendo la norma ASTM D1556.
- Otros ensayos.

#### **b) Desventajas**

Las desventajas que pueden presentarse en algunos tipos de terrenos por explorar son las siguientes:

- Topografía de la zona (pendientes muy empinadas).
- Nivel freático superficial.
- Terreno extremadamente deleznable (inclusive se dificulta la incorporación de ademe).
- Rellenos sanitarios con gases tóxicos

#### **2.2.10 Muestreo del suelo**

Existen dos tipos principales de muestras de suelo que pueden obtenerse a partir de perforaciones o pozos de prueba:

- Muestras alteradas:** como puede deducirse por su nombre, son muestras lomadas de las herramientas de perforación. Ejemplos, raspaduras en la barrena, los contenidos en los muestrarios slit-spoon en la prueba de





penetración estándar, residuos encontrados en la concha o en el agua que regresa, o muestras tomadas a mano en los pozos de prueba.

- b) **Muestras no alteradas:** obtenidas al introducir un tubo de paredes finas en el suelo; proporcionan, en la medida de lo posible, la verdadera estructura y contenido de agua in situ del suelo examinado. Es importante no introducir el tubo más de lo conveniente para evitar así que presione los componentes del suelo. Debe tenerse en cuenta que ninguna mezcla tomada al hacer un muestreo en el suelo puede ser 100 % no alterada.

### 2.2.11 Definición de términos

- **Arcilla:** Suelo que pasa el tamiz 0.075 mm (N° 200) con  $IP \geq 4$
- **Arena:** Tamaño 4.75mm (N° 4) a 2.0 mm (N° 10). Media. Tamaño 2 mm (N° 10) a 0.425 mm (N° 40) y Fina. Tamaño 0.425 mm (N° 40) a 0.075 mm (N° 200)
- **Cantera:** Espacio geográfico donde se explota el material agregado para uso en la construcción.
- **Calicata:** Técnica de prospección que consiste en la exploración de un terreno mediante excavación o perforación a profundidad baja o media para la toma de muestra de tierra.
- **Estudio de mecánica de suelos:** Es un manuscrito realizado por un experto que ayuda a la planificación y construcción de un proyecto.
- **Gaseoso:** Estado de la materia que consiste en el agrupamiento de átomos y moléculas con poca fuerza de atracción entre sí o en expansión.



- **Geotecnia:** Ciencia que estudia y desarrolla técnicas para el proceso de obras de construcción en relación con el suelo.
- **Grava:** Gruesa. Tamaño 75mm (3") a 19mm (3/4"). y Fina. Tamaño 19mm (3/4") a 4.75mm (N° 4).
- **Granulometría:** Es uno de los ensayos básicos que nos permite caracterizar un suelo. Por lo tanto, este ensayo aproxima a las características geotécnicas principales del suelo como es: la capacidad portante, deformabilidad o permeabilidad.
- **Limo:** Suelo que pasa el tamiz 0.075 mm (N° 200) con  $IP < 4$ .
- **Líquido:** Es un fluido (además de los gases) cuyo volumen es constante bajo condiciones de temperatura y presión constante.
- **Sólido:** Estado de agregación de la materia, que se caracteriza porque opone resistencia a cambios de forma y de volumen.
- **Suelos:** Es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, etc.
- **Rocas:** Son bloques con tamaños mayores a 12".



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 DISEÑO DE INVESTIGACION

El presente proyecto de investigación se desarrolló bajo la metodología del tipo analítico descriptivo, realizada mediante la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, para su posterior análisis e interpretación y diseño del proyecto para el mantenimiento entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita a Kotapata, distrito de Zepita.

#### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es de tipo analítico-descriptivo porque combina la descripción sistemática de las características geotécnicas del suelo en cada tramo con un análisis detallado que permite interpretar estos datos para recomendar el tipo de relleno adecuado, garantizando la transitabilidad entre los kilómetros 00+000 al 5+000 Zepita a Kotapata, distrito de Zepita.

#### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del estudio corresponde a la extensión total de la carretera comprendida entre los kilómetros 00+000 y 5+000 del tramo Zepita-Kotapata, en el distrito de Zepita, provincia de Chucuito, departamento de Puno. Por su parte, la muestra está conformada por los materiales provenientes de los tramos identificados de la cantera Chocco Pampa, los cuales se encuentran ubicados a diferentes distancias de la obra: el tramo I a 8.18 km, el tramo II a 9.63 km, el tramo III a 3.65 km y el tramo IV también a 9.63 km.

### 3.4 IDENTIFICACION Y ANÁLISIS DE VARIABLES

**Tabla 11**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDIDA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<b>Propiedades físicas y mecánicas de la cantera.</b>	Análisis granulométrico	Distribución granulométrica de partículas	mm	Tamizado, copa de casa grande
	Contenido de humedad	Ecuaciones	%	
	Límite líquido	Ecuaciones	%	
	Límite plástico	Ecuaciones	%	
	Índice de plasticidad	Ecuaciones	%	
	Clasificación de suelos, SUCS y AASHTO	-	-	
	Relación de soporte de California (CBR)	Capacidad de soporte del suelo	mm/kg	Método CBR laboratorio
	Abrasión de los Ángeles	-	mm	Máquina de los Ángeles
PROCTOR (modificado)	Grado de compactación	gr/cm <sup>3</sup>	Método PROCTOR	
<b>Calidad de la cantera para afirmado</b>	Propiedades	Características granulométricas	%	Conjunto de tamices, copa de casa grande, método CBR, máquina de los Ángeles.
		Capacidad de soporte	mm/kg	
		Índice de consistencia	%	
		Desgaste a la abrasión	mm	
		Máxima densidad	gr/cm <sup>3</sup>	
Manual de carreteras	de MTC, Manual de ensayo de materiales	-		

### 3.5 IDENTIFICACION Y ANÁLISIS DE VARIABLES

- Técnicas
  - Etapa de campo



Para el estudio de canteras, las que fueron explotadas y deberán satisfacer las necesidades del camino en mención tanto en calidad y cantidad. De esta forma se llega a seleccionar los bancos de materiales más adecuados. Las selecciones se hicieron de acuerdo a la potencia disponible, características geotécnicas adecuadas en relación a su uso, se tomó en cuenta la distancia del área a ser explotada y costo del transporte.

- **Etapas de laboratorio**

Los trabajos de laboratorio permitieron evaluar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos mecánicos. Las muestras disturbadas de suelos, provenientes de cada una de las exploraciones, fueron sometidas a ensayos de acuerdo a las recomendaciones de la American Society of Testing and Materials (ASTM).

En los ensayos de laboratorio se determinaron las características físicas y mecánicas de los materiales de cantera; se efectuaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras el MTC (EM-2000) como son: Análisis Granulométrico por tamizado, Límite líquido, Límite plástico, Índice plástico, Equivalente de Arena, Abrasión (los Ángeles), Proctor modificado y CBR.

- **Etapas de gabinete**

En base a los resultados de laboratorio y a la información de los espesores de las capas utilizables de acuerdo a las prospecciones y al área disponible, se calcularon los volúmenes utilizables de cada cantera.

- Instrumentos
- Guía de revisión documental



- Fichas de observación
- Formulario de inventario
- Bolsas de muestreo
- Planos
- Ábacos
- Libreta de campo
- Calculadora
- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Útiles de escritorio
- Fichas de control
- GPS
- Brújula
- Martillo de geólogo

### **3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

En la presente investigación se utilizó software especializado que permitió emplear con efectividad los datos obtenidos de laboratorio. Se utilizó el software Excel y ArcGis, donde se analizó los datos con el fin de evaluar las características geotécnicas de la cantera “Chocco Pampa” para el mantenimiento periódico y rutinario entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera ZEPITA a KOTAPATA, distrito de Zepita.



## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN

La ruta vecinal tiene su punto inicial en el desvío a la comunidad de Kotapata en la vía Desaguadero – Puno (panamericana), inicia en el centro poblado Zepita barrio Villa San Pedro, geográficamente inicia en las coordenadas: Norte: 8175033.87 Este: 90027.31 y su punto final se ubica en la parcialidad de Kotapata, geográficamente finaliza en las coordenadas: Norte: 8170847.97 Este: 489888.19

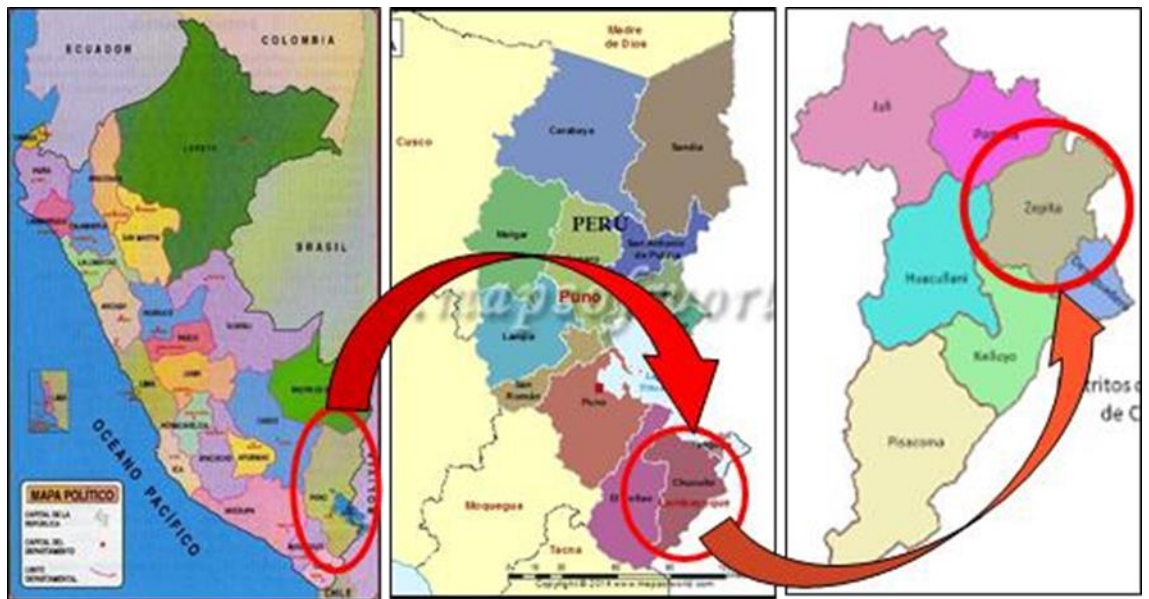
Topográficamente, comienza a altura de 3834.00 msnm (Km 0+000) y finaliza a una altura de 3993.00 msnm (Km 5+000) llegando en el punto final en la comunidad de Kotapata.

La ubicación de la cantera “Choco Pampa” se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas: 487 999 Este y 8 181 963 Norte, a una altura de 3823.65 m.s.n.m. el cual se ha delimitado y un área de 5,301.25 m<sup>2</sup> y una profundidad promedio aprovechable de 5.7 m

A lo largo de su recorrido atraviesa parcialidades, siendo el más importante la comunidad de Kotapata, además de presentar desvíos para otros sectores., tal como se muestra en la figura 6.

**Figura 6**

*Ubicación distrito de Zepita*



#### 4.2 ACCESIBILIDAD

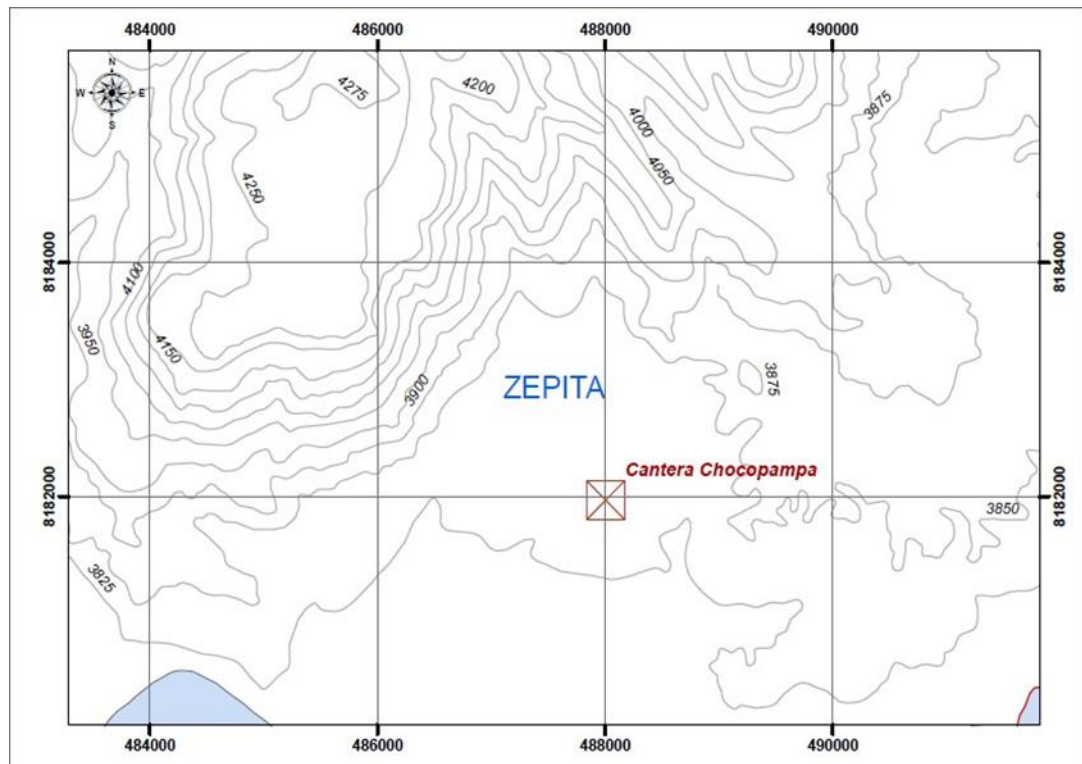
El acceso para llegar a la zona de estudio, es por vía terrestre, partiendo desde la ciudad de Puno hacia el distrito de Zepita, por la vía asfaltada, tomando un tiempo de 2 horas, seguidamente tomamos el acceso hacia el desvío a la Ciudad de Yunguyo, tal como se muestra en la imagen.

Cantera	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Distrito	Provincia	Departamento
	Este	Norte				
Choco Pampa	392596	8246441	3840.20	Zepita	Chucuito - Juli	Puno



## Figura 7

### *Ubicación de la cantera Chocco Pampa*



## 4.3 GEOLOGIA LOCAL

### Grupo Puno (P-pu) (paleogeno)

Descrito por primera vez por NEWELL (1949), la unidad aflora de forma dispersa en la parte central y sur de la región. PALACIOS et. al, (1993) menciona que la constitución litológica es de areniscas con conglomerados comunes, limolitas subordinadas, calizas y horizontes de tufos. Las areniscas en todo lugar son feldespáticas, las cuales pueden ser clasificadas como arcosas, subarcosas y como wackas feldespáticas, son de color rosado a marrón rojizo bien clasificadas, masivas bien estratificadas de tamaño de grano muy variable, con granos de cuarzo monocristalino angular a subredondeado. PALACIOS et. al, (1993) dice que las areniscas tienen baja porosidad por que la matriz son minerales de arcillas, cuarzo secundario, calcita o clorita.



PALACIOS et. al, (1993) dice que los conglomerados de Grupo Puno variedad de clastos, los cuales incluyen calizas grises, cuarcitas y areniscas rojas, limolitas, venas de cuarzo, dioritas, microdioritas, cherts, jaspes, y una selección de volcánicos andesítico basálticos.

31 PALACIOS et. Al, (1993) en la zona de Lagunillas (Cerro San Cristóbal) describe conglomerados y areniscas pobremente clasificados con bloques de volcánicos, los clastos dominantes de cuarcitas amarillo claro a marrón rojizo con intrusivos ácidos y escasas calizas, capas de cantos más gruesos. Conglomerados con clastos de cuarcita de color marrón se superponen areniscas tufáceas lila pálido. Conglomerados y brechas conglomerádicas masivas con clastos redondeados a angulares principalmente de granodiorita horbléndica verde violáceo oscuro. Conglomerados con clastos del tamaño de cantos, principalmente de cuarcita redondeada, pasando a arenisca de grano grueso con estratificación cruzada. Finalmente, areniscas de grano grueso con estratificación festonada, tufáceas y conglomerados con gravas y gránulos, los cuales contienen hasta un 75% de clastos de caliza. En el área del Distrito de Mañazo el Grupo Puno consiste predominantemente de areniscas con menos conglomerados en el tramo Lagunillas – Mañazo, aquí los sedimentos llegan a ser de grano fino. PALACIOS et. al, (1993), dice que, a 10 kilómetros de Juliaca el Grupo consiste de areniscas masivas interestratificadas con algunos lentes de conglomerados; areniscas laminares bien estratificadas y mal clasificadas, areniscas limoníticas que contienen granos de cuarzo subangular a subredondeado en una matriz limolítica

Formacion huaylilla (p-ta/h).

Descrita por WILSON & GARCIA (1962), esta unidad estratigráfica aflora en casi toda la extensión del Cerro Ccapia (cono volcánico), en el cuadrángulo de Juli. Este cono volcánico tiene aproximadamente 20 Km. de diámetro y no se reconoce su contacto basal. En general, se reconocen dos litologías principales; en la parte del tope son tobas



líticas, cristalizadas y lapillitas con mucha pumita y buena estratificación. Generalmente las tobas son de color gris rojizo con cristales y lapilli angulares entre 1 y 2 cm. El mejor afloramiento de estas tobas puede ser visto cerca a la hacienda Sacacatani, donde las unidades individuales tienen un promedio de 50 cm, de espesor, con las bases marcadas por la concentración, de óxidos de fierro.

### **Grupo Barroso**

Circunscrito al sector sur de la región Cordillera Occidental, esta unidad estratigráfica es subida a la categoría de grupo por MENDIVIL (1965). Así definida PALACIOS et. al, (1993) incluye a todas las rocas volcánicas y vulcano clásticas posteriores al vulcanismo del Grupo Sillapaca, y anteriores a la última glaciación Pleistocénica.

### **Porfidos Andesíticos**

Los denominados pórfido andesita se circunscriben a los distritos de Juli, Pomata, Zepita, Copani, Cuturapi y Yunguyo; en el último distrito existen diques que cortan rocas del Grupo Tacaza (Volcán Kapia) con orientación noreste – suroeste, se relacionan a mineralización.

### **Depósitos Cuaternarios**

Son acumulaciones de sedimentos ocurridos durante el cuaternario reciente, en donde predominan dos tipos de procesos que fueron observados dentro del área de estudio; dichos procesos se resumen a continuación:

- **Depósitos aluviales (Q – al)**, Estos depósitos se encuentran relacionados a fondos de valle, depresiones, llanuras y laderas de montaña, aquí se observan litologías como: arcillas y limos, arenas y gravas no consolidadas depositadas por la



corriente de los ríos flujos de agua y corriente laminares todas ellas incluyen sedimentos fluviales y coluviales (PALACIOS et. al, 1993). En los valles principales los sedimentos coluviales y los depósitos fluviales jóvenes con los más antiguos, pueden distinguirse perfectamente, pudiendo ser mapeados separadamente, pero en los valles pequeños y de áreas con tierras levantadas, son generalmente indiferenciables. Las llanuras aluviales consisten predominantemente de arenas bien clasificadas derivadas en parte de los retrabajamientos de depósitos lacustrinos antiguos. En las áreas de tierras altas muchos de estos materiales aluviales han sido derivados del retrabajamiento de detritos glaciares de morrena y de fluvioglaciares de bloques de grava inconsolidados y de gravas de canto que han rellenado muchos valles.

- **Depósitos fluviales (Q – fl);** Se origina a partir de la erosión, transporte y deposición actual de sedimentos por acción de la corriente de los ríos. Litológicamente los sedimentos son de naturaleza mayormente sedimentaria y en menor proporción de rocas intrusivas. Esta unidad se distribuye linealmente siguiendo la trayectoria del río y acumulando material en su lado convexo, se infiere potencias aproximada de 10 m a 60 m. Está clasificado visualmente como gravas arenosas no consolidadas

Comprende los depósitos actuales de cantos rodados que están compuestos por gravas y arenas ubicados en los lechos de los ríos; estos depósitos se asocian a zonas con variaciones de flujo de caudal de los ríos. Los sedimentos producto del tránsito aguas abajo que se activan durante las lluvias y son importantes como fuente de material de construcción no consolidado movable.



## 4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

### 4.4.1 Tectónica Regional

Una discordancia notable con rumbo NO-SE está cartografiada en la base del Grupo Maure (8 a 11 m.a.) su afloramiento se encuentra al Oeste del alineamiento Lagunillas (Lagunillas line) y de las fallas Laraqueri. La discordancia desarrollada sobre los Grupos plegados Tacaza y Puno, es probablemente el efecto del levantamiento posterior a los 22m.a. ya la formación de pedimento. Este pedimento ha sido designado como la superficie Puna habiendo sido reconocido en todos los Andes peruanos (TOSDAL, CLARK y FARRAR, 1984). La evidencia principal de una fase D4, son los pliegues de dirección NO-SE en el Grupo Maure. Su edad está bien definida en el cuadrángulo de llave, donde el Grupo Maure infrayace en discordancia a la Formación Umayo, no deformada de 6 m.a. Asociado estrechamente al plegamiento, ocurrió el emplazamiento de una klippe de dirección SO en las Calizas Ayavacas en el Frente llave el evento D5. La klippe está sobreescurrada sobre el Grupo Maure, plegado en el Cerro Chamacane (4392, 81892), Y sobre el Grupo Barroso datado en 7.2 m.a. (Apéndice 1, espécimen 6a), en el Cuadrángulo de Juli, en el Cerro Chucurasi (452, 8200). En el Cuadrángulo de llave, la Formación Umayo sobreyace al sobreescurrimiento en el Cerro Pusñapacha (4445, 81840).

### 4.4.2 Geomorfología Local

En lugar de estudio la geomorfología está dado por agentes endógenos tectonismo y vulcanismo; y exógenos como la precipitación y el viento además de la erosión diferencial, laminar y eólico, producto de estos tenemos las siguientes unidades geomorfológicas:



- **Mesetas Colinas, Lomadas Volcanoclasticas Y Volcanosedimentarias**

La morfología de la meseta volcánica y su posición en el Altiplano están estrechamente relacionadas con la actividad volcánica pliocena, en la margen de la Cordillera Occidental. La meseta volcánica está constituida por el grupo Barroso (compuesta de lavas, ignimbritas y tobas, con intercalaciones sedimentarias locales), que yace en discordancia sobre la formación Mauri del Plioceno.

Este tipo de paisaje se desarrolla especialmente en correspondencia con las serranías bajas, localizadas a lo largo de las márgenes internas de la cuenca. En realidad, se trata de relieves ligados al plegamiento de los terrenos terciarios de relleno de la fosa tectónica del Altiplano. Por lo tanto, se trata de relieves constituidos por rocas sedimentarias, de litología escasamente competente y tectonización reciente, probablemente todavía activa. De este tipo de serranías, se pueden individualizar tres alineaciones principales, con rumbo noroeste-sureste, donde se desarrollan las unidades de colina.

Debemos también considerar que, en la mayoría de los casos, las laderas de las colinas redondeadas están cubiertas por un manto coluvial que localmente puede llegar a ser muy espeso. Este manto presenta algunas incisiones, raras pero profundas, a lo largo de las que se concentra la erosión lineal y el transporte de materiales provenientes de la ladera como consecuencia de la erosión laminar, en ocasión de las lluvias.

- **Abanico de Pie de Monte**



Los problemas relacionados con estas formas son muy similares a los que ya han sido expuestos con respecto a las acumulaciones detríticas, con la diferencia que los abanicos están directamente vinculados al sistema fluvial y a la interacción de este con los episodios lacustres pleistocénicos en lo que toca a su origen, así como al régimen actual de las aguas superficiales en lo que toca a su dinámica presente. En las zonas montañosas y en la vertiente noreste de la cuenca alta del Desaguadero encontramos abanicos de tamaño medio, aislados, en la desembocadura de los valles mayores, o en grupos coalescentes al pie de vertientes uniformes, asociados estrechamente a acumulaciones detríticas. En la vertiente noreste de la cuenca baja del Desaguadero, encontramos abanicos, también muy extendidos y de pendiente suave, en la desembocadura de ríos que actualmente no son importantes; estos abanicos testimonian episodios de fuerte aporte de materiales vinculados a fases de marcado levantamiento de las áreas montañosas, en correspondencia con los periodos Interlacustres. Los abanicos constituyen zonas en las que se verifica deposición de material grueso y medio, en el caso de fuertes caudales de los ríos respectivos. Simultáneamente, en caso de lluvias intensas, los abanicos se ven sujetos a deslavaduras con transporte del material más fino y erosión localizada en surcos y cárcavas. De cualquier manera, los abanicos de la desembocadura de los valles, en valles mayores o en la llanura, constituyen colchones de material permeable que contribuyen a frenar la velocidad y la acción erosiva de las aguas y, por lo tanto, protegen las zonas ubicadas aguas abajo.

- **Planicies y Valles Aluviales con Terrazas Indiferenciales**

Unidad determinada por depósitos aluviales de fondo de valle conectados al retículo hidrográfico activo actual. Se trata generalmente de zonas



intramontañosas ocupadas por sedimentos cuaternarios aluviales que van de recientes a actuales, constituidos por gravas, arenas y limos, heterogéneos y heterométricos, poco o no consolidados. A menudo estos sedimentos están asociados a depósitos coluviales y, en las zonas montañosas, a depósitos fluvioglaociales, ya que en estas zonas la contribución al sedimento es mixta; en cualquier caso, no sería posible distinguir los dos tipos de unidad. Dada la actividad de levantamiento reciente y en acción que se encuentra en toda la región, en los valles más amplios se notan terrazamientos también a varios niveles. Esta unidad geomorfológica se caracteriza por superficies que, en conjunto, son llanas, con formas de detalle redondeadas y modeladas por la esorrentía de las aguas sobre materiales poco consolidados.

- **Morrenas**

Esta unidad no está muy difundida ocupa pequeñas áreas dispersas en la parte montañosa, vinculadas a circos glaciales. Los materiales que forman el substrato de esta unidad son muy heterogéneos, con preponderancia de clastos gruesos, escasamente cementados por una matriz arcillosa. Ahora bien, la importancia del morrenico con respecto a los fines del presente estudio es muy limitada. En la presente investigación se utilizó programas o software especializado que nos permitió emplear con efectividad los datos obtenidos de laboratorio. Se utilizó el software Excel y ArcGis, donde se analizó los datos con el fin de evaluar las características geotécnicas de la cantera “Chocco Pampa” para el mantenimiento periódico y rutinario entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera ZEPITA a KOTAPATA, distrito de Zepita.





## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **5.1 DETERMINAR LOS MATERIALES DE CANTERA CHOCCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA ENTRE LOS KILÓMETROS 00+000 AL 5+000 DE ZEPITA A KOTAPATA.**

La determinación de la cantera inició con la exploración del área de influencia directa en el distrito de Zepita. El objetivo principal fue estimar el volumen de material disponible, evaluar los medios de acceso a la zona, definir los métodos de extracción y determinar la propiedad de los terrenos involucrados. Adicionalmente, se buscó identificar las características físicas y mecánicas del material destinado al mantenimiento vial del tramo Zepita - Kotapata, con el propósito de garantizar un pavimento afirmado que proporcione a la vía un nivel adecuado de servicio, comodidad y seguridad, utilizando materiales que aseguren una vida útil prolongada. De igual manera, se evaluaron las canteras disponibles, clasificándolas según el tipo de material (afirmado, afirmado mejorado, entre otros), así como las fuentes de agua que cumplen con los requisitos técnicos mínimos establecidos en las normas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, asegurando además las cantidades necesarias para satisfacer las demandas del servicio.

##### **5.1.1 Determinación del punto de extracción**

Se realizó un reconocimiento de campo en las zonas circundantes al tramo Zepita – Kotapata, identificando áreas con materiales que presentaran características aparentes adecuadas para su explotación y uso como afirmado en el camino vecinal.



La exploración de la cantera Chocco Pampa incluyó la localización de bancos de material que contaran con volúmenes suficientes para el mantenimiento de la carretera. Esta exploración se llevó a cabo mediante la apertura de trincheras de al menos 1.5 metros de profundidad, permitiendo calcular la potencia de la cantera. De cada trinchera se obtuvieron muestras representativas de los distintos estratos encontrados, las cuales fueron etiquetadas y embaladas en bolsas de polietileno para su posterior análisis en un laboratorio especializado en mecánica de suelos.

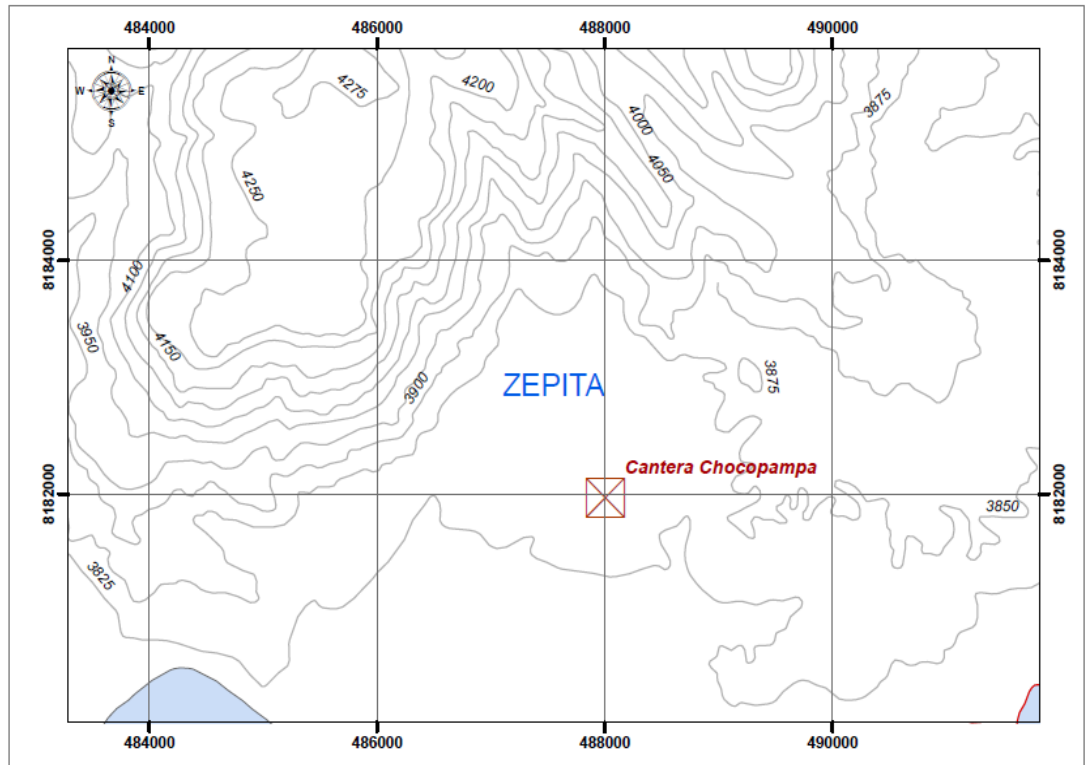
**Tabla 12.**

*Coordenadas de la cantera: Datum WGS 84 UTM Zona 19S*

Cantera	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Distrito	Provincia	Departamento
	Este	Norte				
<b>Choco Pampa</b>	392596	8246441	3840.20	Zepita	Chucuito - Juli	Puno

**Figura 8.**

*Mapa de ubicación de la cantera Chocco Pampa*



**Figura 9.**

*Identificación de la cantera Chocco Pampa*





### **5.1.2 Determinación de la cantera**

La cantera ubicada en el camino vecinal fue evaluada para determinar su calidad, potencia, rendimiento, accesibilidad, estado de las vías de acceso y situación legal (libre disponibilidad). Asimismo, se calculó el volumen de material utilizable y desechable, considerando el período y la oportunidad de utilización, así como el rendimiento de cada material para los usos previstos.

Se analizó el proceso de explotación y la disponibilidad de la cantera para suministrar los diversos materiales requeridos. La calidad de los agregados fue evaluada para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas necesarias, en función del uso propuesto, específicamente para la ejecución del mantenimiento vial en el tramo Zepita - Kotapata.

En la Tabla 13 se presentan las características de la cantera Chocco Pampa, cuyos materiales fueron empleados en los trabajos de mantenimiento vial de dicho tramo.

**Tabla 13.***Identificación de la cantera Chocco Pampa*

<b>Cantera Chocco Pampa</b>	
<b>Coordenadas</b>	E 487999 - N 8181963
<b>Ubicación</b>	La cantera está ubicada en una zona estratégica que abastezca a todos los tramos del proyecto
<b>Acceso</b>	A la cantera se accede mediante caminos vecinales
<b>Descripción de los agregados</b>	Los materiales de la cantera corresponden a un suelo Optimo; la cual está propuesta para ser empleada como material de la capa de rodadura.
<b>Área</b>	5301.25 m <sup>2</sup>
<b>Profundidad</b>	5.70 m
<b>Volumen</b>	28,573.73 m <sup>3</sup>
<b>Rendimiento</b>	90% para Afirmado 10 % para Relleno
<b>Usos</b>	Afirmado y relleno
<b>Tratamientos</b>	Para su empleo en afirmado y relleno, los materiales deben ser zarandeados para eliminar las gravas de tamaño mayor a 2'', según especificación.
<b>Explotación</b>	Con maquinaria
<b>Propietario</b>	Sr, David CHAMBILLA CONDORI padronado en la Comunidad Jachapampa.

Una vez identificada la cantera, se procedió a la extracción de muestras mediante excavaciones a cielo abierto, como calicatas y trincheras. Las muestras recolectadas durante la exploración fueron enviadas al laboratorio para realizar los análisis necesarios que permitan determinar sus características físicas y mecánicas, verificando que cumplan con las exigencias establecidas en las normativas vigentes.

## 5.2 EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE CANTERA CHOCCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA ENTRE LOS KILÓMETROS 00+000 AL 5+000 DE ZEPITA A KOTAPATA.

La evaluación de las características físicas mecánicas de los materiales a utilizar en el mantenimiento vial, con el fin de obtener un pavimento a nivel de Afirmado tal que brinde a la vía una adecuada y seguridad con materiales apropiados que garanticen la vida útil; así mismo se determinará las canteras (Afirmado, afirmado mejorado, etc.), y las fuentes de agua que cumplan con los requerimientos técnico mínimos exigidos en las normas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones con las cantidades necesarias para el requerimiento del servicio.

Los trabajos de laboratorio para evaluar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos mecánicos. Las muestras disturbadas de suelos, provenientes de cada una de las exploraciones, fueron sometidas a ensayos de acuerdo a las recomendaciones de la American Society of Testing and Materials (ASTM).

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas de los materiales de cantera; se efectuaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras el MTC (EM-2000) y son:

**Tabla 14.**

*Ensayos de laboratorio*

ENSAYO	USO	AASHTO	ASTM	PROPÓSITO
<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>	clasificación	T88	D-422	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo



ENSAYO	USO	AASHTO	ASTM	PROPÓSITO
<b>Límite líquido</b>	clasificación	T89	D424	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico.
<b>Límite plástico</b>	clasificación	T90	D424	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido.
<b>Índice plástico</b>	clasificación	T90	D424	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
<b>Equivalente de Arena</b>	Calidad Agregado	T176	D2419	Determinación rápida de la cantidad de finos en los agregados.
<b>Abrasión (los Ángeles)</b>	Calidad Agregado	T96	C131 C535	Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos.
<b>Proctor modificado</b>	Diseño de espesores	T180	D1557	Determinación del Óptimo Contenido de Humedad y de la máxima densidad seca del material.
<b>CBR</b>	Diseño de espesores	T193	D1883	Determina la capacidad de soporte del suelo, el cual permite inferir el módulo resiliente del suelo.

### 5.2.1 Propiedades físicas

Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos que permiten su clasificación.

- **Clasificación de Suelos por el Método SUCS y AASHTO**

El sistema más usual de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.



El Sistema de Clasificación para Construcción de Carreteras AASHTO, es también muy usado de manera general. Los suelos pueden ser también clasificados en grandes grupos, pueden ser porosos. De grano grueso o grano fino, granular o no granular y cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo.

Otra característica importante de los suelos es su humedad natural, puesto que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.



**Tabla 15.**

*Análisis granulométrico cantera Chocco Pampa*

TAMIZ		PESOS DE MUESTRA A RETENIDA	PASA	PASANTE	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PARAMETROS SEGÚN MTC
PULG	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)	
3	75	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	
2 1/2	63.5	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	
2	50.8	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100
1 1/2	37.5	215.40	96.05	96.05	3.95	3.95	
1	25	543.20	86.08	86.08	9.97	13.92	90 - 100
3/4	19	674.20	73.71	73.71	12.37	26.29	65 - 100
1/2	12.5	854.20	58.04	58.04	15.67	41.96	
3/8	9.5	352.30	51.58	51.58	6.46	48.42	45 - 80
1/4	6.35	437.80	43.54	43.54	8.04	56.46	
4	4.75	206.40	39.75	39.75	3.79	60.25	30 - 65
10	2	103.20	31.84	31.84	7.91	68.16	22 - 52
20	0.85	95.30	24.53	24.53	7.31	75.47	
40	0.425	104.30	16.54	16.54	7.99	83.46	15 - 36
100	0.15	75.20	10.78	10.78	5.76	89.22	
200	0.075	50.10	6.94	6.94	3.84	93.06	5 - 20
<b>BASE</b>		90.60	0.00	0.00	6.94	100.00	
<b>TOTAL</b>		3802.20			100.00		

De la tabla 15 del análisis granulométrico de la cantera Chocco Pampa se observa los pesos de muestra retenida para cada uno de los tamices (1½, 1, ¾, ½, 3/8, ¼, 4, 10, 20, 40, 100, 200) y en cada uno de ellos tenemos los % de material

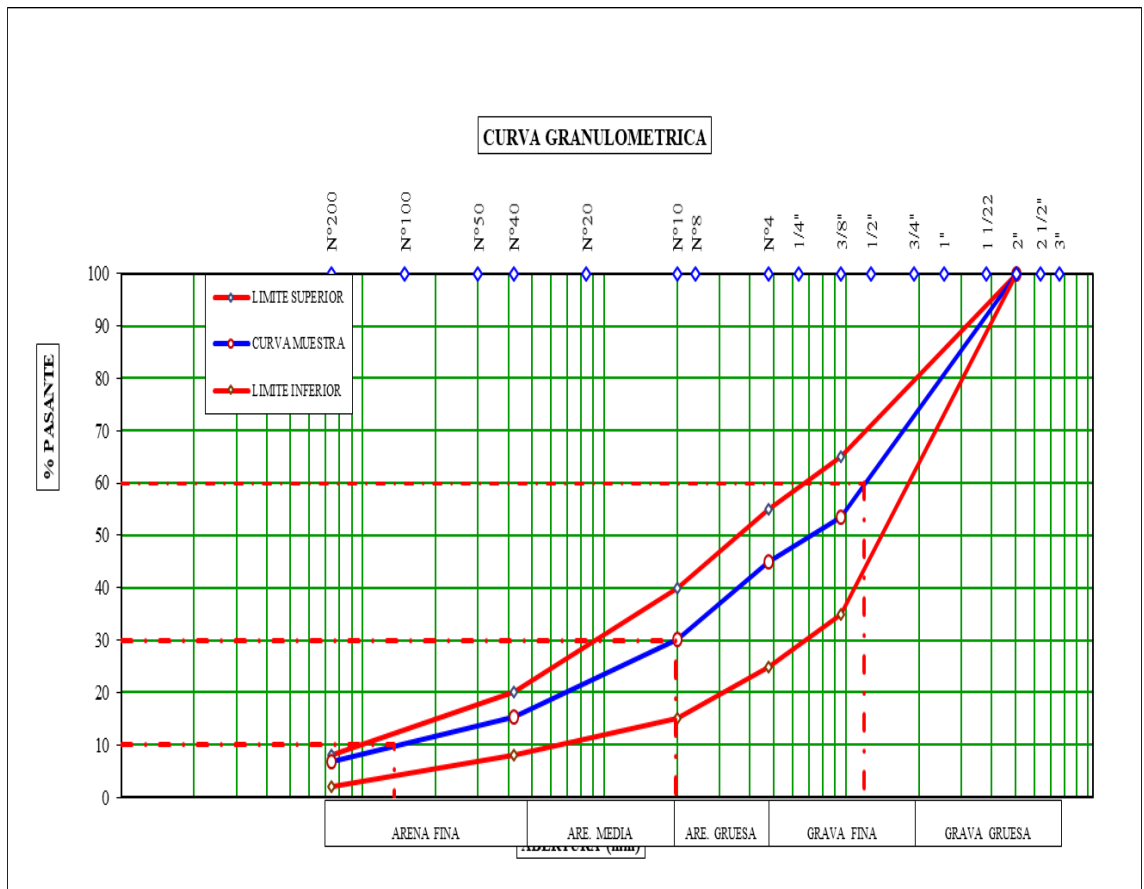


retenido. Siendo así que tenemos 60.25 % de gravas, 32.81 % de arenas y un 6.94 % de finos.

Además, de la gráfica 10 se ha determinado los coeficientes de uniformidad ( $C_u$ ) el cual nos ayudó a evaluar la uniformidad del tamaño de las partículas de la cantera, teniendo como resultado un suelo bien graduado y el coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) nos ayudó a medir el grado de curvatura de la granulometría. Por lo tanto, un suelo bien graduado tendrá un % en huecos menos y por ende se tendrá una densidad mayor. En otras palabras, son suelos compresibles, más impermeables y fáciles de trabajar durante el mantenimiento de la carretera Zepita – Kotapata.

**Figura 10 .**

*Curva granulometrica cantera Chocco Pampa*



Con los resultados de propiedades índices y análisis granulométrico, se presenta la tabla 16 "clasificación de Materiales de Canteras", que se resume los principales materiales ensayados, incluyendo las clasificaciones SUCS y AASHTO.

**Tabla 16.**

*Clasificación de los materiales de la cantera*

CANTERA	COORDENADAS UTM		SUCS	AASHTO	USOS
	Este	Norte			
<b>Chocco Pampa</b>	487 999	8 181 963	GM-GC	A-1-b(0)	Material para Afirmado

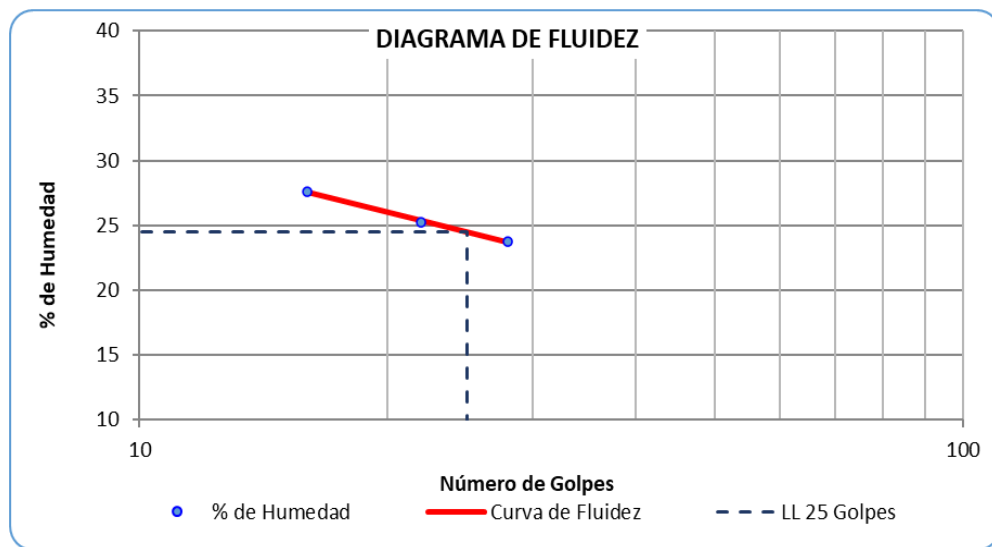
**Tabla 17***Límites de consistencia de la cantera Chocco Pampa*

<b>LIMITE LIQUIDO (ASTM-D-423)</b>			
<b>N° de Tara</b>	110	109	102
<b>Peso Suelo Húmedo + Tara (g)</b>	57.35	48.57	52.86
<b>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</b>	48.78	41.37	44.17
<b>Peso de Tara (g)</b>	12.65	12.88	12.69
<b>Peso de Suelo Seco (g)</b>	36.13	28.49	31.48
<b>Peso de Agua (g)</b>	8.57	7.20	8.69
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	23.72	25.27	27.60
<b>Numero de Golpes</b>	28	22	16
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM-D-424)</b>			
<b>N° de Tara</b>	104	105	
<b>Peso Suelo Húmedo + Tara (g)</b>	22.12	21.36	
<b>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</b>	20.65	19.86	
<b>Peso de Tara (g)</b>	12.69	11.64	
<b>Peso de Suelo Seco (g)</b>	7.96	8.22	
<b>Peso de Agua (g)</b>	1.47	1.49	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	18.47	18.13	
	L.L.	24.46	
(%)	L.P.	18.30	
(%)	I.P.	6.17	
(%)			

De la tabla 17 se observa que el limite liquido de acuerdo a la ASTM-D-423 y limite plástico de acuerdo a ASTM-D-424 los resultados fueron de 24.46% y 18.30% respectivamente. Asimismo, el Índice de plasticidad nos resultó de 6.17% lo que nos indica que la cantera Chocco Pampa cumple con lo especificado en el manual del MTC que se encuentra nuestro resultado entre los parámetros de 4% a 9%.

**Figura 11.**

*Diagrama de fluidez*



De la gráfica 10 se observa en el eje y el % de humedad, en el eje x el número de golpes por cada tara, además se representa la curva de fluidez, el cual se nos permitió determinar el % de humedad teniendo como resultado 24.5 %.

### 5.2.2 Propiedades mecánicas

- **Ensayo de Proctor modificado (ASTM D-1557)**

El ensayo de Proctor Modificado, se ha efectuado para obtener un contenido de humedad óptimo, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se ha realizado antes de usar el agregado sobre el terreno, para así conocer qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

**Tabla 18***Resultado del ensayo de Proctor Modificado*

<b>Máxima densidad seca (gr/cc)</b>	<b>Contenido de humedad óptima (%)</b>
<b>2.122</b>	<b>6.38</b>

De la tabla 18 se aprecia los resultados que se alcanzó determinar la máxima densidad seca dicho resultado es de 2.122 g/cc y el contenido de humedad óptimo es de 6.38 %, estos datos nos es mucha utilidad para determinar posteriormente el índice de resistencia del suelo en el ensayo de CBR.

- **California bearing ratio - CBR (ASTM D-1883)**

El índice de California (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas.

**Tabla 19.***Resultados del ensayo C.B.R*

	<b>Valor del Soporte C.B.R.</b>	
	<b>0.1 "</b>	<b>0.2 "</b>
<b>C.B.R. al 100%</b>	<b>69.0 %</b>	<b>93.0 %</b>
<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>31.0 %</b>	<b>44.0 %</b>

Lla tabla 19 se muestra la evaluación del C.B.R al 100% de la cantera Chocco Pampa donde se determinó una resistencia de 69.0%. Esto quiere decir, que el resultado se encuentra dentro de los parámetros de resistencia del suelo para material de afirmado en carreteras, por lo tanto, cumple con las especificaciones del manual de carreteras del MTC. Dicha entidad exige una resistencia mínima de C.B.R de 40%.

- **Ensayo de Abrasión (LOS ANGELES)**

**Tabla 20.**

*Resultados del ensayo de abrasión (Los Ángeles)*

<b>Resistencia al desgaste (%)</b>	<b>% de pérdida</b>
<b>53.69</b>	46.31

De la tabla 20 se visualiza que un 53.69% del desgaste del agregado grueso y un 46.31% de pérdida.

Al evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Chocco Pampa cumplieron con lo especificado en el manual de carreteras del MTC. Teniendo valores como: límites de consistencia de 24.46% de LL, 18.30% de LP, 6.17% de IP, un 24.5% de humedad. Al igual a Adrianzen, (2018) determinó que el material de las canteras Chanango y La Bombonera presentan buenas condiciones para su uso en afirmados, además recomienda combinar con otros materiales con el fin de mejorar las propiedades mecánicas. Asimismo, para Ticlla, (2021) la cantera Pingobamba Bajo cumple con los requisitos técnicos el cual se clasifica en el grupo A-1 y su LL es 22% e IP es de 4% de esta manera es apto para su uso en el afirmado de carreteras, además tiene un CBR igual a 53.50%.

Por otro lado, La cantera Chocco Pampa es una Grava limo arcillosa con arena (GM-GC) según método SUCS, y es un tipo de suelo A-1-b(0) de acuerdo al método AASHTO. Así mismo, se ha alcanzado una máxima densidad seca de 2.122 g/cc con un contenido de humedad óptima de 6.38% y un CBR al 100% para 0.1" con una resistencia de 69.0%. A ello, Perez, (2020) en su estudio definió 7 tramos geotécnicos, que obedecen a propiedades físicos-mecánicas similares. teniendo suelos tipo A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-4 (gravas arenosas y gravas limosas)



con un contenido de humedad igual a 7%, suelos con capacidad de soporte al 95% de la máxima densidad seca  $\geq 20\%$ .

De acuerdo a la Geología local. La composición Petrológica de la cantera Choco-Pampa, está dada por rocas volcánicas, correspondientes al grupo Barroso, Formación Huaylillas, pertenecientes al cenozoico dentro de las rocas que componen la cantera son la Andesita, Traquiandesitas y Traquita porfírica





## VI. CONCLUSIONES

La cantera Chocco Pampa está compuesta por rocas volcánicas pertenecientes al grupo Barroso, como andesitas, traquiandesitas y traquitas porfíricas. Estas formaciones geológicas confieren al material propiedades físicas y mecánicas óptimas para su uso en proyectos viales. La cantera se encuentra estratégicamente ubicada para abastecer de manera eficiente los tramos comprendidos entre los kilómetros 00+000 al 5+000 de la carretera Zepita – Kotapata, con un área de 5,301.25 m<sup>2</sup> y una profundidad de 5.70 m. El 90% del material extraído se ha destinado al afirmado y el 10% al relleno, recomendándose un proceso de zarandeo previo para eliminar partículas mayores a 2”.

Los materiales de la cantera cumplen con los parámetros establecidos por el Manual de Carreteras del MTC. Según el sistema SUCS, son clasificados como Grava limo arcillosa con arena (GM-GC), y como suelo tipo A-1-b(0) de acuerdo con el método AASHTO. Las evaluaciones realizadas determinaron límites de consistencia de LL: 24.46%, LP: 18.30% e IP: 6.17%, una densidad seca máxima de 2.122 g/cc, contenido de humedad óptima de 6.38% y un CBR al 100% de 69.0%. Estas propiedades hacen que el material sea altamente adecuado para su empleo como capa de rodadura en el mantenimiento de la carretera Zepita – Kotapata.



## VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar un análisis detallado del suelo de fundación a lo largo del tramo de la carretera Zepita - Kotapata, dado que este aspecto no ha sido abordado en el presente estudio. Este análisis es fundamental para garantizar la estabilidad estructural y el desempeño óptimo de la carretera en condiciones operativas.

Es recomendable llevar a cabo la elaboración del perfil del suelo de fundación a lo largo del trazado del eje de la carretera Zepita - Kotapata. Este perfil permitirá una caracterización más precisa del terreno y la identificación de posibles variaciones en sus propiedades, aspectos no considerados en la presente investigación.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adrianzen Balcazar, E. A. (2018). *Evaluacion de propiedades mecanicas en cantera Chanango y la Bombonera para determinar la calidad del afirmado - Bellavista - Jaen - 2018*. [Universidad Señor de Sipan]. <https://orcid.org/0000-0003-0030-7072>

Atencio Huanacuni, L. L. (2019). *Evaluacion geotecnica de la carretera Calacota-Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, distrito de Ilave - El Collao-Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.

Badillo, J., & Rodriguez, R. (2008). *Mecanica de suelos-Fundamentos de la mecanica de suelos* (L. Editores (ed.)). ISBN 968-18-0069-9

Balestrini Acuña, M. (2006). *Como elaborar se elabora el proyecto de investigacion(para los Estudios Formulativos o Exploratorios, Descriptivos, Diagnósticos, Evaluativos, Formulación de Hipótesis Causales, Experimentales y los Proyectos Factibles)*. (7ma. ed.P). [https://issuu.com/sonia\\_duarte/docs/como-se-elabora-el-proyecto-de-inve](https://issuu.com/sonia_duarte/docs/como-se-elabora-el-proyecto-de-inve)

Braja M., D. (2013). *Fundamentals of geotechnical engineering* (Cuarta edi). Cengage Learning.

Briceño, J., Perez, C., & Vielma, L. (2018). *Nociones de mecanica de suelos*. Universidad de los Andes - Facultad de Ingenieria.

Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecanica de suelos y cimentaciones* (Limusa (ed.); 5 Edicion).

Cruz Lopez, A. (2018). *Evaluacion geologica geotecnica de canteras para la construccion de la Central Hidroelectrica San Gaban III - distrito de San Gaban -*



- provincia Carabaya - departamento Puno. Universidad Nacional de San Agustín.*
- Herrera Herbert, J. (2007). Diseño de Explotaciones de Cantera. In *Universidad Politecnica de Madrid*. <https://doi.org/10.20868/upm.book.21839>
- Huatay Quiliche, J. D. (2023). *Inestabilidad geotecnica del terreno de fundacion y estudio de canteras de agregados de la carretera C.P. Otuzco - C.P. Combayo - Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lujano Quispe, L. L. (2021). *Estudio geotecnico para el mejoramiento de la carretera Pomata-Yorohoco(PU 675), provincia de Chucuito-Puno*. Universidad nacional del altiplano.
- Mayta Mamani, W. (2018). *Estudio geotecnico de la carretera Desaguadero-Kelluyo de la provincia de Chucuito del departamento de Puno*. Universidad nacional del altiplano.
- Perez Aguirre, V. R. (2020). *Caracterisacion geologica-geotecnico para el trazo del camino vecinal Salamanca Huaytapampa en la provincia de Condesuyos-Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Pomacosi Laricano, R. R. (2021). *Evaluacion geotecnica de la carretera desvio Coraraca-Poblado de Coraraca tramo Km 00+000-Km 06+311 (puente Cullco) en la provincia de El Collao*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Romero Gonzalez, Z. (2009). *Manual de investigación para principiantes. Guía para la elaboración de trabajos de investigación formativa* (E. U. L. S. Cartagena (ed.)).



- Rubio Romero, J. P., Nascimento Niculau, C. F., & Villegas Flores, N. (2022). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Mecánica de Suelos I* (EDUNILA (ed.); Editora Un).
- Saenz, E. (2010). *Fundamentos de Geotecnia*. Pontificia Universidad Católica de Chile- Departamento de ingeniería estructural y geotecnia.
- Supo, J. (2015). Cómo Comenzar una tesis. In B. EIRL (Ed.), *Bioestadístico* (Primera ed). <https://comoempezarunatesis.com/>
- Ticlla Rios, T. N. (2021). *Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota*. Universidad Nacional Autónoma de Chota.



## ANEXOS

### Anexo 1. Informe de ensayo de laboratorio.

**MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
Jirón Leoncio Prado N° 455 - Puno, Cel.: 951822888, RUC: 10018543058

#### RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO DE CANTERAS

OBRA : Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario de los Caminos Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita-Kotapata, JC  
CANTERA : Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayo-Vila Chimú  
Chocopampa - Zepita

CANTERA TRAMO	Distancia a la Obra Kms.	Progresiva Via	Humedad Natural (%)	L.L. %	I.P. %	Granulometría % Pasa				Clasificación		Proctor Med (Defec)	Humedad Óptimo %	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (N)	C.B.R. AL 99% DE M.D.S. (N)	Abrasion (%)	OBSERVACIONES
						N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	SUCS	AASHTO						
I	8.16	0+000	7.57	24.58	6.28	39.76	31.85	16.55	6.94	GW-GC	A-1-a(0)	2.122	6.38	69.00	31.00	55.13	La distancia de la Obra a la Cantera es 8.16 Kms.
II	9.63	4+170	7.53	24.41	6.1	39.58	31.39	17.36	7.97	GW-GC	A-1-a(0)	2.122	6.64	72.00	32.00	44.09	La distancia de la Obra a la Cantera es 9.63 Kms.
III	3.65	3+750	7.37	24.74	6.11	39.21	30.91	17.1	7.17	GW-GC	A-1-a(0)	2.123	6.65	68.00	30.50	43.91	La distancia de la Obra a la Cantera es 3.65 Kms.
IV	9.63	8+676	7.35	24.57	6.45	40.54	32.19	17.69	7.45	GW-GC	A-1-a(0)	2.124	6.76	65.00	29.00	42.92	La distancia de la Obra a la Cantera es 9.63 Kms.

Ing. Hugo Javier Vargas Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP 87113

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Mercedes Teófilo Aquino Mamani  
ING. CIP. 171169  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

EUGENIO RAÚL CARLEÓN  
INGENIERO CIVIL  
CIP 145116  
INSPECTOR DE OBRA



**MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA**  
**Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos**  
JIRON LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.: 951822888, RUC: 10018543058

**OBRA** Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario del Camino Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, JC Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayto-Villa Chimú

**TRAMO** Tramo I (Zepita - Kotapata) L = 5.00 Kms.

**ESTRUCTURA** Afirmado y Caps Nivelante **TECNICO** : I.A.V.

**CANTERA** Chocco Pampa - Zepita **HECHO POR** : I.A.V.

**UBICACIÓN** a 8.18 Kms. del Inicio 0+000 **ING. RESP.** : M.T.A.M

**ASUNTO** Evaluación y Aprobación **FECHA** : NOV. DEL 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL				
Numero de Tara	gr.	24	25	
Peso de Tara	gr.	25.80	24.20	
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.	476.40	494.60	
Peso de Tara + M. Seca	gr.	444.80	461.40	
Peso de Agua	gr.	31.60	33.20	
Peso Muestra Seca	gr.	419	437.2	
Contenido de humedad W%	%	7.54	7.59	
<b>Promedio Contenido de Humedad (W%)</b>	%		<b>7.57</b>	

Numero de Tara	gr.			
Peso de Tara	gr.			
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.			
Peso de Tara + M. Seca	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso Muestra Seca	gr.			
Contenido de humedad W%	%			
<b>Promedio Contenido de Humedad (W%)</b>	%			

Numero de Tara	gr.			
Peso de Tara	gr.			
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.			
Peso de Tara + M. Seca	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso Muestra Seca	gr.			
Contenido de humedad W%	%			
<b>Promedio Contenido de Humedad (W%)</b>	%			

OBSERVACIONES :

**Ing. Hugo Rene Vargas Mamani**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 87113

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
 LAB. MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Marcos Pascual Apurimay Mamani  
 REG. CIP 171169  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

EDSON ORDOÑEZ PASCAR LEON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 13514E  
 INSPECTOR DE OBRA



**MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA**  
**Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos**  
JIRON LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.: 951822888, RUC: 10018543058

27

**OBRA** Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario del Camino Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, JC Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayto-Villa Chimú

**TRAMO** Tramo I (Zepita - Kotapata) L = 5.00 Kms.

**ESTRUCTURA** Afirmado y Capa Nivelante

**CANTERA** Chocco Pampa - Zepita

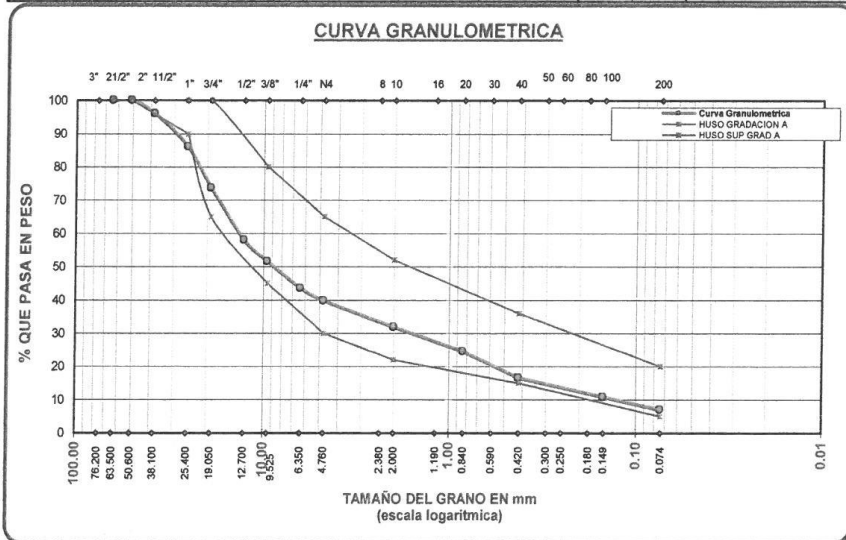
**UBICACIÓN** á 8.18 Kms. del Inicio 0+000

**ASUNTO** Evaluación y Aprobación

**TECNICO** : I.A.V.  
**HECHO POR** : I.A.V.  
**ING. RESP.** : M.T.A.M.  
**FECHA** : NOV. DEL 2020

**ANALISIS GRANULOMETRICO**  
**ASTM D-1422**

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION AFIRMADO GRADACION A	DESCRIPCION MUESTRA
3"	76.200						P.I. : 5,450.30 gr.
2 1/2"	63.500						P.F. : 518.70 gr.
2"	50.600				100.00	100 100	
1 1/2"	38.100	215.40	3.95	3.95	96.05		LIMITES CONSISTENCIA
1"	25.400	543.20	9.97	13.92	86.08	90 100	LL = 24.58 %
3/4"	19.050	674.20	12.37	26.29	73.71	65 100	LP = 18.30 %
1/2"	12.700	854.20	15.67	41.96	58.04		LP = 6.28 %
3/8"	9.525	352.30	6.46	48.42	51.58	45 80	CARACTERISTICA GRANUL.
1/4"	6.350	437.80	8.03	56.46	43.54		D10 = 0.134
No4	4.760	206.40	3.79	60.24	39.76	30 65	D30 = 1.707
No8	2.380						D60 = 13.495
No10	2.000	103.20	7.91	68.15	31.85	22 52	Cu = 100.940
No16	1.190						Cc = 1.815
No20	0.840	95.30	7.30	75.46	24.54		CLASIFICACION SUELOS
No30	0.590						SUCS GW - GC
No40	0.420	104.30	7.99	83.45	16.55	15 36	AASHTO A-1-a(0)
No 50	0.300						OBSERVACIONES
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	75.20	5.76	89.22	10.78		
No200	0.074	50.10	3.84	93.06	6.94	5 20	
<b>BASE</b>		90.60	6.94	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		5450.30	100.00				



OBSERVACIONES:

*[Firma]*  
Ing. Hugo Javier Vargas Mariani  
INGENIERO CIVIL  
CIP 87113

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
LAB. MECANICA DE SUELOS  
*[Firma]*  
Ing. Margarita Feobaldo Aquino Mariani  
REG. CIP 171169  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

*[Firma]*  
EDSON JOHIZ PAUCAR LEON  
INGENIERO CIVIL  
CIP 135148  
INSPECTOR DE OBRA





**MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA**  
**Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos**  
JIRON LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.: 951822888, RUC: 10018543058

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**ASTM D423 - ASTM D424**

OBRA: Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario del Camino Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, JC Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayto-Villa Chimu

TRAMO: Tramo I (Zepita - Kotapata) L = 5.00 Kms.

ESTRUCTURA: Afirmado y Capa Nivelante

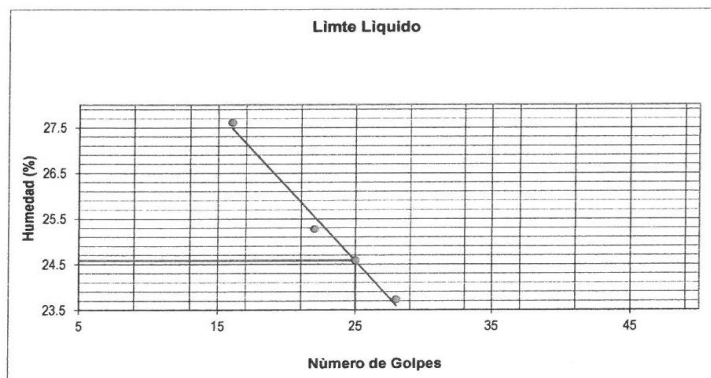
CANTERA: Chocco Pampa - Zepita

ASUNTO: Evaluación y Aprobación

TECNICO : I.A.V.  
HECHO POR : I.A.V.  
ING. RESP. : M.T.A.M.  
FECHA : NOV. DEL 2020

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	110	109	102	
N° DE GOLPES	28	22	16	
TARA+SUELO HUMEDO	57.35	48.57	52.86	
TARA+SUELO SECO	48.78	41.37	44.17	
PESO DE AGUA	8.57	7.20	8.69	
PESO DE TARA	12.65	12.88	12.69	
PESO DE SUELO SECO	36.13	28.49	31.48	
HUMEDAD (%)	23.72	25.27	27.60	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°	104	105		
TARA+SUELO HUMEDO	22.12	21.35		
TARA+SUELO SECO	20.65	19.86		
PESO DE AGUA	1.47	1.49		
PESO DE TARA	12.69	11.64		
PESO DE SUELO SECO	7.96	8.22		
HUMEDAD (%)	18.47	18.13		



Limites de Consistencia	
Límite Liquido	24.58
Límite Plástico	18.30
Indice Plástico	6.28
Observaciones	

*[Signature]*  
Ing. Hugo Javier Vargas Marnani  
INGENIERO CIVIL  
CIP 87113

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
LAB. MECANICA DE SUELOS  
Ing. Marco T. T. Aquino Marnani  
REG. CIP 171169  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

*[Signature]*  
EDSON JOHAI PAUCAR LEON  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 135146  
INSPECTOR DE OBRA



24

RESIDENTE: Ing° Hugo J. Vargas Mamani	<b>MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos JIRON LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL. 951822888, RUC: 10018543058 vecinales del DISTRITO DE ZEPITA, correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, y	RECTOR: CONTROL DE CALIDAD
--	---	-------------------------------

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario del Camino Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, JC Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayo-Villa Chimú
TRAMO	Tramo I (Zepita - Kotapata) L = 5.00 Kms.
ESTRUCTURA	Afirmado y Capa Nivelante
CANTERA	Chocco Pampa - Zepita
UBICACIÓN	a 6.18 Kms. del inicio 0+000
ASUNTO	Evaluación y Aprobación
TECNICO	: I.A.V.
HECHO POR	: I.A.V.
ING. RESP.	: M.T.A.M.
FECHA	: NOV. DEL 2020

**ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)**  
(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)


Molde N°	4		5		6	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
N° Capa	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	13265	13276	13145	13165	13054	13064
Peso de molde (gr)	8415	8415	8428	8428	8439	8439
Peso del suelo húmedo (gr)	4850	4861	4717	4737	4615	4625
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2148	2148	2152	2152	2152	2152
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.257	2.262	2.192	2.201	2.145	2.149
Humedad (%)	6.38	7.30	6.38	6.33	6.390	9.370
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.122	2.108	2.061	2.032	2.016	1.965
Tarro N°	27	24	28	28	25	23
Tarro + Suelo húmedo (gr)	485.80	497.50	445.30	538.50	500.70	524.80
Tarro + Suelo seco (gr)	458.10	465.40	420.20	499.00	472.10	462.20
Peso del Agua (gr)	27.70	32.10	25.10	39.50	28.60	42.60
Peso del tarro (gr)	23.90	25.80	26.60	24.90	24.20	27.50
Peso del suelo seco (gr)	434.20	439.60	393.40	474.10	447.90	454.70
Humedad (%)	6.38	7.30	6.38	8.33	6.39	9.37
Promedio de Humedad (%)	6.38	7.30	6.38	8.33	6.39	9.37

EXPANSION = 0.80 %

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/10/2020	07:00	0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
26/10/2020	07:00	24	10	0.254	0.2	14	0.356	0.3	18	0.457	0.4
27/10/2020	07:00	48	15	0.381	0.3	19	0.483	0.4	25	0.635	0.5
28/10/2020	07:00	72	18	0.457	0.4	26	0.660	0.6	32	0.813	0.7
29/10/2020	07:00	96	27	0.686	0.6	34	0.864	0.7	39	0.991	0.8

**PENETRACION**

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (dN)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (dN)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (dN)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		38	12.8			27	9.2			19	6.6		
0.050		76	25.3			43	14.5			26	8.9		
0.075		113	37.4			75	25.0			58	19.4		
0.100	70.3	126	41.7	48.70	69.3	92	30.5	31.84	45.4	72	24.0	21.66	30.8
0.150		234	77.1			143	47.3			101	33.5		
0.200	105.46	304	100.1	88.95	93.8	198	65.3	63.13	59.9	125	41.4	48.68	44.2
0.250		356	117.1			232	76.5			203	67.0		
0.300						267	84.5			236	77.8		
0.350										278	91.6		
0.400										342	112.5		
0.450													

  
 Ing. Hugo Javier Vargas Mamani  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 87113

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
 LAB. MECANICA DE SUELOS  
  
 Ing. Marvin Leoncio Aguino Mamani  
 REG. CIP 171169  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

  
 EDISON LEONCIO AGUINO MAMANI  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 135146  
 INSPECTOR DE OBRA

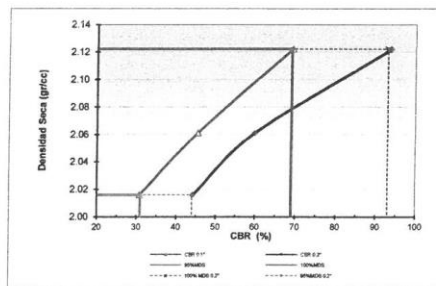


RESIDENTE: Ing° Hugo J. Vargas Mamani	<b>MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos JIRON LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.: 951822888, RUC: 10018543056	GESTION: CONTROL DE CALIDAD
--	--	--------------------------------

**ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)**  
(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
OBRA	Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario del Camino Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, JC Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayo-Villa Chimú	
TRAMO	Tramo I (Zepita - Kotapata) L = 5.00 Kms.	
ESTRUCTURA	Afirmado y Capa Nivelante	
CANTERA	Chocco Pampa - Zepita	TECNICO : I.A.V.
UBICACIÓN	á 8.18 Kms. del Inicio 0+000	HECHO POR : I.A.V.
ASUNTO	Evaluación y Aprobación	ING. RESP. : M.T.A.M.
		FECHA : NOV. DEL 2020

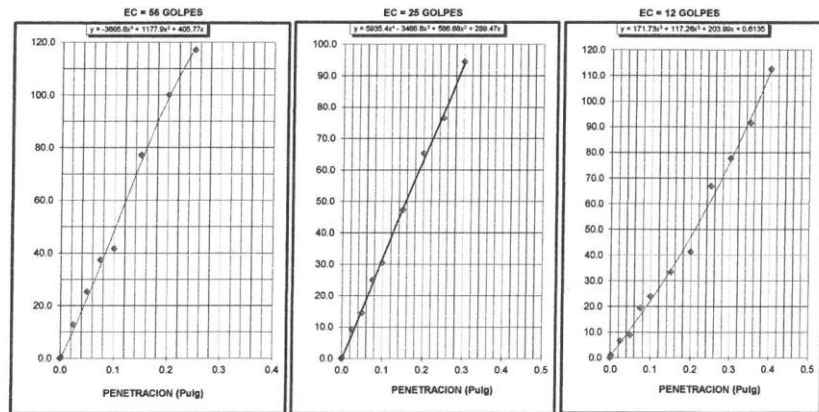
**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	69.0	0.2":	93.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	31.0	0.2":	44.0

Datos del Proctor	
Densidad Seca	2.122 gr/cc
Óptimo Humedad	6.38 %

OBSERVACIONES:



*[Signature]*  
Ing. Hugo Javier Vargas Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP 87113

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
LAB. MECANICA DE SUELOS  
*[Signature]*  
Ing. Marcel Fabiano Aquino Mamani  
REC. CIP. 171169  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

*[Signature]*  
EDSON JOSE PAVICAR LEON  
INGENIERO CIVIL  
CIP 135146  
INSPECTOR DE OBRA



22

**MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA**

Ensayo de Materiales con Fines de Cimentaciones: Suelos, Rocas, Concretos y Pavimentos Asfálticos

JIRON LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.: 951822888, RUC: 10018543058

**ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"**

OBRA : Servicio para la Ejecución del Mantenimiento Periódico y Rutinario del Camino Vecinales del Distrito de Zepita, Correspondiente a los Tramos: Zepita - Kotapata, JC Mariátegui-Ancoputo y Dv. Jachapampa-Molino-Isani, Canahuayo-Villa Chimu  
 TRAMO : I (Zepita - Kotapata) L = 5.00 Kms.  
 UBICACION : DPTO.: Puno, PROVINCIA: Chucuito, DISTRITO: Zepita  
 CANTERA : Chocco Pampa  
 MUESTRA : Prueba en Laboratorio  
 PROGRESIVA : á 8.18 Kms. del Inicio 0+000  
 USO : Afirmado y Capa Nivelante

REALIZADO : I.A.V.  
 REVISADO : Ing° M.T.A.M.  
 FECHA : Noviembre del 2020

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO	
QUE PASA	RETENIDO	GRADUACION .....	500 Revoluciones
			GRADUACION ..... "A" ....
3"	2 1/2"		
2 1/2"	2"		
2"	1 1/2"		
1 1/2"	1"		1,248.90
1"	3/4"		1,249.80
3/4"	1/2"		1,250.70
1/2"	3/8"		1,250.60
3/8"	1/4"		
1/4"	N° 04		
N° 04	N° 08		
Peso Inicial			5,000.00
Retenido en la Malla N° 12			2,684.30
Que pasa la Malla N° 12			2,315.70
% de Pérdida			46.31%
PERDIDA PROMEDIO %			46.31%
Peso Gr.:		5,000.00	<b>ESFERAS</b> 12

OBSERVACIONES : RESISTENCIA AL DESGASTE = 53.69%  
 PORCENTAJE DE PERDIDA = 46.31%

  
 Ing. Hugo Javier Vargas Mamani  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 87113

  
 MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA  
 LAB. MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Haroldo Yacobi Aquino Mamani  
 REG. CIP. 171169  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

  
 EDSO JIRÓN LEONCAPI LEON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 1133146  
 INSPECTOR DE OBRA

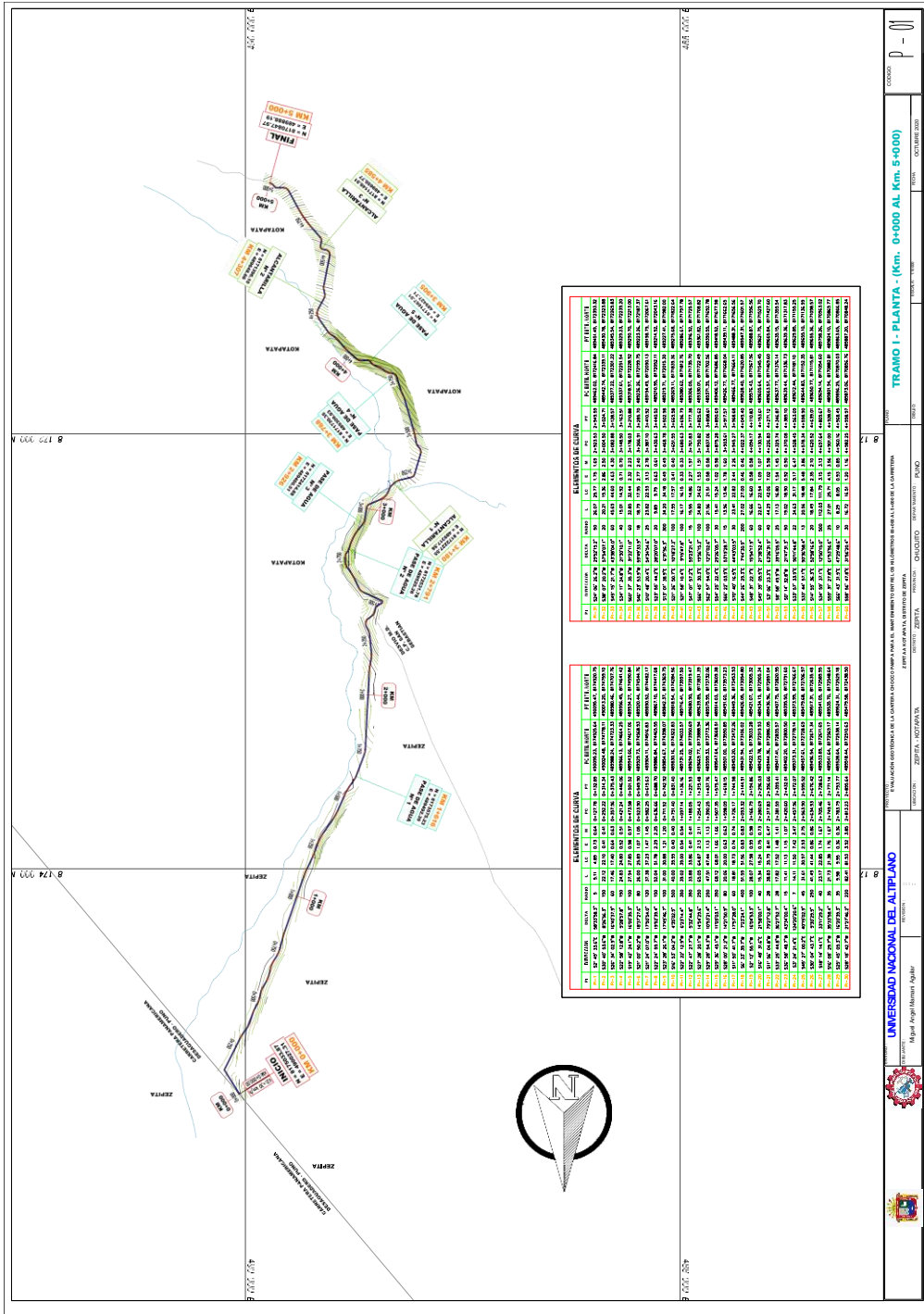
GR-PUNOLMSYMLHAT

## Anexo 2. Vistas Fotográficas de la Cantera Chocco Pampa





### Anexo 3. Plano de los tramos establecidos en el proyecto evaluado

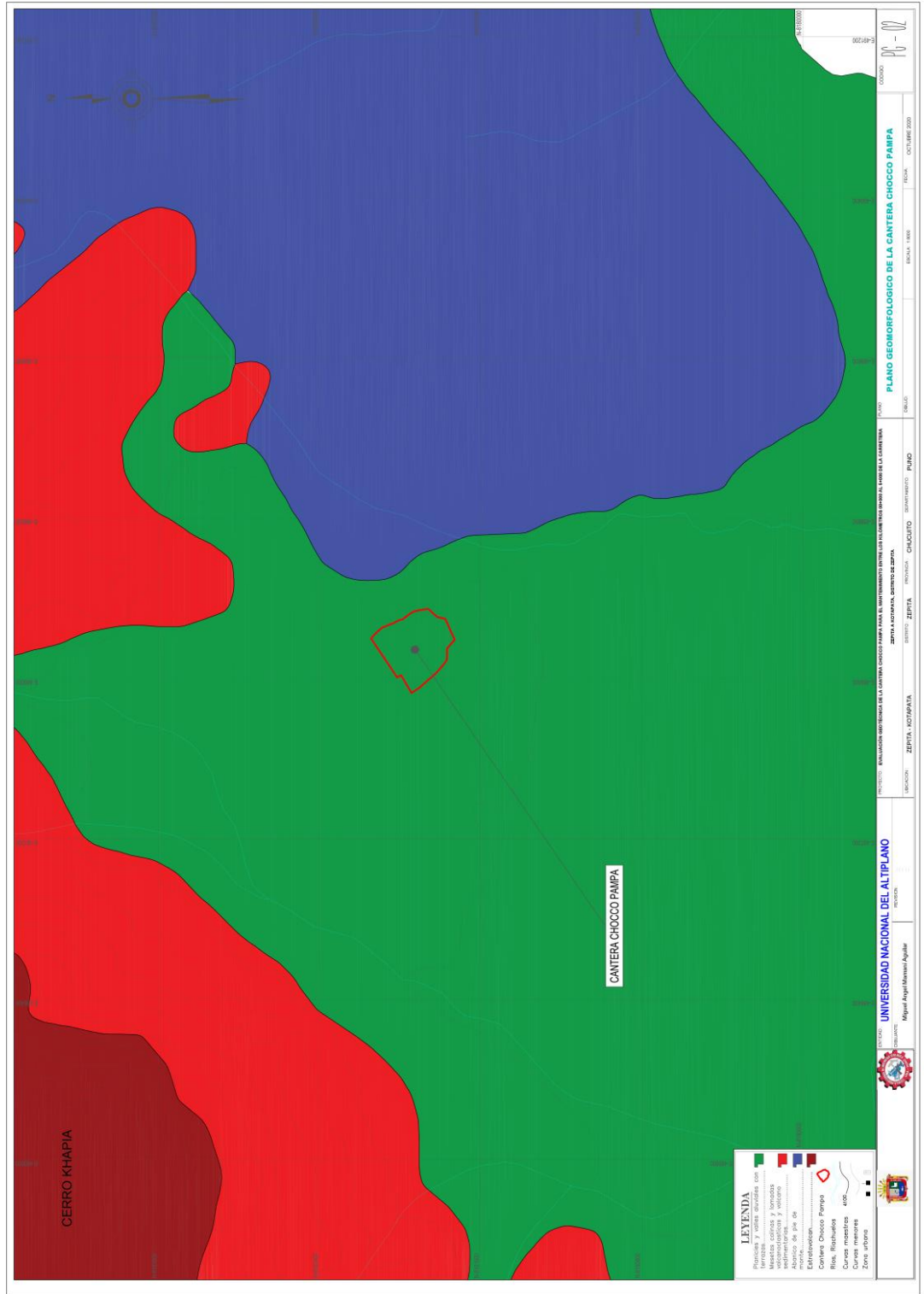


## Anexo 4. Plano Geológico del proyecto



## Anexo 5. Plano Geomorfológico







## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo INGENIERO ANGEL AVELLAR MAMANI  
, identificado con DNI 47857745 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA GEOLOGICA

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  Título Profesional denominado:

"EVALUACION GEOTÉCNICA DE LA CANTERA CHOCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA ZETA-KOTAPATA, ENTRE LOS KILÓMETROS 001000 AL 5000, DISTRITO DE ZETA"

"Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 02 de DICEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MIGUEL ANCEL AGUILAR MAMANI  
, identificado con DNI 47857745 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA GEOLOGICA  
, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"EVALUACION GEOTÉCNICA DE LA CANTERA CHOCO PAMPA PARA EL MANTENIMIENTO  
DE LA CARRETERA ZEPITA - KOTAPATA, ENTRE LOS KILOMETROS 00+000 AL 5+000 DESTINO DE ZEPITA  
" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 02 de DICIEMBRE del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella