



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Incorporación de Relave Minero en Subbase del Pavimento Flexible Km 0+000 al Km 1+000 Carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Arias Mamani, Virgilio Eddy (ORCID: 0000-0002-9741-9873)

**ASESOR:**

Msc. Paccha Rufasto, Cesar Augusto (ORCID: 0000-0003-2085-3046)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Vigilio y Julia, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y constancia, de no temer las adversidades porque Dios siempre está conmigo.

A mi querido hijo CH., quien me acompañó en este proceso y ahora se encuentra en el cielo. Descansa en paz.

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser principio de toda sabiduría, a él debo la vida, experiencias y lo que soy ahora. Gracias por muchas bendiciones.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1 Justificación teórica .....	2
1.2.2 Justificación práctica .....	2
1.2.3 Justificación social.....	2
1.2.4 Justificación metodológica.....	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3.1 Problema general. ....	2
1.3.2 Problemas específicos. ....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general. ....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 HIPÓTESIS.....	3
1.5.1 Hipótesis general.....	3
1.5.2 Hipótesis específicas.....	4
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	5
2.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	5

2.3	TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	7
2.3.1	Variable independiente: Incorporación de relave minero .....	7
2.3.1.1	Relave minero .....	7
2.3.1.2	Obtención del relave minero.....	7
2.3.2	Variable dependiente: Subbase de pavimento flexible .....	7
2.3.2.1	Pavimento flexible .....	7
2.3.2.2	Subbase .....	8
2.3.2.3	Ensayos de Laboratorio según Especificaciones Técnicas EG-2013 ..	9
2.3.2.4	Estudio de tráfico vial .....	10
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	12
3.1.1	Tipo de investigación.....	12
3.1.2	Diseño de investigación.....	12
3.1.3	Enfoque de investigación .....	12
3.2	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	12
3.2.1	Matriz de Operacionalización de Variables .....	12
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	13
3.3.1	Población .....	13
3.3.2	Muestra .....	13
3.3.3	Muestreo .....	13
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	14
3.4.1	Técnicas.....	14
3.4.2	Instrumentos .....	14
3.5	PROCEDIMIENTO.....	14
3.6	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	15
3.7	ASPECTOS ÉTICOS .....	15
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
4.1	UBICACIÓN.....	16
4.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS. ....	17

4.2.1	Características físicas del agregado de cantera Chuquine. ....	18
4.2.1.1	Ensayo de Análisis Granulométrico. ....	18
4.2.1.2	Ensayo de Límites de Atterberg .....	18
4.2.1.3	Clasificación del agregado de cantera Chuquine. ....	19
4.2.2	Características físicas del relave minero. ....	19
4.2.2.1	Ensayo de Análisis Granulométrico. ....	19
4.2.2.2	Ensayo de Límites de Atterberg. ....	20
4.2.2.3	Clasificación del relave minero. ....	20
4.3	COMBINACIÓN DE SUELOS. ....	20
4.3.1	Ensayos de laboratorio según EG-2013 .....	20
4.3.1.1	Combinación N° 01: Cantera Chuquine (100%) .....	20
4.3.1.2	Combinación N° 02: Cantera Chuquine (50%) + Relave minero (50%) .....	22
4.3.1.3	Combinación N° 03: Cantera Chuquine (70%) + Relave minero (30%) .....	23
4.4	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE .....	24
4.4.1	Estudio de mecánica de suelos .....	24
4.4.1.1	Clasificación del suelo .....	26
4.4.1.2	Categoría de Subrasante .....	26
4.4.2	Estudio de tráfico vehicular .....	27
4.4.2.1	Índice Medio Diario Semanal .....	27
4.4.2.2	Factor de Corrección Estacional (FCE) .....	27
4.4.2.3	Índice Medio Diario Anual (IMDA) .....	28
4.4.2.4	Proyección del tráfico .....	28
4.4.2.5	Factor de crecimiento acumulado (Fca) .....	29
4.4.2.6	Factores de distribución direccional y de carril .....	30
4.4.2.7	Ejes Equivalente para Pavimentos Flexibles (EE) .....	30
4.4.2.8	Número de Ejes Equivalentes ESAL .....	31
4.4.2.9	Número de Repeticiones Acumuladas de EE .....	32
4.4.3	Cálculo de espesores de Pavimento Flexible .....	33
4.4.3.1	Módulo de Resiliencia (MR) .....	33

4.4.3.2	Confiabilidad (%R) .....	33
4.4.3.3	Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr).....	33
4.4.3.4	Desviación Estándar Combinada (So) .....	34
4.4.3.5	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).....	34
4.4.3.6	Número Estructural Requerida (SNR) .....	35
4.4.3.7	Coeficiente Estructural de las Capas de Pavimento .....	36
4.4.3.8	Número Estructural de capas de pavimentos (SN) .....	38
4.4.3.9	Cálculo de espesores de la capa.....	39
4.4.3.10	Sección típica de vía .....	39
4.5	FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	41
4.5.1	Planilla de metrados (Patrón) .....	41
4.5.2	Presupuesto Base (Patrón) .....	42
4.5.3	Comparación de presupuestos .....	43
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>44</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Resultado Análisis Granulométrico del agregado de cantera Chuquine. ....	18
<b>Tabla 2</b>	Resultado Límites de Atterberg del agregado de cantera Chuquine. ....	18
<b>Tabla 3</b>	Resultado Análisis Granulométrico del relave minero. ....	19
<b>Tabla 4</b>	Resultado Límites de Atterberg del relave minero. ....	20
<b>Tabla 5</b>	Combinación de suelos. ....	20
<b>Tabla 6</b>	Requerimiento Granulométrico MTC EG-2013 – Combinación 01 .....	21
<b>Tabla 7</b>	Requerimiento Ensayos Especiales MTC EG-2013 – Combinación 01. ....	21
<b>Tabla 8</b>	Requerimiento Granulométrico MTC EG-2013 – Combinación 02. ....	22
<b>Tabla 9</b>	Requerimiento Ensayos Especiales MTC EG-2013 – Combinación 02. ....	23
<b>Tabla 10</b>	Requerimiento Granulométrico MTC EG-2013 – Combinación 03. ....	23
<b>Tabla 11</b>	Requerimiento Ensayos Especiales MTC EG-2013 – Combinación 03. ....	24
<b>Tabla 12</b>	Características de calicatas. ....	25
<b>Tabla 13</b>	Características del suelo. ....	26
<b>Tabla 14</b>	Resultados CBR .....	26
<b>Tabla 15</b>	Factores de corrección de vehículos ligeros y pesados. ....	28
<b>Tabla 16</b>	Tasa de crecimiento anual. ....	29
<b>Tabla 17</b>	Cálculo de Ejes Equivalentes. ....	31
<b>Tabla 18</b>	Combinación de suelos. ....	43
<b>Tabla 19</b>	Comparación de costos. ....	43
<b>Tabla 20</b>	Comparación de CBR (PET vs Relave). ....	44
<b>Tabla 21</b>	Comparación de CBR (PVC vs Relave). ....	45
<b>Tabla 22</b>	Comparación de costos de pavimento flexible ( a nivel internacional). ....	46
<b>Tabla 23</b>	Comparación de propiedades físicas y mecánicas. ....	47
<b>Tabla 24</b>	Comparación de ensayo granulométrico canteras del río Cumbaza y Chuquine. ....	48
<b>Tabla 25</b>	Comparación de ensayos especiales del río Cumbaza y cantera Chuquine. ....	48
<b>Tabla 26</b>	Comparación de costos de pavimento flexible (a nivel nacional). ....	49



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura de pavimento flexible.....	8
<b>Figura 2</b> Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular.....	8
<b>Figura 3</b> Requerimientos Ensayos Especiales para Subbase Granular.....	9
<b>Figura 4</b> Matriz de Operacionalización de Variables.....	13
<b>Figura 5</b> Localización del proyecto de investigación.....	16
<b>Figura 6</b> Progresiva km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada.....	17
<b>Figura 7</b> Número de calicatas para exploración de suelos.....	24
<b>Figura 8</b> Número de Ensayos MR y CBR.....	25
<b>Figura 9</b> Categorías de Subrasante.....	26
<b>Figura 10</b> Índice Medio Diario Semanal.....	27
<b>Figura 11</b> Índice Medio Diario Anual.....	28
<b>Figura 12</b> Tránsito proyectado.....	29
<b>Figura 13</b> Factor direccional y de carril.....	30
<b>Figura 14</b> Relación de cargas por eje.....	30
<b>Figura 15</b> Relación de cargas por eje.....	32
<b>Figura 16</b> Relación de cargas por eje.....	33
<b>Figura 17</b> Coeficiente de Desviación Estándar.....	33
<b>Figura 18</b> Índice de serviciabilidad inicial.....	34
<b>Figura 19</b> Índice de serviciabilidad final.....	34
<b>Figura 20</b> Diferencial de serviciabilidad.....	35
<b>Figura 21</b> Coeficiente estructural de capa superficial.....	36
<b>Figura 22</b> Coeficiente estructural de la base.....	37
<b>Figura 23</b> Coeficiente estructural de la base.....	37
<b>Figura 24</b> Sección típica de vía.....	40

## RESUMEN

La carretera Ananea – Rinconada fue diseñada con la finalidad del progreso de los pueblos, en la actualidad se tiene un alto índice de vehículos livianos por día, en su mayoría dedicado a la minería informal; producto de ello la vía se encuentra considerablemente deteriorada teniendo pocos años de servicio a la población.

Para el presente estudio se ha utilizado los suelos provenientes de la extracción de minerales relave minero (sector Pampa Blanca) y de la cantera Chuquine (C.P: Chuquine). El objetivo principal del desarrollo del presente trabajo es incorporar el relave minero para el mejoramiento de la subbase de la carretera Ananea – Rinconada. Por lo que se realizó la combinación de suelos: Combinación 01 (Cantera Chuquine 100%), Combinación 02 (50% Relave minero y 50% Cantera Chuquine), Combinación 03 (30% Relave minero y 70% Cantera Chuquine), de esta forma cumplir con las exigencias según la EG-2013.

Según los estudios de suelos realizados, podemos obtener los siguientes resultados, el porcentaje de relave minero incorporado en agregado de cantera Chuquine, a mayor cantidad de suelo de relave, menor será el CBR; el material de cantera le otorga plasticidad a la muestra combinada. Los resultados para la combinación 03 son los que cumplen con lo exigido según la norma; no se presenta índice de plasticidad en ninguna de las combinaciones; respecto al CBR, el material de cantera se podría utilizar de manera independiente para subbase; mientras mayor sea la dosificación del relave minero, el equivalente de arena aumentará y las sales solubles serán mínimas. Con todo ello podemos concluir que el empleo del relave minero debe ser en porcentaje de combinación con materiales de cantera que garanticen sus propiedades mecánicas como la cantera Chuquine; así mismo que la combinación del 70% de suelo de cantera Chuquine y el 30% de suelo de relave minero cumple con las solicitudes según la EG-2013.

Palabras clave: relave minero, combinación, agregado de cantera, subbase.

## **ABSTRACT**

The Ananea – Rinconada highway was designed with the purpose of the progress of the towns, currently there is a high rate of light vehicles per day, mostly dedicated to informal mining; As a result, the road is considerably deteriorated, having only served the population for a few years.

For the present study, soils from the extraction of mining tailings (Pampa Blanca sector) and from the Chuquine quarry (C.P: Chuquine) have been used. The main objective of the development of this work is to incorporate mining tailings for the improvement of the sub-base of the Ananea - Rinconada highway.

Therefore, the combination of soils was carried out: Combination 01 (Chuquine Quarry 100%), Combination 02 (50% Mining tailings and 50% Chuquine Quarry), Combination 03 (30% Mining tailings and 70% Chuquine Quarry), in this way comply with the requirements according to EG-2013.

According to the soil studies carried out, we can obtain the following results, the percentage of mining tailings incorporated into the Chuquine quarry aggregate, the greater the amount of tailings soil, the lower the CBR; the quarry material gives plasticity to the combined sample. The results for combination 03 are those that comply with what is required according to the standard; there is no plasticity index in any of the combinations; Regarding the CBR, the quarry material could be used independently for the subbase; the higher the dosage of the mining tailings, the equivalent of sand will increase and the soluble salts will be minimal. With all this we can conclude that the use of mining tailings must be in percentage of combination with quarry materials that guarantee their mechanical properties such as the Chuquine quarry; Likewise, the combination of 70% of Chuquine quarry soil and 30% of mining tailings soil complies with the requests according to EG-2013.

Keywords: mining tailings, combination, quarry aggregate, sub-base.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

A nivel mundial, se estima que cada año se generan de 20 a 25 mil millones de toneladas de relaves. Se genera tal cantidad, ya que, los metales de interés se encuentran en mínimas proporciones en la corteza terrestre. Sin embargo, la alta producción y el mal manejo de los residuos mineros se ha convertido en un grave problema ambiental y social, por ello se busca el planteamiento de nuevas soluciones en reciclaje y estrategias económicas para un futuro sustentable. Surge la necesidad de solucionar este problema de generación masiva de residuos mineros, para lo cual el esfuerzo de la investigación científica comunitaria se centró en encontrar novedosas alternativas, que consiste en reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales para crear valor añadido. Acosta M. (2021)

Según el ranking de producción minera, a nivel mundial el 5to puesto le pertenece a Perú en producción de oro, y el 1er puesto a nivel Latinoamérica en producción de minerales como oro, zinc, plata y plomo. Sólo se ha explorado el 10% del territorio nacional con potencial minero. U.S.Geological (2017)

Perú tiene actualmente 176 minas de metales en funcionamiento con un número incógnito de yacimientos de relaves inactivos y activos. Entre éstas, 54 originan más de 100 ton/día y sólo 26 originan más de 500 ton/día. En algunas operaciones se liberan cantidades masivas de relaves (hasta 4.000 toneladas/día) directamente en los ríos, lagos y playas marinas. Sin embargo, se han construido represas de relaves en la mayoría de las minas en un esfuerzo por evitar que contaminen los arroyos y ríos; lo cual han tenido un éxito relativo. MINEM (2021).

En Puno, particularmente en la localidad de Ananea, la mayor preocupación que agobia a la población es la minería informal, vulnerando los derechos de los habitantes por la contaminación masiva de agua y suelo, con un grave impacto ambiental. El 26 de noviembre de 2021, colapsó un yacimiento de relave minero de la Cooperativa Minera San Antonio, provocando deslizamiento de relave sobre la vía Ananea – Rinconada, extendiéndose hasta el distrito de Ananea, causando daños materiales en la población y deterioró de la vía. COEN (2021)

## **1.2 Justificación de la investigación**

### **1.2.1 Justificación teórica**

El presente estudio busca evaluar la factibilidad de la incorporación de relave minero en la subbase del pavimento flexible km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada.

### **1.2.2 Justificación práctica**

Es conveniente realizar esta investigación; ya que, al incorporar relave minero al diseño de un pavimento; que cumpla con los parámetros técnicos, aspectos económicos y ambientales para la subbase de pavimento flexible km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, se obtendrá una alternativa manejo de depósitos de relaves mineros, puesto que estos serán reutilizados en lugar de ser contaminantes de agua y suelos, en consecuencia, de ello un grave impacto ambiental.

### **1.2.3 Justificación social**

El impacto que genera la minería informal es significativamente severo ya que destruye en paisaje, específicamente degradación de suelos; todo esto por el pésimo manejo de los depósitos de relaves mineros; sin embargo, con la presente investigación se pretende utilizar los depósitos de relave minero como estabilizante para subbase pavimentos flexibles en el distrito de Ananea.

### **1.2.4 Justificación metodológica**

La investigación cuasi-experimental se caracteriza por su carácter descriptivo, que consiste en la observación del comportamiento de los individuos, de las variables y en el registro de datos cuantitativos. Se basa principalmente en el estudio del efecto de la variable independiente (incorporación de relave minero) sobre la variable dependiente (pavimento flexible), obtener una respuesta para luego contrastar con la hipótesis.

## **1.3 Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema general.**

**PG:** ¿La incorporación de relave minero influirá en la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022?

### **1.3.2 Problemas específicos.**

**PE1:** ¿Cuáles son las características físicas del agregado de cantera y del relave minero?

**PE2:** ¿Qué dosificación de relave minero influye en la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022?.

**PE3:** ¿La incorporación del relave minero es económicamente viable para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022?.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general.**

**OG:** Determinar si la incorporación de relave minero influye en la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

**OE1:** Determinar las características físicas del agregado de cantera y del relave minero.

**OE2:** Determinar la dosificación de relave minero para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

**OE3:** Determinar la viabilidad económica de la incorporación del relave minero para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis general.**

**HG:** La incorporación de relave minero mejora la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

### **1.5.2 Hipótesis específicas.**

**HE1:** Las características físicas del agregado de cantera y relave minero presentan buenos resultados para ser usado como subbase de pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

**HE2:** El porcentaje de combinación de 30% de relave minero y 70% de material de cantera permitirá cumplir con los requerimientos de subbase para pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

**HE3:** La incorporación del relave minero es económicamente viable para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes Internacionales

Según Ramírez e Hincapié (2018), realizaron la evaluación de CBR de subbase granular adicionando polímeros termoplásticos reciclados (PET) bajo los parámetros de la norma INVIAS, realizando diferentes dosificaciones; muestra 01 (adición de 3% material PET), muestra 02 (adición de 6% material PET), muestra 03 (adición de 9% material PET). Concluyó que la adición de 3% de material PET obtuvo 31% de CBR (límite 30%) cumpliendo con la normativa y respecto a la adición de material PET en 6% y 9% obtuvo un CBR de 23.39% y 21.45% respectivamente, los cuales no cumplen con el parámetro establecido por la norma INVIAS.

Según Blanco (2017), realizó la estabilización de la subbase de pavimento flexible, incorporando material plástico derivado del reciclaje de Pvc bajo los parámetros de la norma INVIAS, consideró diferentes dosificaciones; muestra 01 (sin incorporación de aditivo Pvc) obtuvo un CBR de 30.30%, muestra 02 (incorporación de 2% de aditivo Pvc) obtuvo un CBR de 25.60%, muestra 03 (incorporación de 4% de aditivo Pvc) obtuvo un CBR de 55.30% y muestra 04 (incorporación de 6% de aditivo Pvc) obtuvo un CBR de 72.10%. Concluyendo que la incorporación del aditivo Pvc en 4% al 6%, mejora el CBR de la subbase granular.

Según Calle W. (2017), realizó un comparativo de costos de diseño y construcción entre pavimento rígido y flexible en el tramo Sucre a Cororo (2km). Obtuvo los siguientes datos, respecto al diseño del pavimento flexible, ESAL de 1'659,998 EE, subbase granular  $e=30.00\text{cm.}$ , base granular  $e=20.00\text{cm.}$ , carpeta asfáltica  $e=5.00\text{cm.}$ , costo del pavimento flexible Bs. 2'195,584.68 (aproximadamente S/. 1'183,647.66). Referente al diseño de pavimento rígido obtuvo el ESAL de 1'758,295.8 EE, base granular  $e=15.00\text{ cm.}$ , losa de concreto  $e=22.00\text{ cm.}$ , costo del pavimento rígido Bs. 4'442,060.42 (aproximadamente S/. 2'394,730.80).

### 2.2 Antecedentes Nacionales

Chipana E. (2018), realizó el estudio del agregado de cantera Jachatira y del relave minero del sector Pampa Blanca con la finalidad primordial de mejorar las



características físicas y mecánicas a nivel de afirmado de la carretera Ananea – Suches, obtuvo como resultado que el relave minero es una arena con presencia de arcilla según clasificación SUCS, LL de 9.65%, y no presenta LP ni IP. Por otro, lado el agregado de la cantera Jachatira es una arena limosa según clasificación SUCS, LL de 35.49%, LP de 24.60% e IP de 10.89%. Tuvo como primera conclusión que los suelos analizados de forma independiente no cumplen con los requerimientos mínimos de acuerdo al MTC EG-2013, por lo que, realizó un mejoramiento mediante la combinación de dichos suelos.

Dicha investigación concluye que la combinación de suelos aceptable, es la muestra 01 (relave minero 30% + agregado de cantera Jachatira 70%) alcanzando un CBR de 44.1%, mientras que la muestra 02 (relave minero 50% y agregado de cantera Jachatira 50%), alcanzó un CBR de 34.4%.

Pinedo F. (2017), realizó el estudio de la calidad de los agregados de tres canteras del río Cumbaza, Tarapoto. Se tuvo que las tres canteras en estudio respecto al ensayo de abrasión y equivalente de arena exceden a lo solicitado, y respecto a los ensayos de límite líquido, índice de plasticidad y partículas chatas no presentan. Determinó que el material de las canteras Juan Guerra, Tres de octubre y Santa Rosa no son útiles para ser usados como subbase del pavimento flexible porque son agregados marginales que solo cumplieron algunos requerimientos mínimos según normativa.

Chávez A. (2018), realizó la comparación de la estructura y costo del pavimento flexible y rígido en Chavín, Huaraz (1km). Obtuvo los siguientes datos, respecto al pavimento flexible, ESAL de 346059.57 EE, subbase granular  $e=15.00$  cm., base granular  $e=15.00$  cm., carpeta asfáltica  $e=10.00$  cm., costo del pavimento flexible S/. 490,210.34. Referente al diseño de pavimento rígido obtuvo el ESAL de 297,445.89 EE, base granular  $e=10.00$  cm., losa de concreto  $e=20.00$  cm., costo del pavimento rígido S/. 1,913,036.95. Concluyó que ambos pavimentos pueden ser ejecutadas, pero en cuestión económica recomienda el pavimento flexible.

## **2.3 Teorías relacionadas al tema**

### **2.3.1 Variable independiente: Incorporación de relave minero**

#### **2.3.1.1 Relave minero**

Existen residuos no valiosos que provienen de la minería como parte del proceso de explotación que ha tenido el mineral, éstos son los relaves mineros. La composición del relave minero es principalmente material fino y húmedo, los cuales son almacenado en yacimientos de residuos industriales. Romero y Flores (2010).

#### **2.3.1.2 Obtención del relave minero**

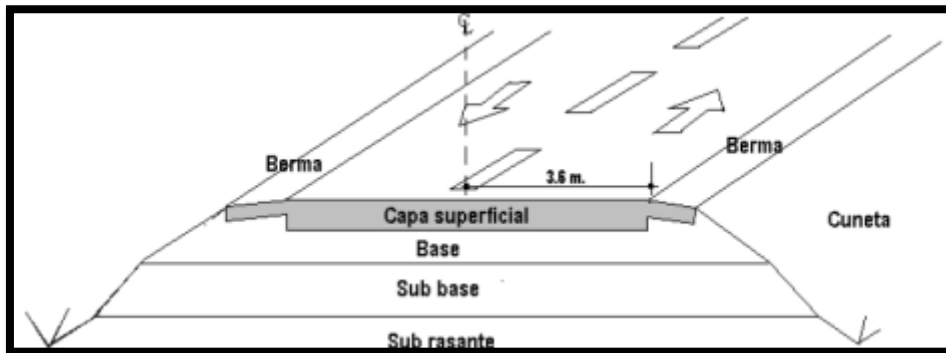
El relave minero se obtiene mediante el método del shute el cual se realiza en las zonas bajas de la cordillera. El material aurífero se encuentra en mínimas proporciones en la cordillera. El método del shute, consiste en la excavación y extracción del mineral, transportado por el cargador frontal hacia el shute, que consiste en una tolva de madera de largo (4-5m.), ancho (3m.) y altura (3m.). En este depósito se almacena y lava la grava aurífera que luego se desliza hacia una zaranda que retiene el material mayor a 1/3" y el resto cae a las canaletas de recuperación. El material estéril (relave minero) es depositado en canchas de desmonte con el mismo cargador frontal que se ubican en las partes bajas de las quebradas. Kuramoto, J. (2017)

### **2.3.2 Variable dependiente: Subbase de pavimento flexible**

#### **2.3.2.1 Pavimento flexible**

Este pavimento consta de una capa bituminosa que generalmente se apoya sobre la subbase y base. Sin embargo, no es indispensable cualquiera de las dos capas dependiendo de las necesidades particulares de cada proyecto. Monsalve, Giraldo y Maya (2012).

**Figura 1** Estructura de pavimento flexible



FUENTE: (MTC, 2016)

### 2.3.2.2 Subbase

La subbase es una de las capas de la estructura del pavimento flexible que está situada entre la base y la subrasante, diseñada principalmente como soporte, cumple la función de transmitir y distribuir de manera equivalente las cargas sometidas a la superficie de rodadura, de modo que la capa subrasante funcione como soporte y absorba las variaciones inherentes a la subbase el cual pueda afectar a dicha capa. La capa de subbase tiene la función de controlar los cambios de elasticidad y volumen que en el futuro causarán daños al pavimento. Coronado (2002).

**Figura 2** Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular.

**Tabla 402-01**  
**Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular**

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

FUENTE: (MTC, 2013)

**Figura 3** *Requerimientos Ensayos Especiales para Subbase Granular.*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	--	--	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	--	D 4791	--	20% máx.	20% máx.

FUENTE: (MTC, 2013)

### 2.3.2.3 Ensayos de Laboratorio según Especificaciones Técnicas EG-2013

#### **Ensayo Análisis Granulométrico – MTC E 107**

Este procedimiento describe el método de determinación de los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie utilizada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200). También, la granulometría se define como la distribución de las partículas del suelo en diferentes tamaños, cuyo valor se expresa como un porcentaje en relación del peso total de la muestra seca. MTC (2016).

#### **Ensayo Abrasión Los Ángeles – ASTM C 131**

El objetivo principal de este ensayo es determinar el desgaste menor a 1 ½ pulg. (37.5 mm) del agregado grueso, resultado de las diferentes acciones como impacto, abrasión y fricción de las esferas que se encuentran dentro de la máquina Los Ángeles, la cantidad de esferas es variable según la gradación de la muestra a ensayar. Este ensayo nos proporciona conocer la calidad del agregado, particularmente utilizados para la elaboración de hormigón. Norma ASTM.

#### **Ensayo Límite Líquido – MTC E 110**

El limite liquido viene hacer la frontera que existe entre el estado semisólido y el estado plástico de un suelo, el cual se determina realizando elipsoides que se enrollan en aproximadamente 3.2 mm de diámetro, que se fisuran cada 6 mm aproximadamente. Rui-Wamba, J (2020).

### **Equivalente de arena – MTC E 114**

Este ensayo determina la existencia de arenas y finos con presencia de arcilla, los cuales pueden perjudicar las propiedades de durabilidad y resistencia del pavimento, el ensayo en mención es un indicador de las características y porcentaje del suelo fino, al efectuar el ensayo de equivalencia de arena, se asienta al fondo el material arenoso, al contrario del material fino que en la parte superior queda suspendido, dicho ensayo nos proporciona el porcentaje de arena de la muestra. Herraéz F. y Moreno A. (2019).

### **Sales solubles – MTC E 219**

Este ensayo determina la capacidad del suelo de disolución al ser combinadas con otras sustancias, generalmente se usa el agua destilada, en otros términos, se denomina solubilidad, aplicándose este concepto a los suelos porque cuentan con un porcentaje mínimo de sales, puesto que, su composición química sufre cambios. Reyes A. (2010).

### **Partículas chatas y alargadas – MTC E 223**

Los agregados gruesos presentan partículas alargadas y chatas, mediante este ensayo se determinará su relación, siendo sometidos a una serie de medidas en un dispositivo calibrado en distintas proporciones 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5. Reyes A. (2010).

## **2.3.2.4 Estudio de tráfico vial**

### **Estudios de tránsito**

Determina la circulación vehicular, en otros términos, la variedad de vehículos que circulan por la zona de estudio que se investiga. Rengifo y Kimiko (2014).

### **ESAL de diseño**

Denominado también como EE, cuyo resultado determina la relación de las cargas que presentan todo tipo de vehículo en ejes simples equivalente a 8.2 Ton de peso. Ramos (2019).

### **Metodología AASHTO-1993**

La metodología AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa principalmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo ( $M_r$ ), tránsito total ( $W_{18}$ ), de la serviciabilidad terminal y de las

condiciones ambientales. Para determinar el número estructural, el método se apoya en la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Donde:

- $W_{18}$  = número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18 kip (80 kn) hasta el tiempo  $t$  en el cual se alcanza  $ISP=pt$ .
- $SN$  = número estructural.
- $\Delta PSI$  = diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal.
- $MR$  = módulo resiliente de la subrasante (libras/pg<sup>2</sup>).
- $S_o$  = desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento (0.44-0.49).
- $Z_R$  = parámetro estadístico asociado con distribuciones normales de datos, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a  $pt$  durante el período de diseño.

El  $SN$  efectivo se calculará aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

- $a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de la capa asfáltica, base granular y subbase granular (in).
- $D_1, D_2, D_3$  = Espesores de la capa asfáltica, base granular y subbase granular (in).
- $m_2, m_3$  = Coeficientes de drenaje para base granular y subbase granular.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Proyecto de investigación de tipo: Aplicada.

“Se considera práctico el beneficio de la investigación aplicada es práctico, pues, los valores obtenidos se usan de manera inmediata para resolver problemas reales”. Vara (2010)

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

Proyecto de investigación de diseño: Descriptivo.

“El diseño descriptivo se utiliza para medir cuantitativamente variables de una población, obteniendo índices matemáticos, índices de correlación, porcentajes, frecuencias, parámetros”. Vara (2010)

##### **3.1.3 Enfoque de investigación**

Proyecto de investigación de enfoque: Cuantitativo.

“El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. Hernández, Fernández y Baptista (2014).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

##### **3.2.1 Matriz de Operacionalización de Variables**

**Figura 4** Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO	Los relaves mineros se definen como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa, que dependiendo de sus características físicas y químicas debe someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas, depósitos, o en otros países se usan como subproductos a través de alternativas de economía circular en retrolleado de labores subterráneas, producción de postes, bloques, cemento, etc. (Ministerio de Minas y Energía 2021)	Las alternativas de manejo y disposición de los relaves mineros están ligadas estrechamente a las características particulares de cada proyecto, respecto a sus procesos, ubicación, condiciones ambientales, sociales, recursos (humano, económico) y riesgos, a los que está expuesto el proyecto. (Ministerio de Minas y Energía 2021).	CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE MINERO	OBTENCIÓN DEL RELAVE MINERO
			DOSIFICACIÓN RELAVE MINERO	PROPIEDADES FÍSICAS DEL RELAVE MINERO
				PATRÓN
			VIABILIDAD ECONÓMICA	COSTOS
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE	Es un material seleccionado que se pone entre la subrasante y la base para pavimentos flexibles, los cuales cumplirán las funciones de drenar y cuidar ante contaminantes y/o resistente. (Montejo 2012)	La subbase granular de pavimento flexible: como capa para drenar ayuda en la salida lateral de las aguas que provienen del nivel freático; como anticontaminante, ayuda a impedir el arrastre de los materiales finos de la sub-rasante hacia la base, impidiendo que las piedras y gravas de la base se metan en una sub-rasante blanda, controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas y reduce el efecto dañino ocasionado por las heladas o por arcillas expansivas, y como capa resistente en un pavimento flexible en función de su espesor y de su coeficiente de resistencia relativa. (Montejo 2012)	CONDICIÓN GEOMECANICA DEL SUELO	% DE CBR DE LA SUBRASANTE
			ENSAYOS DE LABORATORIO SEGÚN EG 2013	ENSAYOS GRANULOMETRICOS
				ENSAYOS ESPECIALES
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	METODO ASSHTO 93			

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

La presente investigación tiene como población: Carretera Ananea – Rinconada (16.2 Km).

“Es un conjunto con propiedades comunes para los cuales los hallazgos de la investigación serán amplios. Esto se limita al problema y los objetivos del proyecto”. Arias (2012).

#### 3.3.2 Muestra

La presente investigación se tiene como muestra: El pavimento flexible km 0+000 al km 1+000 de la carretera Ananea - Rinconada.

“Es un subconjunto que representa la población disponible”. Arias (2012).

#### 3.3.3 Muestreo

Muestreo por conveniencia.

La presente investigación se tiene como muestreo: Exploraciones de campo (calicatas) progresiva km 0+300 y km 0+800 de la carretera Ananea - Rinconada.



“El muestreo intencional es aquel que selecciona en función de criterios o juicios determinados del investigador”. Arias (2012)

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas**

La presente investigación se tiene como técnica: La observación directa, puesto que, se está utilizando el diseño cuasi-experimental.

"Las técnicas de recolección de datos son las diferentes formas o maneras de obtener información, tales como observación directa, encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), análisis documental, análisis de contenido, etc". Arias (2012).

#### **3.4.2 Instrumentos**

La presente investigación se tiene como instrumentos: Ensayos de laboratorio según EG 2013, Aforo vehicular.

“Los instrumentos son los medios materiales utilizados para recopilar y almacenar información, tales como archivos, fichas, formatos de datos, cuestionarios, guías de entrevista, listas de verificación, grabadoras, etc”. Arias (2012).

### **3.5 Procedimiento**

La presente investigación tiene el siguiente procedimiento:

**Primero:** Localización y exploración de las zonas de estudio: relave minero (sector Pampa Blanca) y agregado de cantera Chuquine (sector Centro Poblado de Chuquine).

**Segundo:** Recolección de material de cantera y relave minero.

**Tercero:** Ensayos de laboratorio según MTC para subbase.

**Cuarto:** Calcular el ESAL de diseño, determinar el CBR de la subrasante, la confiabilidad y la desviación estándar total, hallar el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante, determinar la pérdida de serviciabilidad de diseño, obtener el número estructural SN y finalmente establecer los espesores del pavimento.

**Quinto:** Elaboración de planilla de metrados y presupuesto de proyecto.

### **3.6 Método de análisis de datos**

En la presente investigación los datos recolectados del agregado de cantera y relave minero serán procesados y analizados para conocer sus características. Posteriormente se diseñará el pavimento flexible teniendo en cuenta los parámetros de la metodología AASHTO 93, con la finalidad de realizar los ensayos de laboratorio requeridos para la subbase de pavimento flexible. Finalmente, se evaluará la factibilidad económica de dicha capa.

“Respecto al análisis, se establecerán las técnicas lógicas tales como síntesis, análisis, inducción y deducción, por otro lado, las técnicas estadísticas tales como inferenciales o descriptivas, que se utilizarán para describir los resultados que nos darán los datos recolectados. Arias (2012).

### **3.7 Aspectos éticos**

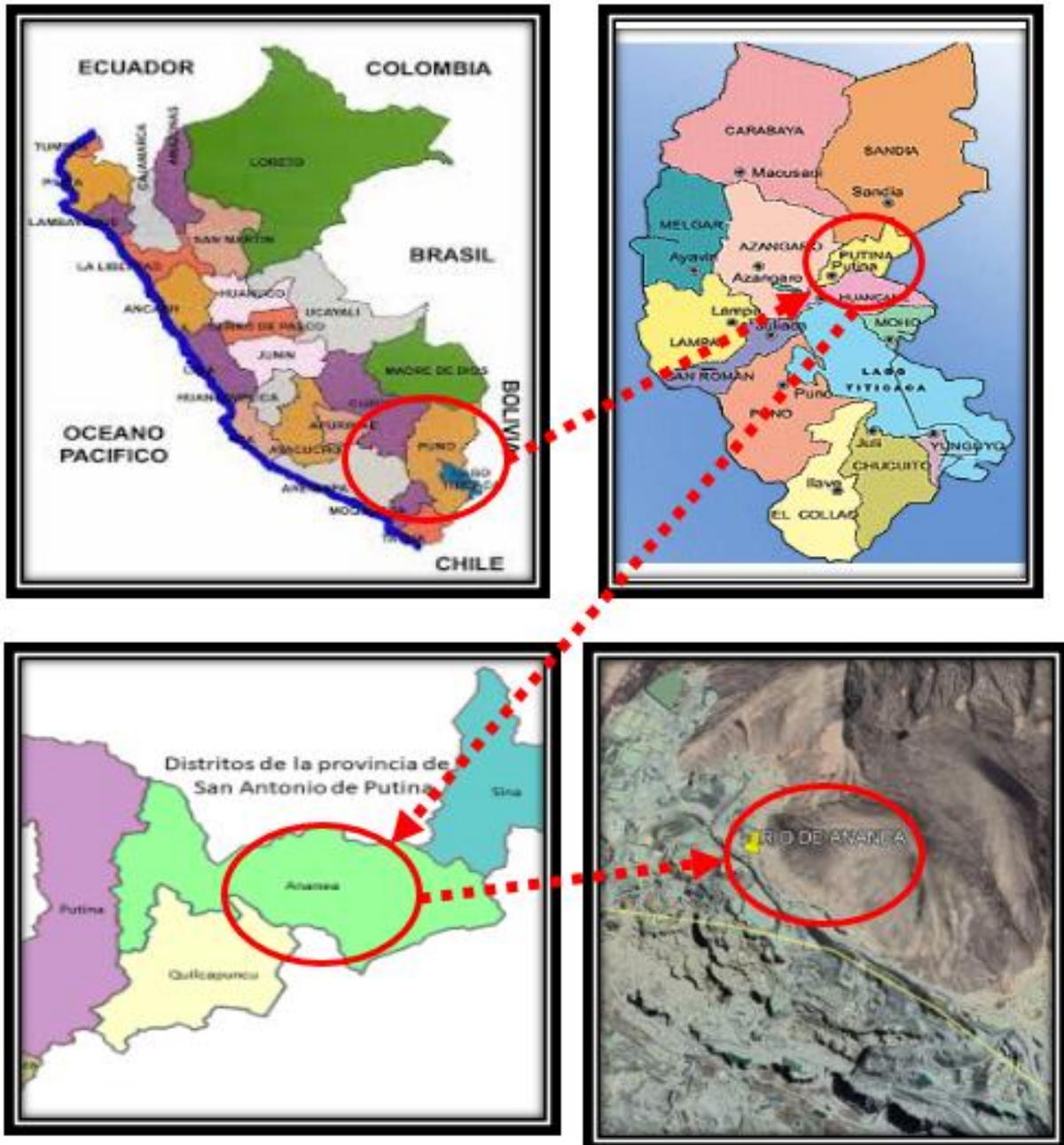
El presente estudio es de carácter original, cuya autenticidad y autoría corresponde al investigador, el desarrollo de este proyecto está garantizado ya que se rige por la normativa y metodología propuesta.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Ubicación

El presente proyecto de investigación se encuentra ubicado en:

*Figura 5 Localización del proyecto de investigación.*



Fuente: Elaboración propia.

### Localización Ubicación Política

DEPARTAMENTO /REGIÓN : Puno  
PROVINCIA : San Antonio de Putina  
DISTRITO : Ananea  
SECTOR : Carretera Ananea – Rinconada  
PROGRESIVA : Km 0+000 AL Km 1+000

### Ubicación Geográfica

ESTE : 442,371.87  
NORTE : 8`377,165.98  
ALTITUD : 4660 m.s.n.m

El proyecto de investigación está ubicado a la salida de la ciudad de Ananea, carretera Ananea – Rinconada, progresiva Km 0+000 al Km 1+000.

**Figura 6** Progresiva km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada.



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Características físicas de los suelos.

#### 4.2.1 Características físicas del agregado de cantera Chuquine.

##### 4.2.1.1 Ensayo de Análisis Granulométrico.

**Tabla 1** Resultado Análisis Granulométrico del agregado de cantera Chuquine.

Tamices ASTM	Abertura (m.m)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.000				
2 ½"	63.000				
2"	50.000				
1 ½"	38.100	631.0	7.1	7.1	92.9
1"	25.000	789.0	8.9	16.0	84.0
¾"	19.000	727.0	8.2	24.2	75.8
½"	12.500	1179.0	13.3	37.5	62.5
3/8"	9.500	429.0	4.8	42.3	<b>57.7</b>
1/4"	6.300				
N° 4	4.750	1060.0	12.0	54.3	<b>45.7</b>
N° 8	2.360				
N° 10	2.000	111.0	10.1	64.4	<b>35.6</b>
N° 16	1.180				
N° 20	0.850	95.0	8.7	73.1	<b>26.9</b>
N° 30	0.600				
N° 40	0.425	85.0	7.8	80.9	<b>19.1</b>
N° 50	0.300				
N° 60	0.250				
N° 80	0.180				
N° 100	0.150	94.0	8.6	89.5	<b>10.5</b>
N° 200	0.075	35.0	3.2	92.7	<b>7.3</b>

FUENTE: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

##### 4.2.1.2 Ensayo de Límites de Atterberg

**Tabla 2** Resultado Límites de Atterberg del agregado de cantera Chuquine.

Descripción	Unidad	Resultado
Contenido de Humedad	%	2.17
Límite Líquido	%	17.30
Límite Plástico	%	NP
Índice de Plasticidad	%	NP

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

#### 4.2.1.3 Clasificación del agregado de cantera Chuquine.

AASHTO : A-1-a (0)

SUCS : GP-GM

#### 4.2.2 Características físicas del relave minero.

##### 4.2.2.1 Ensayo de Análisis Granulométrico.

**Tabla 3** Resultado Análisis Granulométrico del relave minero.

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura (m.m)</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
3"	75.000				
2 ½"	63.000				
2"	50.000				
1 ½"	38.100				
1"	25.000				
¾"	19.000				
½"	12.500				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
1/4"	6.300				
N° 4	4.750	14.94	2.99	2.99	<b>97.01</b>
N° 8	2.360				
N° 10	2.000	177.79	35.56	38.55	<b>61.45</b>
N° 16	1.180				
N° 20	0.850	69.94	13.99	52.53	<b>47.47</b>
N° 30	0.600				
N° 40	0.425	14.02	2.80	55.34	<b>44.66</b>
N° 50	0.300	27.53	5.51	60.84	<b>39.16</b>
N° 60	0.250				
N° 80	0.180				
N° 100	0.150	105.42	21.08	81.93	<b>18.07</b>
N° 200	0.075	58.46	11.69	93.62	<b>6.38</b>

FUENTE: (Elaboración propia).

#### 4.2.2.2 Ensayo de Límites de Atterberg.

Tabla 4 Resultado Límites de Atterberg del relave minero.

Descripción	Unidad	Resultado
Contenido de Humedad	%	6.48
Límite Líquido	%	9.90
Límite Plástico	%	NP
Índice de Plasticidad	%	NP

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

#### 4.2.2.3 Clasificación del relave minero.

AASHTO : A – 1 – b (0)

SUCS : SP – SM

### 4.3 Combinación de suelos

Para la presente investigación se realizó la combinación de suelos (agregado de cantera Chuquine y relave minero), en diferentes porcentajes, el cual se detalla a continuación:

Tabla 5 Combinación de suelos.

Combinación N°	% de Suelo	Procedencia
01	100 %	Cantera Chuquine
02	50 %	Cantera Chuquine
	50 %	Relave minero
03	70 %	Cantera Chuquine
	30 %	Relave minero

Fuente: (Elaboración propia)

#### 4.3.1 Ensayos de laboratorio según EG-2013

##### 4.3.1.1 Combinación N° 01: Cantera Chuquine (100%)

Se muestra los resultados obtenidos del ensayo granulométrico realizado al agregado de cantera Chuquine (100%).

**Tabla 6** *Requerimiento Granulométrico MTC EG-2013 – Combinación 01*

<b>Tamiz (ASTM D422)</b>	<b>Requerimiento Granulométrico</b>	<b>% Que Pasa de la cantera</b>	<b>Calificación</b>
50 mm. (2")	100	100.00	✓
9.5 mm (3/8")	30 – 65	57.7	✓
4.75 mm. (N°4)	25 – 55	45.7	✓
2.0 mm. (N°10)	15 – 40	35.6	✓
425 um. (N°40)	8 – 20	19.1	✓
75 um (N°200)	2 - 8	7.3	✓

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

En la siguiente tabla, se muestra los resultados obtenidos de los ensayos especiales realizados al agregado de la cantera Chuquine (100%).

**Tabla 7** *Requerimiento Ensayos Especiales MTC EG-2013 – Combinación 01.*

<b>Ensayos</b>	<b>Requerimiento MTC ≥ 3000mns</b>	<b>Resultados de la Cantera</b>	<b>Calificación</b>
Abrasión Los Ángeles	50% máx.	25.50%	✓
CBR	40% mín.	43.35%	✓
Límite Líquido	25% máx.	17.30%	✓
Índice de Plasticidad	4% máx.	NP	✓
Equivalente de Arena	35% mín.	40.10%	✓
Sales Solubles	1% máx.	0.69%	✓
Partículas Chatas y Alargadas	20% máx.	13.50%	✓

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

En la tabla 06 se aprecia que los resultados obtenidos del ensayo de granulometría de la cantera Chuquine satisfacen los requerimientos mínimos según normativa.



En la tabla 07 se aprecia que los resultados obtenidos de los ensayos especiales de la cantera Chuquine cumple con los requerimientos mínimos según normativa.

#### 4.3.1.2 Combinación N° 02: Cantera Chuquine (50%) + Relave minero (50%)

Se muestra los resultados obtenidos del ensayo granulométrico realizado a la combinación de agregado de cantera Chuquine (50%) y relave minero (50%).

**Tabla 8** *Requerimiento Granulométrico MTC EG-2013 – Combinación 02.*

<b>Tamiz (ASTM D422)</b>	<b>Requerimiento Granulométrico</b>	<b>% Que Pasa de la cantera</b>	<b>Calificación</b>
50 mm. (2")	100	100.00	✓
9.5 mm (3/8")	30 – 65	55.80	✓
4.75 mm. (N°4)	25 – 55	48.3	✓
2.0 mm. (N°10)	15 – 40	40.8	x
425 um. (N°40)	8 – 20	30.9	x
75 um (N°200)	2 - 8	19.9	x

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

En la tabla 08 se aprecia los resultados obtenidos del Ensayo de Análisis Granulométrico de la combinación 02, no cumple con los requerimientos mínimos de la normativa, ya que, los valores obtenidos en los tamices N° 10, N° 40 y N° 200, sobrepasan los valores del parámetro establecido.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de los ensayos especiales realizados a la combinación de agregado de C. Chuquine (50%) y relave minero (50%).

**Tabla 9** *Requerimiento Ensayos Especiales MTC EG-2013 – Combinación 02.*

<b>Ensayos</b>	<b>Requerimiento MTC ≥ 3000mns</b>	<b>Resultados de la Cantera</b>	<b>Calificación</b>
Abrasión Los Ángeles	50% máx.	40.9%	✓
CBR	40% mín.	36.81%	x
Límite Líquido	25% máx.	13.20%	✓
Índice de Plasticidad	4% máx.	NP	✓
Equivalente de Arena	35% mín.	69.73%	✓
Sales Solubles	1% máx.	0.54%	✓
Partículas Chatas y Alargadas	20% máx.	8.4%	✓

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

En la tabla 09 se aprecia los resultados obtenidos de los ensayos especiales de la combinación 02, no cumple con todos los requerimientos mínimos de la normativa, ya que, el valor obtenido del CBR fue de 36.81% el cual no cumple el requerimiento de 40% como mínimo.

#### **4.3.1.3 Combinación N° 03: Cantera Chuquine (70%) + Relave minero (30%)**

Se muestra los resultados obtenidos del ensayo granulométrico:

**Tabla 10** *Requerimiento Granulométrico MTC EG-2013 – Combinación 03.*

<b>Tamiz (ASTM D422)</b>	<b>Requerimiento Granulométrico</b>	<b>% Que Pasa de la cantera</b>	<b>Calificación</b>
50 mm. (2")	100	100.00	✓
9.5 mm (3/8")	30 – 65	54.7	✓
4.75 mm. (N°4)	25 – 55	43.7	✓
2.0 mm. (N°10)	15 – 40	34.9	✓
425 um. (N°40)	8 – 20	19.8	✓
75 um (N°200)	2 - 8	7.8	✓

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

**Tabla 11** *Requerimiento Ensayos Especiales MTC EG-2013 – Combinación 03.*

<b>Ensayos</b>	<b>Requerimiento MTC ≥ 3000mns</b>	<b>Resultados de la Cantera</b>	<b>Calific.</b>
Abrasión Los Ángeles	50% máx.	35.6%	✓
CBR	40% mín.	40.25%	✓
Límite Líquido	25% máx.	15.50%	✓
Índice de Plasticidad	4% máx.	NP	✓
Equivalente de Arena	35% mín.	52.50%	✓
Sales Solubles	1% máx.	0.66%	✓
Partículas Chatas y Alargadas	20% máx.	9.6%	✓

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

En la tabla 11 se aprecia que los resultados obtenidos de los ensayos especiales de la combinación 03, cumple con los requerimientos mínimos según normativa.

#### 4.4 Diseño de pavimento flexible

##### 4.4.1 Estudio de mecánica de suelos

Respecto a las exploraciones del suelo, según el MTC se tiene:

**Figura 7** *Número de calicatas para exploración de suelos.*

<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Número mínimo de Calicatas</b>	<b>Observación</b>
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: MTC 2013

Para la presente investigación se realizó dos exploraciones (calicatas) con el fin de conocer las características del suelo.

**Tabla 12** Características de calicatas.

Muestra	Progresiva	Margen	Coordenadas	Profundidad
Calicata 01	Km 0+300	Izquierda	E: 446593.4 N: 8376236.8	1.50 metros
Calicata 02	Km 0+800	Derecha	E: 446162.9 N: 8376328.2	1.50 metros

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al número de ensayos de CBR del suelo y módulo de resiliencia, según el MTC 2016: Suelos, Geología y Pavimentos se tiene:

**Figura 8** Número de Ensayos MR y CBR.

Tipo de Carretera	N° M <sub>R</sub> y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 M<sub>R</sub> cada 3 km y 1 CBR cada 1 km</li> </ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 2 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

Fuente: MTC 2013

Se obtuvo un promedio de 218 vehículos/día para una calzada de dos carriles, el cual correspondería a una Carretera de Tercera Clase.

#### 4.4.1.1 Clasificación del suelo

**Tabla 13** *Características del suelo.*

<b>Muestra</b>	<b>Calicata 01</b>	<b>Calicata 02</b>
Límite Líquido	16.50%	NP
Límite Plástico	NP	NP
Índice de plasticidad	NP	NP
Clasificación SUCS	SM	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

#### 4.4.1.2 Categoría de Subrasante

En la siguiente tabla se detalla las características de las calicatas en estudio:

**Tabla 14** *Resultados CBR*

<b>Muestra</b>	<b>Calicata 01</b>	<b>Calicata 02</b>
Progresiva (km)	0+300	0+800
Profundidad (m)	1.50	1.50
CBR (%)	13.00	15.00
Promedio CBR (%)	14.00	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos UANCV

**Figura 9** *Categorías de Subrasante.*

<b>Categorías de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC 2013

Al obtener un CBR de 14.0%, dicho valor se encuentra del parámetro CBR>10% a CBR<20%, se tiene una categoría de subrasante de S3 (Subrasante Buena).

#### 4.4.2 Estudio de tráfico vehicular

El estudio de tráfico del año 2022, se consideró una estación de conteo que se realizó en un período de 7 días de lunes a domingo del mes de febrero.

##### 4.4.2.1 Índice Medio Diario Semanal

A continuación, se presenta el resumen del aforo vehicular que fue obtenido de la estación establecida (km 0+500), se tuvo los siguientes datos:

Figura 10 Índice Medio Diario Semanal

TRAMO DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000					ESTACION		E-1 (KM 0+500)													
SENTIDO		ANANEA		RINCONADA		CODIGO DE LA ESTACION		DIA Y FECHA														
AMBOS		E ←		S →		SEMANTAL		21	2	22												
UBICACION		CARRETERA ANANEA-RINCONADA																				
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMITRAYER				TRAYER				TOTAL
DÍA			PICKUP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>3 E	2 E	3 E	4 E	2B/2B2	2B3	3B1/3B2	>3B3	2T2	2T3	3T2	>3T3			
LUNES	77	14	127	12	94	0	3	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	331	
MARTES	27	14	87	10	30	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	171	
MIÉRCOLES	37	14	85	11	36	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	
JUEVES	41	27	86	13	44	0	3	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	219	
VIERNES	82	19	65	14	60	0	2	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	248	
SÁBADO	49	15	62	11	45	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	184	
DOMINGO	22	3	97	11	41	0	4	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	184	
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>15</b>	<b>87</b>	<b>12</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>218</b>	

Fuente: Elaboración propia

Realizado el aforo vehicular, se obtuvo un promedio de 218 vehículos/día.

##### 4.4.2.2 Factor de Corrección Estacional (FCE)

Para determinar dicho factor se tomará en cuenta el peaje más cercano a la zona de estudio. Valores estipulados en la Ficha Técnica Estándar para la Formulación y Evaluación de Inversión de Carreteras Interurbanas (Formato N° 1.1 A).

Tabla 15 Factores de corrección de vehículos ligeros y pesados.

Peaje	Mes	Factor Veh. Ligero	Factor Veh. Pesado
Ayaviri	Febrero	0.9287	1.0057

Fuente: OPMI-MTC

#### 4.4.2.3 Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Figura 11 Índice Medio Diario Anual.

TRANSE DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000				ESTACION		E-1 (KM 0+500)													
SENTIDO	AMBO S	AN ANEA	E ←	RIN CONADA	S →	CODIGO DE LA ESTACION															
UBICACION		CARRETERA AN ANEA - RIN CONADA				DI A Y FECHA	SEMANAL	21	2	22											
SENTIDO	AUTO	CAMIONETA S				BUS		CAMION			SEMITRAYER				TRAYER				TOTAL		
		PICKUP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	211/212	213	311/312	>=313	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
AMBO S																					
IMD S	48	15	87	12	50	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	218
FCE	0.9287				1.0057																
IMDA	45	14	81	11	46	0	2	0	2	0	0	2.01	0	0	0	0	0	0	0	0	203
TRÁNSITO LIVIANO						TRÁNSITO PESADO															

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.4 Proyección del tráfico

La información de los volúmenes de tráfico se obtuvo de los conteos en el año 2022, por lo que consideraremos una proyección al cuarto año de operación del proyecto, para que este sea el Año Base para el diseño. En este estudio se plantea que el año base de diseño, es el año 2026.

El tráfico futuro se calculará con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1 + r)^n$$

Donde:

- T<sub>n</sub> : Tráfico en el año “n”
- T<sub>o</sub> : Tráfico actual o en el año base
- r : Tasa de Crecimiento Anual
- n : Año para el cual se calcula el volumen de tráfico.

Para determinar la tasa de crecimiento anual de vehículos ligeros y pesados se tomará en cuenta el peaje más cercano a la zona de estudio. Valores estipulados en la Ficha Técnica Estándar para la Formulación y Evaluación de Inversión de Carreteras Interurbanas (Formato N° 1.2).

**Tabla 16** Tasa de crecimiento anual.

Peaje	Zona	TC (Veh. Ligero)	PBI (Veh. Pesado)
Ayaviri	Puno	0.92%	3.21%

Fuente: OPMI-MTC

**Figura 12** Tránsito proyectado

TRAMO DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000				ESTACION		E - 1 (KM 0+500)														
SENTIDO		ANANEA		RINCONADA		CODIGO DE LA ESTACION		DIA Y FECHA														
UBICACIÓN		CARRETERA ANANEA - RINCONADA																				
SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
AÑO																						
(2022)	45	14	81	11	46	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	203
r	0.92%					3.21%																
(2026)	45.82	14.32	83.05	11.45	###	0.00	2.21	0.00	2.21	0.00	0.00	0.00	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	209.00
	TRÁNSITO LIVIANO						TRÁNSITO PESADO															

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.5 Factor de crecimiento acumulado (Fca)

El factor de crecimiento por el periodo de diseño (Fca) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

Fca : Factor de Crecimiento Acumulado.

n : Periodo de Diseño (n=20 años).

r : Tasa de Crecimiento Anual (3.21%)



$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} = \frac{(1 + 0.0321)^{20} - 1}{0.0321} = 27.45$$

$$Fca = 27.45$$

#### 4.4.2.6 Factores de distribución direccional y de carril

Figura 13 Factor direccional y de carril

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: MTC 2013

#### 4.4.2.7 Ejes Equivalente para Pavimentos Flexibles (EE)

Figura 14 Relación de cargas por eje

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2ton</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: MTC 2013

Tabla 17 Cálculo de Ejes Equivalentes.

Tipo de Vehículo	IMDA 2026	Eje	N° Llantas	Carga Eje Tn	Factor EE	Eje Equivalente
Vehículos ligeros	Auto	Simple	2	1	0.000527	0.024147
		Simple	2	1	0.000527	0.024147
	S.	Simple	2	1	0.000527	0.007547
		Simple	2	1	0.000527	0.007547
	Wagon	Simple	2	1	0.000527	0.007547
		Simple	2	1	0.000527	0.007547
	Pick Up	Simple	2	1	0.000527	0.043767
		Simple	2	1	0.000527	0.043767
	Panel	Simple	2	1	0.000527	0.006034
		Simple	2	1	0.000527	0.006034
	Rural	Simple	2	1	0.000527	0.000527
		Simple	2	1	0.000527	0.000527
Bus	2E	Simple	2	7	1.265367	2.796461
		Simple	4	11	3.238287	7.156614
Camión	2E	Simple	2	7	1.265367	2.796461
		Simple	4	11	3.238287	7.156614
Semi trayler	2S3	Simple	2	7	1.265367	2.796461
		Simple	4	11	3.238287	7.156614
		Tridem	12	25	1.706026	3.770317
$\sum_{i=1}^n (IMDA_i \times FC_i)$						33.842841

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.8 Número de Ejes Equivalentes ESAL

Para el cálculo del ESAL se emplea la siguiente fórmula:

$$ESAL = \sum_{i=1}^n (IMDA_i \times FC_i) \times Fca \times Fd \times Fc \times 365$$

Donde:

- ESAL : Número de Ejes equivalentes de 8.2 Tn en el periodo de diseño.  
 IMDA : Índice Medio Diario Anual inicial por tipo de vehículo.

- Fca : Factor de Carga por tipo de vehículo.  
 Fd : Factor de Distribución en Dirección (D=0.5).  
 Fc : Factor de Distribución por carril (D=1.0).  
 Y : Período de diseño (Y=20 años).

$$ESAL = \sum_{i=1}^n (IMDA_i \times FC_i) \times Fca \times Fd \times Fc \times 365$$

$$ESAL = (33.842841 \times 27.45 \times 0.5 \times 1.0 \times 365)$$

$$ESAL = 169,539.94 EE$$

#### 4.4.2.9 Número de Repeticiones Acumuladas de EE

En la siguiente figura se muestra los valores de nivel de confiabilidad recomendados para distintos rangos de tráfico:

El presente estudio se tiene un ESAL de 169,539.94 EE.

**Figura 15** Relación de cargas por eje

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T <sub>P0</sub>	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>P2</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>P11</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>P12</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>P13</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>P14</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T <sub>P15</sub>	> 30'000,000 EE

En el presente estudio se tiene un ESAL de 169,539.94 EE, por lo tanto, el tipo de tráfico es Tp1.

### 4.4.3 Cálculo de espesores de Pavimento Flexible

#### 4.4.3.1 Módulo de Resiliencia (MR)

Para el cálculo del MR se emplea la siguiente fórmula:

$$MR (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

$$MR (psi) = 2555 \times 14^{0.64}$$

$$MR (psi) = 13,832.89$$

#### 4.4.3.2 Confiabilidad (%R)

En la siguiente figura se muestra los valores de nivel de confiabilidad recomendados para distintos rangos de tráfico:

Figura 16 Relación de cargas por eje

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%

Fuente: MTC 2013

El presente estudio se tiene un tipo de tráfico T<sub>P1</sub>, por lo tanto, el nivel de confiabilidad es: %R = 70%

#### 4.4.3.3 Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z<sub>R</sub>)

En la siguiente figura se muestra los valores de desviación estándar normal para un conjunto de datos en una distribución normal:

Figura 17 Coeficiente de Desviación Estándar

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z <sub>R</sub> )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842

Fuente: MTC 2013

El presente estudio tiene un tipo de tráfico Tp1, por lo tanto, el coeficiente de desviación estándar es:  $Z_r = -0.524$

#### 4.4.3.4 Desviación Estándar Combinada (So)

La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 – 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de:  $S_o = 0.45$

#### 4.4.3.5 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

##### Serviciabilidad Inicial (PI)

En la siguiente figura se muestra los valores de serviciabilidad inicial según el rango de tráfico:

**Figura 18** Índice de serviciabilidad inicial

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,00	150,000	3.80
	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750 001	1,000,000	3.80

Fuente: MTC 2013

En el presente estudio se tiene un tipo de tráfico Tp1, por lo tanto, el índice de serviciabilidad inicial es:  $P_i = 3.80$

##### Serviciabilidad Final (Pt)

En la siguiente figura se muestra los valores de serviciabilidad final según el rango de tráfico:

**Figura 19** Índice de serviciabilidad final

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	2.00
	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00

Fuente: MTC 2013

En el presente estudio se tiene un tipo de tráfico Tp1, por lo tanto, el índice de serviciabilidad final es: **Pt = 2.00**

#### Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)

En la siguiente figura se muestra los valores de diferencial de serviciabilidad según el rango de tráfico:

**Figura 20** Diferencial de serviciabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,001	1500,000	1.80
	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.80

Fuente: MTC 2013

En el presente estudio se tiene un tipo de tráfico Tp1, por lo tanto, la diferencial de serviciabilidad es: **( $\Delta$  PSI) = 1.80**

#### 4.4.3.6 Número Estructural Requerida (SNR)

Se obtiene teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Datos:

$$W_{18} = 169,539.94$$

$$CBR (\%) = 14.00$$

$$MR (\text{psi}) = 13,832.89$$

$$R(\%) = 70\%$$

$$Z_r = -0.524$$

$$S_0 = 0.45$$

$$P_i = 3.80$$

$$P_t = 2.00$$

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento:  
 Pavimento flexible     Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So):  
 70 % Zr=-0.524    So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:  
 PSI inicial = 3.8    PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante:  
 Mr = 13832.89 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)    Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)    Coeficiente de drenaje - (C<sub>d</sub>)

Tipo de Análisis:  
 Calcular SN    **W18 =** 169539.94    Número Estructural: **SN =** 1.79  
 Calcular W18

Calcular    Salir

Aplicando la fórmula se tiene el número estructural requerido: **SN<sub>req</sub> = 1.79**

#### 4.4.3.7 Coeficiente Estructural de las Capas de Pavimento

##### Coeficiente Estructural de Capa Superficial (a<sub>1</sub>)

En la siguiente figura se muestra los valores del coeficiente estructural de capa superficial:

**Figura 21** *Coeficiente estructural de capa superficial*

CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a <sub>1</sub>	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico. Este ES un valor Maximo y de utilizarse como tal, El expediente de ingeniería debe ser explícito en cuanto a pautas de cumplimiento obligatorio como realizar : - Un control de calidad riguroso - Indicar un valor de Estabilidad Marshal, superior a 1000 kf-f - Alertar sobre la susceptibilidad al fisuramiento térmico y por fatiga (AASHTO 1993)
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a <sub>1</sub>	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a <sub>1</sub>	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a <sub>1</sub>	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a <sub>1</sub>	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000 EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos

Fuente: MTC 2013

En el presente estudio se considera el coeficiente estructural de capa superficial: **a1 = 0.125/cm.**

**Coeficiente Estructural de Base (a2)**

En la siguiente figura se muestra los valores del coeficiente estructural de la base:

**Figura 22** *Coeficiente estructural de la base*

BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a <sub>2a</sub>	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2b</sub>	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2c</sub>	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico

Fuente: MTC 2013

En el presente estudio se considera la base granular CBR 80% y el coeficiente estructural de la base: **a2 = 0.052/cm**

**Coeficiente Estructural de Subbase (a3)**

En la siguiente figura se muestra los valores del coeficiente estructural de la base:

**Figura 23** *Coeficiente estructural de la base*

SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Fuente: MTC 2013

En el presente estudio se considera la subbase granular CBR 40% y el coeficiente estructural de la base: **a3 = 0.047/cm.**

**Coeficiente de Drenaje (m2 y m3).**

Según recomendación de la guía AASHTO, se empleará los coeficientes de drenaje para este caso son: m2 = 1.0 y m3 = 1.0.



#### 4.4.3.8 Número Estructural de capas de pavimentos (SN)

##### Número Estructural Subbase (SN1)

Datos:

W18	=	169,539.94
CBR (%)	=	40.00
MR (psi)	=	27,083.78
R(%)	=	70%
Zr	=	-0.524
So	=	0.45
Pi	=	3.80
Pt	=	2.00

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So)  
70 % Zr=-0.524 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
PSI inicial 3.8 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
Mr 27083.78 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)  
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN  Calcular W18

W18 = 169539.94

Número Estructural  
SN = 1.35

Calcular Salir

Aplicando la fórmula se tiene el número estructural de la subrasante: **SN1 = 1.35**

##### Número Estructural Base (SN2)

Datos:

W18	=	169,539.94
CBR (%)	=	80.00
MR (psi)	=	42,205.45
R(%)	=	70%
Zr	=	-0.524
So	=	0.45
Pi	=	3.80
Pt	=	2.00

Aplicando la fórmula se tiene el número estructural de la subrasante: **SN2 = 1.10**

#### 4.4.3.9 Cálculo de espesores de la capa

Se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$SN = (0.125 \times 5.00) + (0.052 \times 15.00 \times 1.00) + (0.047 \times 15.00 \times 1.00)$$

$$\mathbf{SN_{resultado} = 2.11}$$

Por lo que:

$$SN_{resultado} > SN_{requerido}$$

$$2.11 > 1.79 \text{ (SI CUMPLE)}$$

En el presente estudio se tiene los siguientes espesores de capa:

D1: Carpeta Asfáltica = 5.0 cm

D2: Base = 10.0 cm

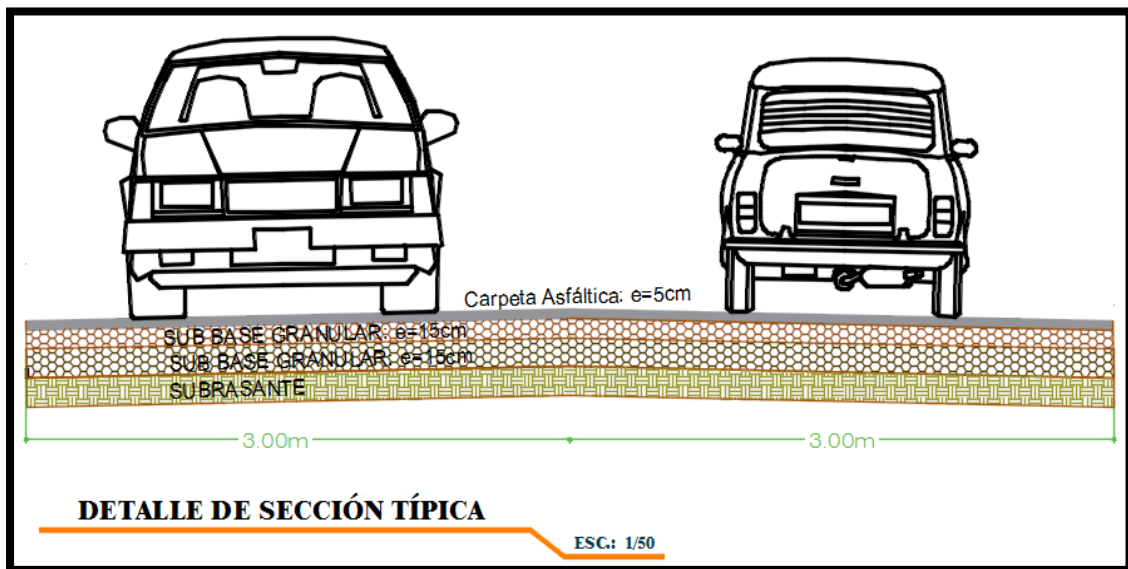
D3: Subbase = 15.0 cm

#### 4.4.3.10 Sección típica de vía

Se plantea la siguiente sección típica de vía en la zona de estudio, con las siguientes características:

Período de diseño : 20 años  
Ancho de superficie de rodadura : 6.00 metros.  
Tipo de Pavimento : Flexible  
N° de carriles : 01  
N° de sentidos : 02

Figura 24 Sección típica de vía



Fuente: Elaboración propia.

## 4.5 Factibilidad económica del proyecto de investigación

### 4.5.1 Planilla de metrados (Patrón)

<b>PLANILLA DE METRADOS</b>								
TESIS : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN LA SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA - RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"								
FECHA : MARZO 2022								
ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE VECES	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL	UND.
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>							
<b>01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALESx</b>							
01.01.01	CARTELx DE IDENTIFICACION DEx OBRA 3.60x8.50m	1.00				1.00	1.00	Und
01.01.02	ALQUILER DE OFICINA Y ALMACEN DE OBRA	1.00				1.00	1.00	Mes
<b>01.02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARESx</b>							
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA PESADA	1.00				1.00	1.00	Gbl
<b>02</b>	<b>PAVIMENTO</b>							
<b>02.01</b>	<b>PAVIMENTOS</b>							
02.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES							
02.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTEx LA CONSTRUCCION	1.00	1,000.00			1,000.00	1,000.00	M2
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
02.01.02.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA						3,126.00	M3
	KM 0+100	1.00	100.00	6.00	1.52	912.00		
	KM 0+200	1.00	100.00	6.00	0.88	528.00		
	KM 0+300	1.00	100.00	6.00	0.63	378.00		
	KM 0+400	1.00	100.00	6.00	0.50	300.00		
	KM 0+500	1.00	100.00	6.00	0.46	276.00		
	KM 0+600	1.00	100.00	6.00	0.39	234.00		
	KM 0+700	1.00	100.00	6.00	0.50	300.00		
	KM 0+800	1.00	100.00	6.00	0.19	114.00		
	KM 0+900	1.00	100.00	6.00	0.10	60.00		
	KM +000	1.00	100.00	6.00	0.04	24.00		
02.01.02.01	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE						3,907.50	M3
	De obra a botadero	1.25	Volumen=	3,126.00		3,907.50		
02.01.03	SUB BASE (E=15 CM)							
02.01.03.01	COLOCACION Y NIVELADO CON MAT. DE PRESTAMO PARA SUB BASE (E=15 CM)	1.00	1,000.00	6.00	0.15	900.00	900.00	M3
02.01.04	BASE (E=10 CM)							
02.01.04.01	COLOCACION Y NIVELADO CON MAT. DE PRESTAMO PARA BASE (E=10CM)	1.00	1,000.00	6.00	0.10	600.00	600.00	M3
02.01.05	CARPETA ASFÁLTICA (E=5 CM)							
02.01.05.01	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA (E=5CM)	1.00	1,000.00	6.00	0.05	300.00	300.00	M3
<b>03</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>							
03.01	PINTURA REGLAMENTARIA EN PAVIMENTOS	3.00	1,000.00	0.15			450.00	M2
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>							
04.03	LIMPIEZA GENERAL	1.00	1,000.00	6.00		6,000.00	6,000.00	M2

## 4.5.2 Presupuesto Base (Patrón)

<b>PRESUPUESTO BASE</b>					
TESIS	INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN LA SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA - RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"				
ITEM	DESCRIPCION PARTIDA	Und	Metrado	P. Unit S/.	Total S/.
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
<b>01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>				
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60x4.50m	und	1.00	542.68	542.68
01.01.02	ALQUILER DE OFICINA Y ALMACEN DE OBRA	mes	1.00	1,600.00	1,600.00
<b>01.02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA PESADA	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00
<b>02</b>	<b>PAVIMENTO</b>				
<b>02.01</b>	<b>PAVIMENTOS</b>				
<b>02.01.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
02.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA CONSTRUCCION	m	1,000.00	1.21	1,210.00
<b>02.01.02</b>	<b>MOVIMIENTO OXDE TIERRAS</b>				
02.01.02.01	CORTE-A-NIVEL DE SUBRASANTE CON-MAQUINARIA	m3	3,126.00	4.10	12,816.60
02.01.02.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	3,907.50	4.77	18,638.78
<b>02.01.03</b>	<b>SUB BASE (E=15CM)</b>				
02.01.03.01	COLOCACION Y NIVELADO CON MAT. DE PRESTAMO PARA SUB BASE (E=15CM)	m3	630.00	115.25	72,607.50
<b>02.01.04</b>	<b>BASE (E=10CM)</b>				
02.01.04.01	COLOCACION Y NIVELADO CON MAT. DE PRESTAMO PARA BASE (E=10CM)	m3	600.00	115.25	69,150.00
<b>02.01.05</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA (E=5CM)</b>				
02.01.05.01	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA (E=5CM)	m3	300.00	41.26	12,378.00
<b>03</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>				
03.01	PINTURA REGLAMENTARIA EN PAVIMENTOS	m2	450.00	6.21	2,794.50
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>				
04.01	LIMPIEZA GENERAL	m2	6,000.00	0.48	2,880.00
<b>COSTO DIRECTO (C.D.)</b>					<b>206,558.06</b>
<b>GASTOS GENERALES (G.G.)</b>			8.72%		18,010.97
<b>UTILIDAD</b>			10.00%		20,655.81
<b>SUB TOTAL (C.D.+G.G.+UTIL.)</b>					245,224.84
<b>I.G.V. (18.00 %)</b>			18.00%		44,140.47
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>289,365.31</b>

#### 4.5.3 Comparación de presupuestos

Se muestra en la tabla las diferentes dosificaciones:

**Tabla 18** *Combinación de suelos.*

<b>Combinación N°</b>	<b>% de Suelo</b>	<b>Procedencia</b>
01	100 %	Cantera Chuquine
02	50 %	Cantera Chuquine
	50 %	Relave minero
03	70 %	Cantera Chuquine
	30 %	Relave minero

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se observa la comparación de presupuestos de las diferentes combinaciones de suelo.

**Tabla 19** *Comparación de costos.*

<b>Muestra</b>	<b>Combinación 01</b>	<b>Combinación 02</b>	<b>Combinación 03</b>
<b>Metrado Subbase</b>	900 m3	450 m3	630 m3
<b>Costo Subbase</b>	S/. 103,725.00	S/: 51,862.50	S/. 72,607.50
<b>Costo Directo</b>	S/. 237,675.56	S/. 185,813.06	S/. 206,558.06
<b>Presupuesto Total</b>	S/. 332,957.53	S/. 260,303.83	S/. 286,365.31

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia en la tabla 21, que la combinación 02 (50% Cantera Chuquine + 50% relave minero) queda descartado porque no cumplió con los requerimientos mínimos según normativa. La diferencia entre la combinación 01 y la combinación 03 es de S/. 46,592.22.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Discusión 01

Según Ramírez e Hincapié (2018), realizaron la evaluación de CBR de subbase granular adicionando polímeros termoplásticos reciclados (PET) bajo los parámetros de la norma INVIAS, se realiza la comparación con la investigación actual:

**Tabla 20** *Comparación de CBR (PET vs Relave).*

<b>Autor</b>	<b>Evaluación</b>	<b>CBR</b>	<b>Norma</b>
<b>Ramírez e Hincapié (2018)</b>	Adición 3% PET	31.00%	Mín. 30% (INVIAS)
	Adición 6% PET	23.39%	Mín. 30% (INVIAS)
	Adición 9% PET	21.45%	Mín. 30% (INVIAS)
<b>Investigación actual (2022)</b>	Adición 0% Relave	43.35%	Mín. 40% (MTC)
	Adición 30% Relave	40.25%	Mín. 40% (MTC)
	Adición 50% Relave	36.81%	Mín. 40% (MTC)

Fuente: Elaboración propia

Se concluye, al adicionar 3% de PET el valor del CBR satisface la normativa, mientras que al adicionar en mayor cantidad PET el valor del CBR disminuirá y se aleja del parámetro establecido por la norma. Lo mismo ocurre con la incorporación de relave minero mientras mayor sea su porcentaje de adición el valor del CBR disminuirá y no cumplirá los parámetros de la normativa.

## 5.2 Discusión 02

Según Blanco (2017), realizó la estabilización de la subbase de pavimento flexible, incorporando material plástico derivado del reciclaje de Pvc bajo los parámetros de la norma INVIAS, se realiza la comparación con la investigación actual:

**Tabla 21** *Comparación de CBR (PVC vs Relave).*

<b>Autor</b>	<b>Evaluación</b>	<b>CBR</b>	<b>Norma</b>
<b>Blanco (2017)</b>	Sin Adición PVC	30.30%	Mín. 30% (INVIAS)
	Adición 2% PVC	25.60%	Mín. 30% (INVIAS)
	Adición 4% PVC	55.30%	Mín. 30% (INVIAS)
	Adición 6% PVC	72.10%	Mín. 30% (INVIAS)
<b>Investigación actual (2022)</b>	Sin Adición Relave	43.35%	Mín. 40% (MTC)
	Adición 30% Relave	40.25%	Mín. 40% (MTC)
	Adición 50% Relave	36.81%	Mín. 40% (MTC)

Fuente: Elaboración propia

Se concluye, el material de cantera cumple con la norma, la adición de 2% de PVC disminuye el valor del CBR por debajo de lo requerido y la incorporación del aditivo PVC en 4% y 6%, aumenta el valor del CBR por lo tanto mejora la subbase granular. Lo contrario ocurre con la incorporación de relave minero, mientras mayor sea su porcentaje de adición el valor del CBR disminuirá y no cumplirá los parámetros de la normativa.



### 5.3 Discusión 03

Según Calle W. (2017), realizó un comparativo de costos de diseño y construcción entre pavimento rígido y flexible en el tramo Sucre a Cororo (2km), se realiza la comparación con la investigación actual:

**Tabla 22** Comparación de costos de pavimento flexible ( a nivel internacional).

<b>Autor</b>	<b>Calle W. (2017)</b>	<b>Investigación (2022)</b>	
<b>Material</b>	Cantera (100%)	Cantera Chuquine (100%)	C. Chuquine (70%) + Relave (30%)
<b>Tramo</b>	2 km	1 km	1 km
<b>Subbase</b>	30.0 cm.	15.0 cm.	15.0 cm.
<b>Base</b>	20.0 cm.	10.0 cm.	10.0 cm.
<b>Carpeta Asfáltica</b>	5.0 cm.	5.0 cm.	5.0 cm.
<b>Presupuesto</b>	Bs. 2'195,584.68	S/. 332,957.53	S/. 286,365.31
<b>Presupuesto Tot.</b>	S/. 1'183,647.66	S/. 665,915.06	S/. 572,730.62
	<b>Diferencia</b>	S/. 517,732.60	S/. 610,917.04

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye, desde la perspectiva de proyecto de carretera de 2km, el costo en el Perú es más económico que Bolivia, sin embargo, tenemos que considerar que los espesores de subbase y base del proyecto boliviano es el doble respecto a los espesores del proyecto peruano.

#### 5.4 Discusión 04

Según Chipana E. (2018), realizó el estudio del agregado de cantera Jachatira y del relave minero del sector Pampa Blanca con la finalidad de mejorar las propiedades técnicas y mecánicas a nivel de afirmado de la carretera Ananea – Suches, se realiza la comparación con la investigación actual:

**Tabla 23** Comparación de propiedades físicas y mecánicas.

Proyecto	Chipana E. (2018)		Investigación (2022)	
	Relave minero	Cantera Jachatira	Relave minero	Cantera Chuquine
Clasif. AASHTO	A1-b (0)	A1-b	A1-b (0)	A-1-a
Clasificación SUCS	SP-SM	SC	SP-SM	SP-SM
Límite Líquido	9.65%	35.49%	9.90%	17.30%
Límite Plástico	NP	24.60%	NP	NP
Índice de Plasticidad	NP	10.89%	NP	NP
Coef. Uniformidad	20.06	--	15.00	80.80
Coef. Curvatura	0.31	--	0.38	0.906

Fuente: Elaboración propia

Se concluye, la clasificación SUCS del relave minero es una arena mal graduada con presencia de limos. El LL de 9.65% (muy baja) y LP no presenta. Respecto a la cantera Jachatira según clasificación SUCS se tiene arena mal graduada con presencia de arcilla.

Para la presente investigación se obtuvo que la clasificación SUCS del relave minero es una arena mal graduada con presencia de limos. El límite líquido de 9.90%, no presenta límite plástico porque las arenas no tienen características plásticas. Se tiene un suelo arenoso pobremente graduado porque valor del coeficiente de curvatura (0.38) se encuentra fuera del parámetro (entre 1 y 3) establecido para arenas bien graduadas.

## 5.5 Discusión 05

Según Pinedo F. (2017), realizó el estudio de la calidad de los agregados de diferentes canteras del río Cumbaza, se realiza la comparación con la investigación actual:

**Tabla 24** Comparación de ensayo granulométrico canteras del río Cumbaza y Chuquine.

<b>Tamiz</b>	<b>(2")</b>	<b>(1")</b>	<b>(3/8")</b>	<b># 04</b>	<b># 10</b>	<b># 40</b>	<b># 200</b>
<b>Req. Subbase B</b>	<b>100</b>	<b>75-95</b>	<b>40-75</b>	<b>30-60</b>	<b>20-45</b>	<b>15-30</b>	<b>5-15</b>
C. Juan Guerra	100.0	93.67	64.67	43.00	35.67	18.33	8.00
C. 03 de Octubre	100.0	94.50	62.14	41.96	35.63	30.50	12.81
C. Santa Rosa	100.0	93.73	63.98	39.48	32.48	26.08	6.74
<b>Req. Subbase A</b>	<b>100</b>	<b>--</b>	<b>30-65</b>	<b>25-55</b>	<b>15-40</b>	<b>8-20</b>	<b>2-8</b>
C. Chuquine	100.0	--	57.7	45.7	35.6	19.1	7.3

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos en el ensayo granulométrico de las tres canteras cumplen con los requerimientos mínimos de la norma.

**Tabla 25** Comparación de ensayos especiales del río Cumbaza y cantera Chuquine.

<b>Autor</b>	<b>Pinedo F. (2017)</b>				<b>Investigación (2022)</b>
<b>Ensayos Especiales</b>	<b>Requisitos Subbase</b>	<b>Cantera Juan Guerra</b>	<b>Cantera 03 de Octubre</b>	<b>Cantera Santa Rosa</b>	<b>Cantera Chuquine</b>
<b>Abrasión</b>	50% máx.	77.97%	67.30%	62.70%	25.50%
<b>CBR</b>	40% mín.	55.33%	57.67%	60.00%	43.35%
<b>Límite Líquido</b>	25% máx.	N.P.	N.P.	N.P.	17.30%
<b>Índice de Plasticidad</b>	6% máx.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
<b>Equivalente de Arena</b>	25% mín.	25.67%	27.33%	25.00%	40.10%
<b>Sales solubles</b>	1% máx.	0.42%	0.38%	0.34%	0.69%
<b>Partículas chatas</b>	20% máx.	N.P.	N.P.	N.P.	13.50%
<b>Clasificación</b>		No clasifica	No clasifica	No clasifica	Clasifica

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye, las tres canteras en estudio respecto al ensayo de abrasión y equivalente de arena exceden a lo solicitado, y respecto a los ensayos de límite líquido, índice de plasticidad y partículas chatas no presentan. Respecto a la cantera Chuquine si satisface todos los requerimientos solicitados por la norma. Se observa que el CBR de la cantera Chuquine es mínimo con respecto a las otras canteras, sin embargo, cumple con la normativa.

## 5.6 Discusión 06

Según Chávez A. (2018), realizó la comparación de un pavimento flexible vs pavimento rígido en Chavín, Huaraz (1km), se realiza la comparación con la investigación actual:

**Tabla 26** Comparación de costos de pavimento flexible (a nivel nacional).

<b>Autor</b>	<b>Chávez A. (2018)</b>	<b>Investigación (2022)</b>	
<b>Material</b>	Cantera (100%)	Cantera Chuquine (100%)	C. Chuquine (70%) + Relave (30%)
<b>Tramo</b>	1 km	1 km	1 km
<b>Subbase</b>	15.0 cm.	15.0 cm.	15.0 cm.
<b>Base</b>	15.0 cm.	10.0 cm.	10.0 cm
<b>Carpeta Asfáltica</b>	10.0 cm.	5.0 cm.	5.0 cm.
<b>Presupuesto</b>	S/. 490,210.34	S/ 332,957.53	S/. 286,365.31
	<b>Diferencia</b>	S/. 157,252.81	S/. 203,845.03

Fuente: Elaboración propia

Se concluye, desde la perspectiva de proyecto de carretera de 1km, el costo en el departamento de Puno es más económico que el departamento de Áncash, sin embargo, tenemos que considerar que la base (e=15cm.) y carpeta asfáltica (e=10cm.) del proyecto ancashino es mayor respecto a los espesores del proyecto puneño.

## VI. CONCLUSIONES

**Primero:** La incorporación de relave minero a la subbase influye de manera favorable en el aspecto económico y técnico, mejorando la calidad del agregado.

**Segundo:** De acuerdo a los ensayos realizados, el agregado de la cantera Chuquine satisface los requisitos mínimos para subbase. Dicho agregado puede ser utilizado independientemente para la conformación de subbase.

**Tercero:** La combinación de agregado de cantera Chuquine (70%) y relave minero (30%), cumple con todos los requerimientos mínimos para subbase. Siendo ésta la dosificación adecuada.

**Cuarto:** La incorporación de relave minero en la subbase es económicamente factible, pues, la diferencia presupuestal entre un Proyecto “A” (sin incorporación de relave minero en la subbase) y un Proyecto “B” (con incorporación de 30% de relave minero en la subbase) fue de S/. 46,592.22.

## VII. RECOMENDACIONES

**Primero:** Para futuras investigaciones, respecto a la incorporación del relave minero, se recomienda realizar estudios para las demás capas dependiendo del tipo de pavimento.

**Segundo:** Se recomienda realizar estudios del agregado de cantera Chuquine a nivel de base de pavimento flexible.

**Tercero:** Se recomienda no incorporar relave minero en un porcentaje mayor al 30%, porque influye de manera negativa en los agregados.

**Cuarto:** Se recomienda buscar nuevas alternativas de reciclaje de relave minero.

## VIII. REFERENCIAS

- Acosta, M. (2021). Relave minero como alternativa de reciclaje para la industria de la construcción. *Petroenergía Ecuador*.  
<https://www.petroenergia.info/post/relave-minero-como-alternativa-de-reciclaje-para-la-industria-de-la-construccion>.
- Arias F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. (3ra Ed.)  
<https://informaticapdm.files.wordpress.com/2012/06/proyecto-de-investigacion-fidias-arias.pdf>
- ASTM 2018. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- Baena G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Primera Edición. México: Grupo Editorial Patria, 2014.
- Baptista, Hernández y Fernández (2014). *Metodología de la Investigación*.  
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Beltrán A. (2012). *Costos y presupuestos*. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.
- Blanco T., Brango Y. y Rivera J. (2017). *Reutilización del desecho de PVC como agente estabilizador de subbases granulares*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa].
- Calle W. (2017). *RCostos de construcción y diseño de pavimentos rígidos y flexibles (Método Aashto-93)*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].
- Cedeño J. (2020). *Alternativa para estabilizar la subbase del pavimento en la ampliación de la vía Alóag – Santo Domingo km 66+000 a km 72+500*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].
- Chávez, A. (2018). *Análisis comparativo entre el pavimento flexible y pavimento rígido en el tramo Mullaca a Chavín*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].

- Chipana E. (2018). *Empleo del relave minero para el mejoramiento de las características mecánicas de la carretera Ananea – Suches*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez].
- Coronado J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
- Dirección Regional de Energía y Minas (2021). *Centro de Operaciones de Emergencia Nacional*. <https://www.rumbominero.com/peru/puno-monitorean-acciones-frente-a-relaves-mineros-ananea/>
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill, 2014.
- Herráez, F. y Moreno A. (2019). *Ingeniería de Vías Agroforestales*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2019. Págs. 261-263.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2021). *Centro de Operaciones de emergencia Nacional*. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/11/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N-2853-18NOV2019-DERRAME-DE-RELAVE-MINERO-EN-EL-DISTRITO-DE-ANANEA-PUNO-2.pdf>
- Huamán H. (2017). *Evaluación de los materiales de canteras utilizados como base y sub-base de pavimentos en la ciudad de Barranca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
- Huamani, Luis (2018). *Estudio de la potencialidad de Canteras y Botaderos para la conservación del medio ambiente en la construcción de la autopista Puno – Juliaca*.
- Juárez E. y Rico A. (1995). *Mecánica de suelos*. Editorial Limusa Grupo Noriega Editores.
- Kuramoto, Juana (2017). *La Minería Artesanal e Informal en el Perú*. <https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00731.pdf>
- Larrain Vial (2012). *Minería en el Perú*. [https://www.larrainvial.com/comunicados/SitioPublico/multimedia/documentos/Mineria\\_en\\_el\\_Peru.pdf](https://www.larrainvial.com/comunicados/SitioPublico/multimedia/documentos/Mineria_en_el_Peru.pdf)
- Méndez, J. (2016) *Ingeniería de Pavimentos*. Quinta Edición. Lima Publicaciones ICG, 2016.



- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) *Manual de Ensayo de Materiales*.
- Ministerio de Energía y Minas (2021). *Guía Ambiental para el manejo de Relaves Mineros*.  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/relaveminero.pdf>
- Montejo A. (2022). *Ingeniería de pavimentos*. (2da ed.). Universidad Católica de Colombia. <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>
- Monsalve L., Giraldo L., y Maya J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. [Tesis de pregrado, Universidad del Quindío - Colombia].
- Ñaupas H., Valdivia M., Palacios J. y Romero H. (Ed. 5ta) (2018). *Metodología de la Investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U.
- Parra, M. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia].
- Pinedo F. (2017). *Estudio de los agregados del Río Cumbaza para la construcción de capas de subbase de pavimentos flexibles en la ciudad de Tarapoto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto].
- Ramírez V. e Hincapié J. (2018). *Evaluación CBR de sub-base granular mezclada con tereftalato de polietileno (PET); para uso en vías terciarias*. [Tesis de pregrado, Universidad Libre de Pereira].
- Ramos R. y Mamani G. (2019). *Estudio geotécnico de la sub rasante para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, distrito de Alto de la Alianza, Tacna -2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
- Rengifo A., y Kimiko K. (2014). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Tecnológica del Perú].

- Román E. (2017). *Análisis del comportamiento de los materiales reciclados de escombros para subbase en pavimentos flexibles en la Av. Nazca, SJL, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Romero, A. y Flores, S. (2010). Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. *Industrial Data*, 13(2), 75-82. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81619984010.pdf>
- Rondón H. y Reyes F. (Ed. 1era) (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Ediciones ECOE
- Rui-Wamba, J. (2020). *Teoría Unificada de Estructuras y Cimientos: Una mirada transversal*. Barcelona: Editorial Reverté, 2020. Pág. 242.
- Sánchez Y. (2019). *Estudio del relave minero de la planta de beneficio Santa Lucía código 191038 del sector La Maravilla de la parroquia Pucará, Cantón Pucará, provincia del Azuay, con fines de utilización en morteros de pega de unidades de mampostería*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja -Ecuador].
- Tchertnitchin, A. N. & Herrera, L. (2006). Relaves mineros y sus efectos en salud, medio ambiente y desarrollo económico. *Ejemplo de relave en el valle de Chacabuco-Polpaico*. *Cuad. Méd Soc.*, 46, 22-43. <https://www.redalyc.org/pdf/398/39813352001.pdf>
- Tumbaco, I. (2020). *La importancia de los Agregados Pétreos en la Industria de la Construcción*. Quito. Ecuador.
- U.S.Geological Survey-USGS-, The Silver Institute-SI-; Gold Fields Minerals Services-GFMSInternational Copper Study Group -ICSG-; International Lead and Zinc Study Group-ILZSGInternational Tin Research Institute - ITRI-; International Molybdenum Association-IMOAInstituto Latinoamericano del Hierro y el Acero – ILAFA.
- Vara A. (2010). *¿Cómo hacer una tesis en ciencias empresariales?* Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos de la Universidad de San Martín de Porres, Lima. Segunda Edición.

# ANEXOS

- MATRICES
- PLANOS
- PANEL FOTOGRÁFICO
- ESTUDIO DE SUELOS
- ENSAYOS DE LABORATORIO
- ESTUDIO DE TRÁFICO

# **MATRICES**

- **MATRIZ DE CONSISTENCIA**
- **MATRIZ DE  
OPERACIONALIZACIÓN DE  
VARIABLES**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**“INCORPORACION DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA – RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022”**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
Problema General	Objetivo General	Hipotesis General		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
¿La incorporación de relave minero influirá en la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada?	Determinar si relave minero influye en la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada.	La incorporación de relave minero mejora la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO</b>	Los relaves mineros se definen como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa, que dependiendo de sus características físicas y químicas debe someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas, depósitos, o en otros países se usan como subproductos a través de alternativas de economía circular en retrolleado de labores subterráneas, producción de postes, bloques, cemento, etc. (Ministerio de Minas y Energía 2021)	Las alternativas de manejo y disposición de los relaves mineros están ligadas estrechamente a las características particulares de cada proyecto, respecto a sus procesos, ubicación, condiciones ambientales, sociales, recursos (humano, económico) y riesgos, a los que está expuesto el proyecto. (Ministerio de Minas y Energía 2021).	CARACTERISTICAS DEL RELAVE MINERO	OBTENCIÓN DEL RELAVE MINERO
						PROPIEDADES FÍSICAS DEL RELAVE MINERO	PATRON
¿Cuáles son las características físicas del agregado de cantera y del relave minero?	Determinar las características físicas del agregado de cantera y del relave minero.	Las características físicas del agregado de cantera y relave minero presentan buenos resultados para ser usado como subbase de pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO</b>	Los relaves mineros se definen como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa, que dependiendo de sus características físicas y químicas debe someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas, depósitos, o en otros países se usan como subproductos a través de alternativas de economía circular en retrolleado de labores subterráneas, producción de postes, bloques, cemento, etc. (Ministerio de Minas y Energía 2021)	Las alternativas de manejo y disposición de los relaves mineros están ligadas estrechamente a las características particulares de cada proyecto, respecto a sus procesos, ubicación, condiciones ambientales, sociales, recursos (humano, económico) y riesgos, a los que está expuesto el proyecto. (Ministerio de Minas y Energía 2021).	DOSIFICACION RELAVE MINERO	30%
						50%	VIABILIDAD ECONOMICA
¿Qué dosificación de relave minero mejora la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada?	Determinar la dosificación de relave minero para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada	El porcentaje de combinación de 30% de relave minero y 70% de material de cantera permitirá cumplir con los requerimientos de subbase para pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>	Es un material seleccionado que se pone entre la sub-rasante y la base para pavimentos flexibles, los cuales cumplirán las funciones de drenar y cuidar ante contaminantes y/o resistente. (Montejo 2012)	La subbase granular de pavimento flexible: como capa para drenar ayuda en la salida lateral de las aguas que provienen del nivel freático; como anticontaminante, ayuda a impedir el arrastre de los materiales finos de la sub-rasante hacia la base, impidiendo que las piedras y gravas de la base se metan en una sub-rasante blanda, controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas y reduce el efecto dañino ocasionado por las heladas o por arcillas expansivas, y como capa resistente en un pavimento flexible en función de su espesor y de su coeficiente de resistencia relativa.	CONDICIÓN GEOMECÁNICA DEL SUELO	% DE CBR DE LA SUBRASANTE
¿La incorporación del relave minero es económicamente viable para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada?	Evaluar la viabilidad económica de la incorporación del relave minero para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada.	La incorporación del relave minero es económicamente viable para la subbase del pavimento flexible del km 0+000 al km 1+000 carretera Ananea – Rinconada.				ENSAYOS DE LABORATORIO SEGÚN EG 2013	ENSAYOS GRANULOMETRICOS
						DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	METODO ASSHTO 93

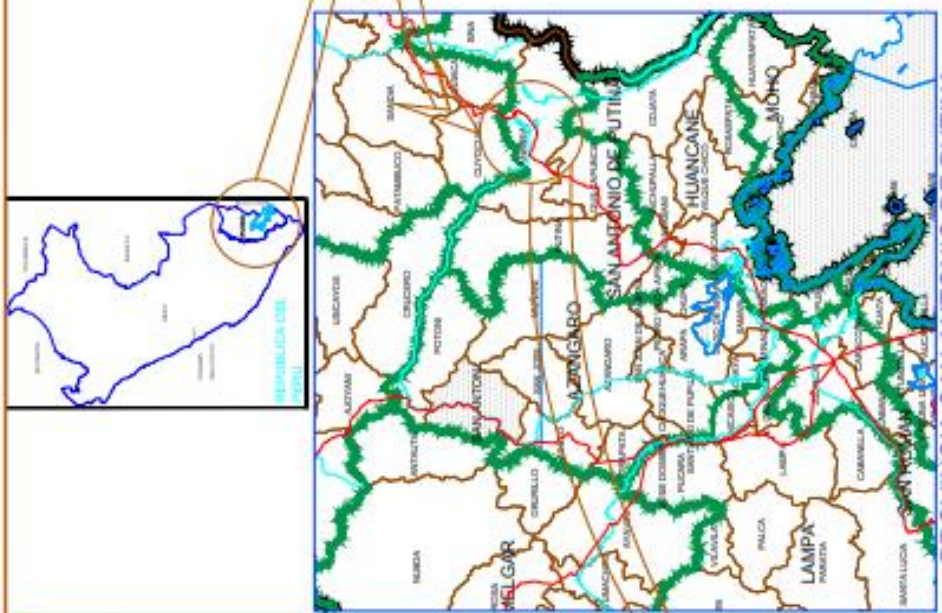
VARIABLE	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO	Los relaves mineros se definen como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa, que dependiendo de sus características físicas y químicas debe someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas, depósitos, o en otros países se usan como subproductos a través de alternativas de economía circular en retrolleado de labores subterráneas, producción de postes, bloques, cemento, etc. (Ministerio de Minas y Energía 2021)	Las alternativas de manejo y disposición de los relaves mineros están ligadas estrechamente a las características particulares de cada proyecto, respecto a sus procesos, ubicación, condiciones ambientales, sociales, recursos (humano, económico) y riesgos, a los que está expuesto el proyecto. (Ministerio de Minas y Energía 2021).	CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE MINERO	OBTENCIÓN DEL RELAVE MINERO
			DOSIFICACIÓN RELAVE MINERO	PROPIEDADES FÍSICAS DEL RELAVE MINERO
				PATRÓN
				30%
50%				
VIABILIDAD ECONÓMICA	COSTOS			
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE	Es un material seleccionado que se pone entre la sub-rasante y la base para pavimentos flexibles, los cuales cumplirán las funciones de drenar y cuidar ante contaminantes y/o resistente. (Montejo 2012)	La subbase granular de pavimento flexible: como capa para drenar ayuda en la salida lateral de las aguas que provienen del nivel freático; como anticontaminante, ayuda a impedir el arrastre de los materiales finos de la sub-rasante hacia la base, impidiendo que las piedras y gravas de la base se metan en una sub-rasante blanda, controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas y reduce el efecto dañino ocasionado por las heladas o por arcillas expansivas, y como capa resistente en un pavimento flexible en función de su espesor y de su coeficiente de resistencia relativa. (Montejo 2012)	CONDICIÓN GEOMECANICA DEL SUELO	% DE CBR DE LA SUBRASANTE
			ENSAYOS DE LABORATORIO SEGÚN EG 2013	ENSAYOS GRANULOMETRICOS
				ENSAYOS ESPECIALES
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	METODO ASSHTO 93			

# **PLANOS**

- **PLANO DE UBICACIÓN**
- **PLANO TOPOGRÁFICO**
- **PLANO DE PERFIL**



UBICACION DEL PROYECTO



PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA

**LEYENDA**

- Aduana: dos o más vías
- Aduana: una vía
- Caminos de Ancha Rueda
- Rtas. Cuadradas
- Laguna
- Capales de provincia
- Centros Poblados



REGION PUNO



**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**INCORPORACION DE RELAVE MINERO EN SUBBAJE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA AMANESA - BINCANADA, PUTINA, PUNO, 2022.**

**Alumno:**  
 San Antonio de Putina  
 Puno

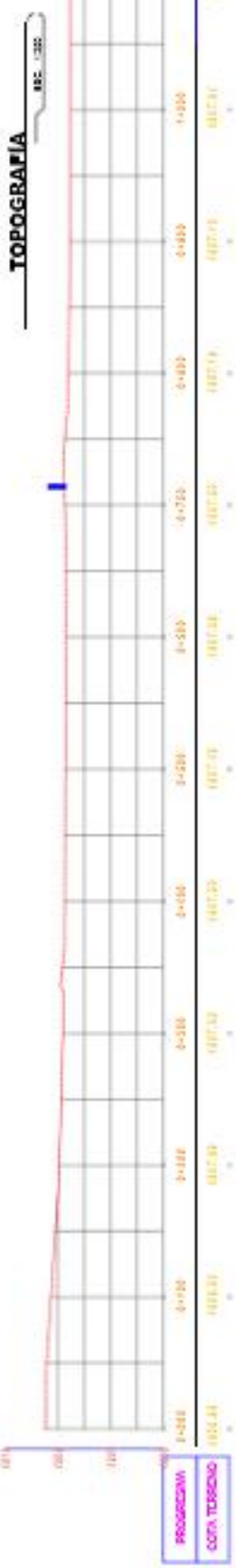
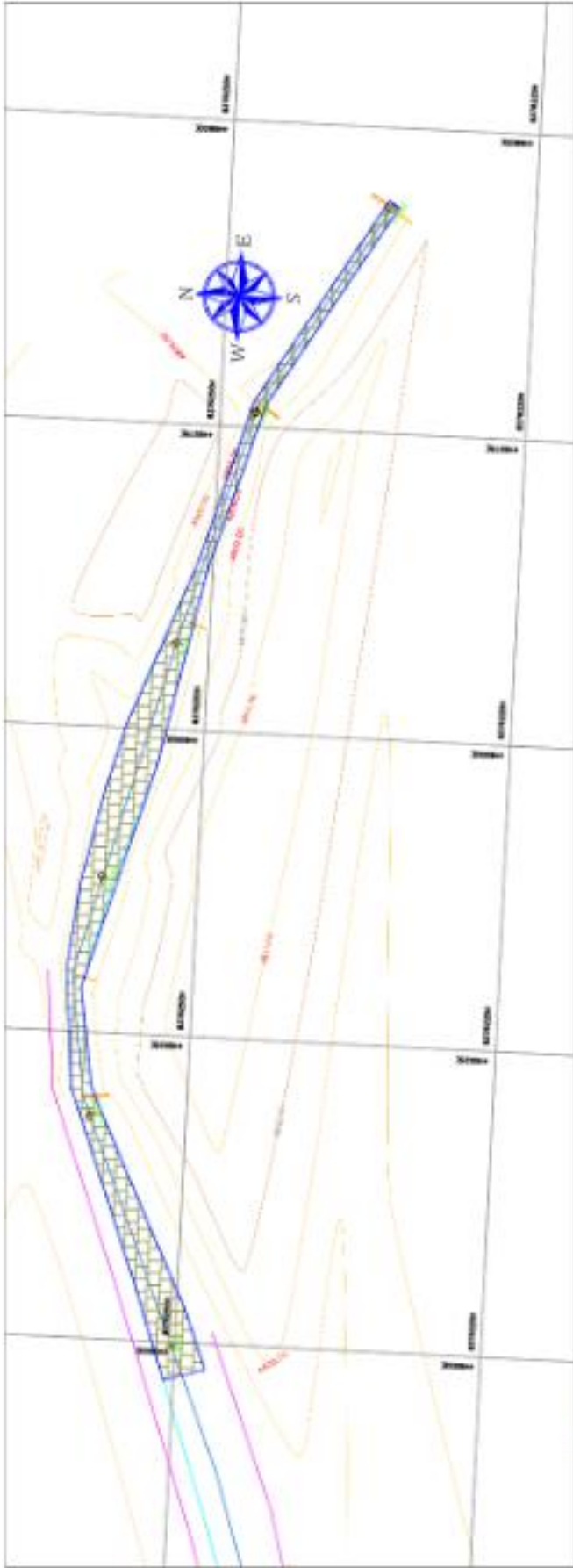
**Carretera Nacional - Bincanada**  
 Puno Km. 0+000 al Km. 1+000  
 Vialidad Eddy Anaya Morales

**UBICACION**

**Fecha:**  
 Edición del 2022

**PU - 01**





**LEYENDA**

PROYECTO	PROYECTO
ESTACION	ESTACION
OTRO	OTRO
OTRO	OTRO
OTRO	OTRO
OTRO	OTRO

**TABLA DE DATOS DEL PERFIL**

ESTACION	ALTURA REAL (M)	ALTURA PROYECTADA (M)
0+000	100.00	100.00
0+010	101.00	101.00
0+020	102.00	102.00
0+030	103.00	103.00
0+040	104.00	104.00
0+050	105.00	105.00
0+060	106.00	106.00
0+070	107.00	107.00
0+080	108.00	108.00
0+090	109.00	109.00
0+100	110.00	110.00

**PERFIL LONGITUDINAL KM 0+000 AL KM 1+000**

Programa 0+000.00 a 1+000.00  
 Escala 1:100 = 1/17'

<p>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO        FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA        ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>INCORPORACION DE RILVAC INMERO EN ZUBDASIC DEL        PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+300 AL KM 1+600 CARRETERA        AMARCA - SINCAMODA, PUTINA, PUNO, 2023.</p>	<p>Camacho Espinoza        Zineda        Ing. Civil        2023-03-15</p>	<p>PT - 01</p>
	<p>TOPOGRAFICO - PERFIL</p>	<p>Fecha</p>	<p>Topografia</p>

# **PANEL FOTOGRAFICO**

## PANEL FOTOGRÁFICO

**Fotografía 01:** Inicio de la carretera Ananea – Rinconada



**Fotografía 02:** Calicata 01 (km 0+300) y calicata 02 (km 0+800).



**Fotografía 03:** Cantera Chuquine.



**Fotografía 02:** Relave minero.



**Fotografía 05:** Ensayo granulométrico y límite líquido.



**Fotografía 06:** Ensayo Abrasión Los Ángeles



**Fotografía 05: Ensayo CBR.**



**Fotografía 06: Ensayo Equivalente de Arena.**





## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

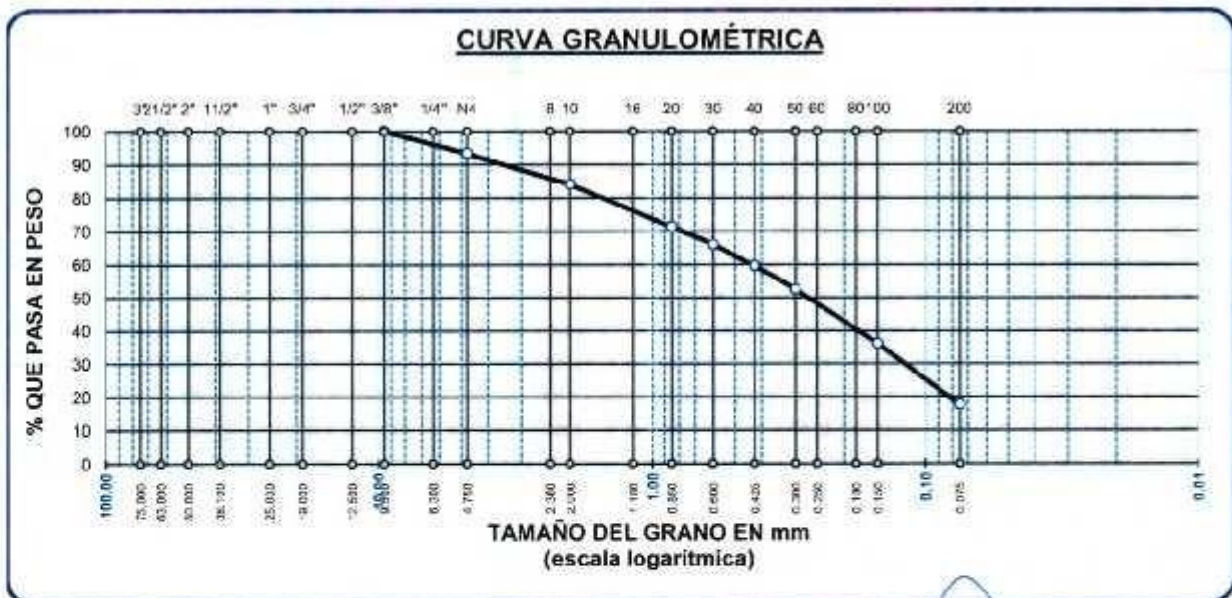
**SOLICITANTE** BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** CALICATA 01 (PROGRESIVA KM 0+300)

**LUGAR** LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** 07 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 597.30
2 1/2"	63.000						P.L.= 491.90
2"	50.000						P.P.= 105.40
1 1/2"	38.100						% W = 2.17
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL.= 16.50
1/2"	12.500						L.P.= NP
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	39.60	6.63	6.63	93.37		D10= 0.040 Cu= 10.3
No8	2.360						D30= 0.120 Cc= 0.9
No10	2.000	55.40	9.28	15.91	84.09		D60= 0.43
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	76.00	12.72	28.63	71.37		I.G. =
No30	0.600	32.00	5.36	33.99	66.01		SUCS : SM
No40	0.425	38.50	6.45	40.44	59.56		ASSTHO : A-2-4 (0)
No 50	0.300	42.00	7.03	47.47	52.53		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	98.20	16.44	63.91	36.09		
No200	0.075	110.20	18.45	82.36	17.64		
<b>BASE</b>		105.40	17.64	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		597.30	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



CAP. INGENIERO CIVIL  
 Virgilio Eddy Arias Mamani  
 2022



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

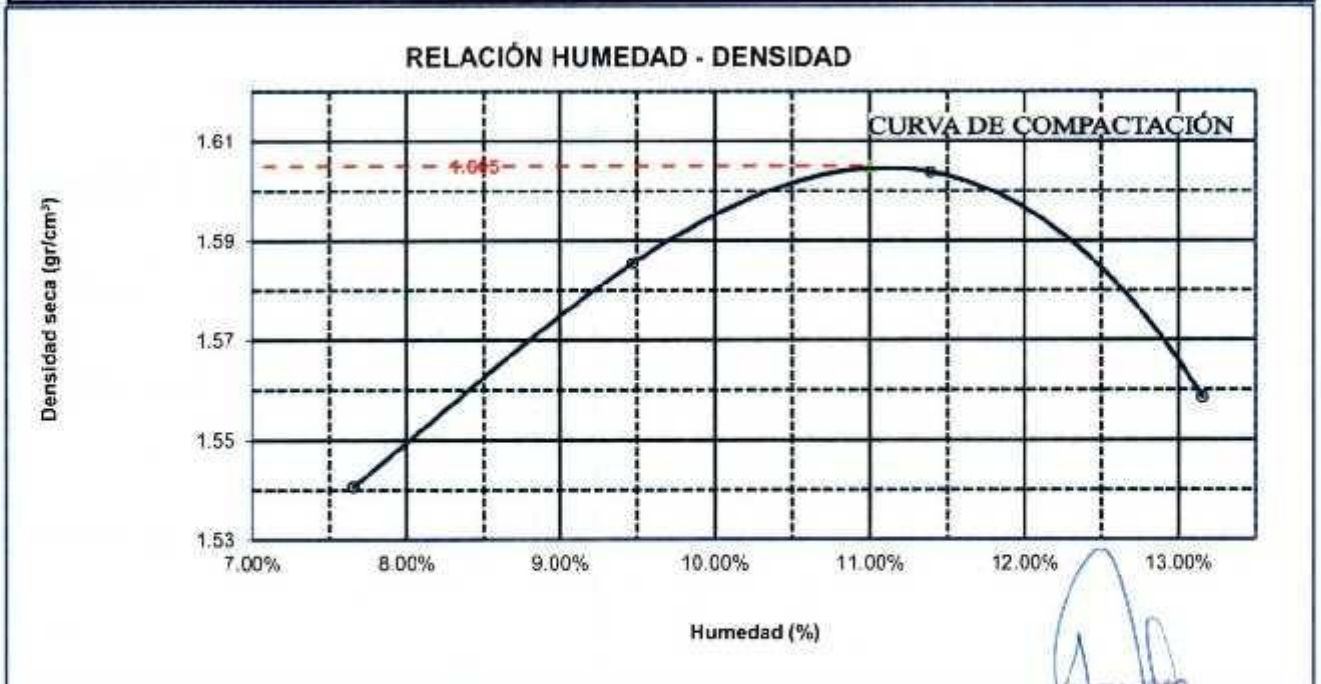
<b>TESIS</b>	: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 01 (PROGRESIVA KM 0+300)
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA
<b>FECHA</b>	: 07 DE FEBRERO DEL 2022

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2323.00 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr	9545	9724	9842	9789
<b>Peso del Molde</b>	gr	5692	5692	5692	5692
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	3853	4032	4150	4097
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.659	1.736	1.786	1.764

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	291.00	312.00	308.00	338.00				
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	270.30	288.00	276.50	298.70				
<b>Peso del Agua</b>	gr.	20.70	27.00	31.50	39.30				
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00				
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	270.30	288.00	276.50	298.70				
<b>% de Humedad</b>	%	7.66%	9.47%	11.38%	13.16%				
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.66%	9.47%	11.39%	13.16%				
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.541	1.585	1.604	1.559				

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.605 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 11.00%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADOS POR EL TESISISTA



CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mtro. José Antonio Paredes Vique  
 CIP 82794





### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

SOLICITANTE : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
MATERIAL : CALICATA 01 (PROGRESIVA KM 0+300)  
PROPIETARIO : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA  
FECHA : 07 DE FEBRERO DEL 2022

MOLDE No	III	II	I			
No DE CAPAS	5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr	10789		11112		11273	
Peso del Molde	gr	7147		7193		7163	
Peso del Suelo Humedo	gr	3642		3919		4110	
Volumen del Suelo	cc	2307.00		2307.00		2307.00	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.579		1.699		1.762	

Capsula No	No						
Suelo Humedo + Capsula	gr	568.23	0.00	542.30	0.00	549.60	0.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	511.33	0.00	468.60	0.00	495.00	0.00
Peso del Agua	gr	56.90	0.00	53.70	0.00	54.60	0.00
Peso de la Capsula	gr	0.00	67.80	0.00	68.30	0.00	66.70
Peso del Suelo Seco	gr	511.33	-67.80	468.60	-68.30	495.00	-66.70
% de Humedad	%	11.13%	0.00%	10.99%	0.00%	11.03%	0.00%
Promedio de Humedad	%	11.13%	0.00%	10.99%	0.00%	11.03%	0.00%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.421	0.000	1.531	0.000	1.605	0.000

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/02/2022	08:30 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
22/02/2022	08:30 a.m.	24:00:00	0.10	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00
23/02/2022	08:30 a.m.	48:00:00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00
24/02/2022	08:30 a.m.	72:00:00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
25/02/2022	08:30 a.m.	96:00:00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		10.00	131.0	6.6		15.60	156	7.0		25.00	256	13.0	
1.27	01:00		21.50	232.0	11.7		28.60	302	15.3		36.00	454	22.9	
1.91	01:30		28.10	358.0	18.1		40.90	494	25.0		48.00	705	35.8	
2.54	02:00	70.31	36.35	480.0	24.3		49.60	732	37.0		58.00	947	47.9	
3.81	03:00		49.60	708.0	35.8		58.80	1192	60.3		69.00	1455	73.5	
5.09	04:00	105.00	58.80	993.0	47.2		68.90	1453	73.4		81.00	1838	92.9	
6.35	05:00		68.90	1186.0	60.0		74.90	1770	89.5		65.00	2272	114.8	
7.62	06:00		77.50	1296.0	65.5		87.00	1967	99.4		68.00	2508	131.3	
8.84	07:00													
10.15	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESTISTA



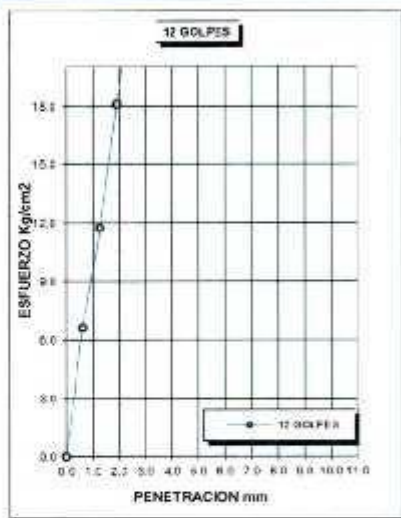
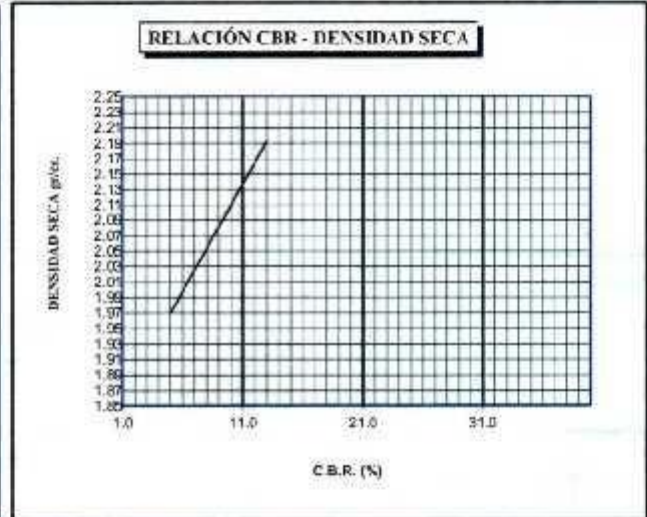
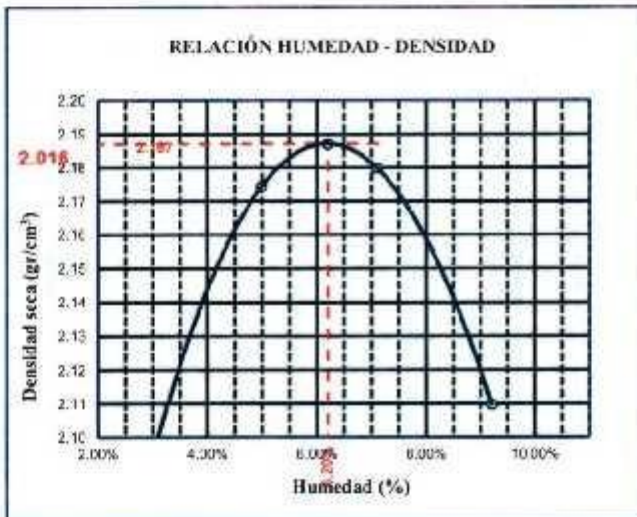
UANCV - PUNO  
CAR. INGENIERIA CIVIL  
Mano José Antonio Velásquez  
CIP 22792



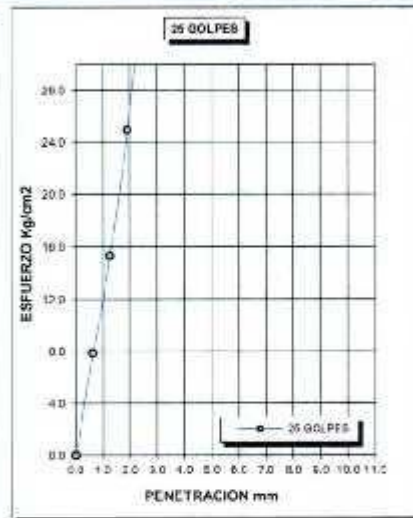
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



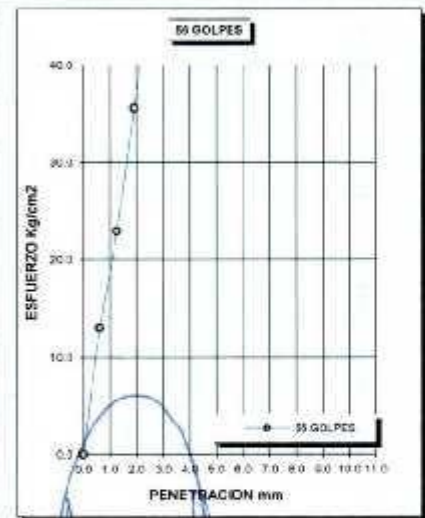
<b>TESIS</b>	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM C+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANAÑEA-RINCONADA, PUTINA, PLUNO, 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN</b>	ASTM D1557-91
<b>SOLICITADO</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b>	1.610
<b>CANTERA</b>	: CANTERA CHUQUINE	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	11.00%
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>	13.0
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 01 (PROGRESIVA KM 0+300)	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	10.0
<b>FECHA</b>	07 DE FEBRERO DEL 2022	<b>CLASIFICACIÓN</b>	
		<b>AASHTO</b>	
		<b>EMBEBIDO</b>	: 4 DIAS



CBR 5



CBR 9



CBR FICP 13  
DAP INGENIERÍA CIVIL  
Mgtr. José Antonio Parejas Velásquez  
CIP 62794



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

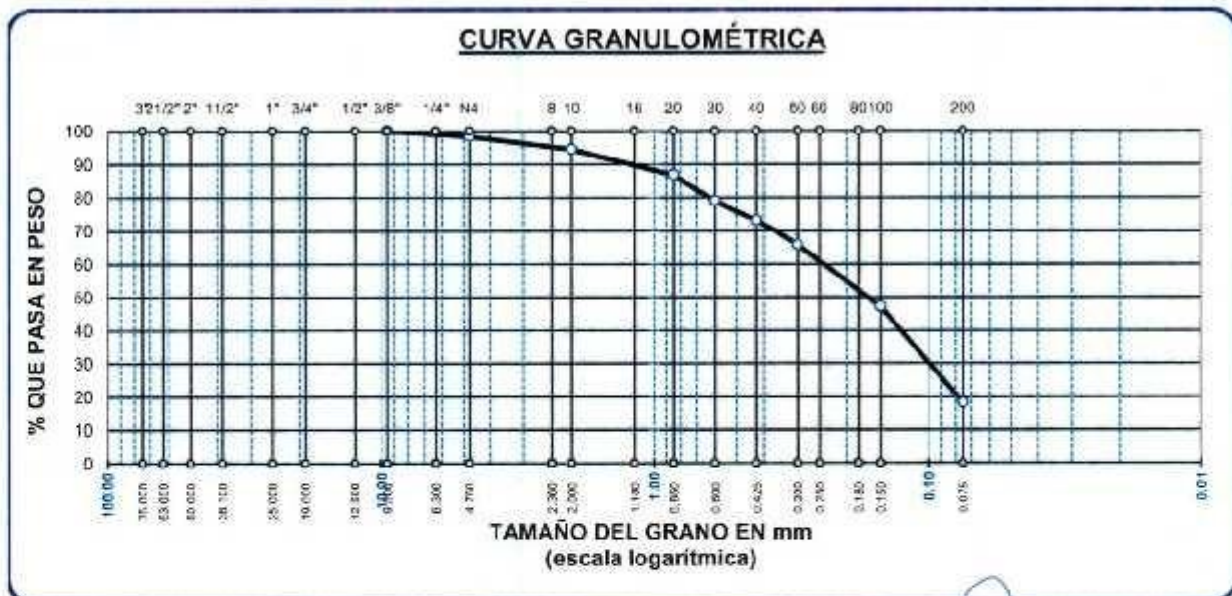
**SOLICITANTE** : BACHILLER, VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : CALICATA 02 (PROGRESIVA KM 0+800)

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 07 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 491.10
2 1/2"	63.000						P.L.= 401.70
2"	50.000						P.P.= 89.40
1 1/2"	38.100						% W = 2.17
1"	25.000						<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b>
3/4"	19.000						L.L.= NP
1/2"	12.500						L.P.= NP
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= NP
1/4"	6.300						<b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b>
No4	4.750	8.20	1.67	1.67	98.33		D10= 0.040 Cu= 6.2
No8	2.360						D30= 0.100 Cc= 1.1
No10	2.000	19.30	3.93	5.60	94.40		D60= 0.25
No16	1.180						<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No20	0.850	37.30	7.59	13.19	86.81		I.G. =
No30	0.600	38.20	7.78	20.97	79.03		<b>SUCS : SM</b>
No40	0.425	29.40	5.99	26.96	73.04		<b>ASSTHO : A-2-4 (0)</b>
No 50	0.300	35.60	7.29	34.25	65.75		<b>OBSERVACIONES:</b>
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	91.20	18.57	52.82	47.18		
No200	0.075	142.30	28.98	81.80	18.20		
<b>BASE</b>		89.40	18.20	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		491.10	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		18.20					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - UOP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Vera  
 CIP 62734



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
SOLICITANTE	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
MUESTRA	: CALICATA 02 (PROGRESIVA KM 0+800)
UBICACIÓN	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANGV - JULIACA
FECHA	: 07 DE FEBRERO DEL 2022

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2123.00 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9622	9752	9817	9799
Peso del Molde	gr.	6244	6244	6244	6244
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	3378	3508	3573	3555
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.591	1.652	1.663	1.675

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	339.10	164.60	188.70	114.90				
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	313.40	150.06	168.53	101.18				
Peso del Agua	gr.	25.70	14.54	20.17	13.72				
Peso de la Capsula	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00				
Peso del Suelo Seco	gr.	313.40	150.06	168.53	101.18				
% de Humedad	%	8.20%	9.69%	11.97%	13.56%				
Promedio de Humedad	%	8.20%	9.69%	11.97%	13.56%				
Densidad del Suelo Seco	%	1.471	1.506	1.503	1.475				

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.512 gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.60%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADOS POR EL TESISISTA



Virgilio Eddy Arias Mamani  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 62794



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
<b>MATERIAL</b>	: CALICATA 02 (PROGRESIVA KM 0+800)
<b>PROPIETARIO</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA
<b>FECHA</b>	: 07 DE FEBRERO DEL 2022

<b>MOLDE No</b>		II		II		I	
<b>No DE CAPAS</b>		5		5		5	
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>		12		25		56	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10549		10625		11021
<b>Peso del Molde</b>	gr.	7147		7193		7163
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	3402		3632		3858
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2307.00		2307.00		2307.00
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.475		1.574		1.672

<b>Capsula No</b>	No						
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	195.50	0.00	208.10	0.00	236.40	0.00
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	185.50	0.00	198.30	0.00	226.40	0.00
<b>Peso del Agua</b>	gr.	10.00	0.00	11.80	0.00	10.00	0.00
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	90.20	67.80	83.60	68.30	131.80	66.70
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	95.30	-67.80	112.70	-68.30	94.60	-66.70
<b>% de Humedad</b>	%	10.49%	0.00%	10.47%	0.00%	10.57%	0.00%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	10.49%	0.00%	10.47%	0.00%	10.57%	0.00%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.335	0.000	1.425	0.000	1.512	0.000

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/02/2022	08:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
22/02/2022	08:30: a.m.	24:00:00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00
23/02/2022	08:30: a.m.	48:00:00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00
24/02/2022	08:30: a.m.	72:00:00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
25/02/2022	08:30: a.m.	96:00:00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		10.00	131.0	6.6		15.60	156	7.9		25.00	256	13.0	
1.27	01:00		21.50	232.0	11.7		28.60	302	15.3		38.00	464	22.9	
1.91	01:30		26.10	358.0	18.1		40.90	494	25.0		48.00	705	35.6	
2.54	02:00	70.31	36.35	460.0	24.3		48.60	732	37.0		58.00	947	47.9	
3.81	03:00		45.60	708.0	35.8		58.80	1192	60.3		69.00	1455	73.5	
5.09	04:00	105.00	58.80	933.0	47.2		66.00	1453	73.4		81.00	1838	92.9	
6.35	05:00		66.90	1196.0	60.0		74.00	1770	89.5		96.00	2272	114.8	
7.62	06:00		77.50	1296.0	65.5		87.00	1967	99.4		98.00	2586	131.3	
8.84	07:00													
10.15	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESISTA



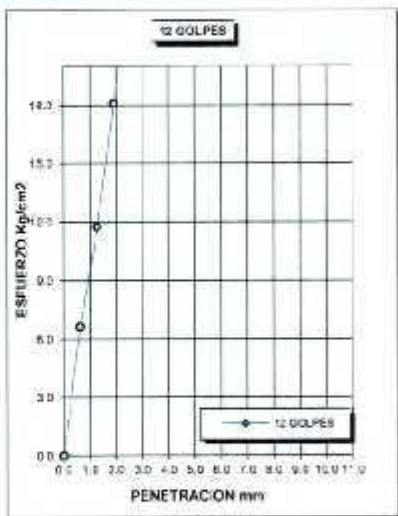
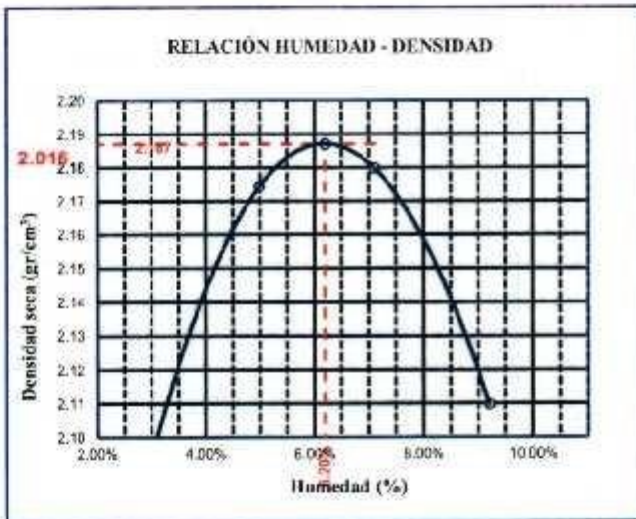
LABORATORIO M.S.C.A. IFFATURA  
Mg. Virgilio Eddy Arias Mamani  
CIP 62794



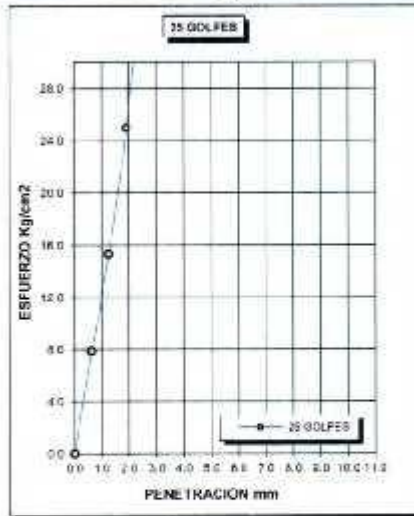
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



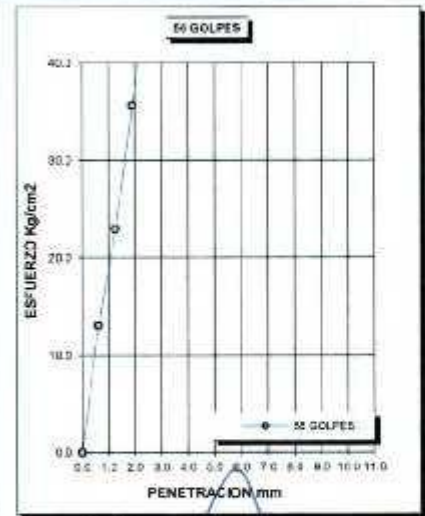
TESIS	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> .)	1.510
SOLICITADO	RACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.60%
CANTERA		CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	15.0
UBICACIÓN	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.0
MUESTRA	CALICATA 02 (PROGRESIVA KM 0+800)	CLASIFICACIÓN :	
FECHA	07 DE FEBRERO DEL 2022	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 7



CBR 11



CBR 15



UANCV - UANP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfaltos  
 Mtro. José María Rodríguez Vera  
 CIP-52794



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

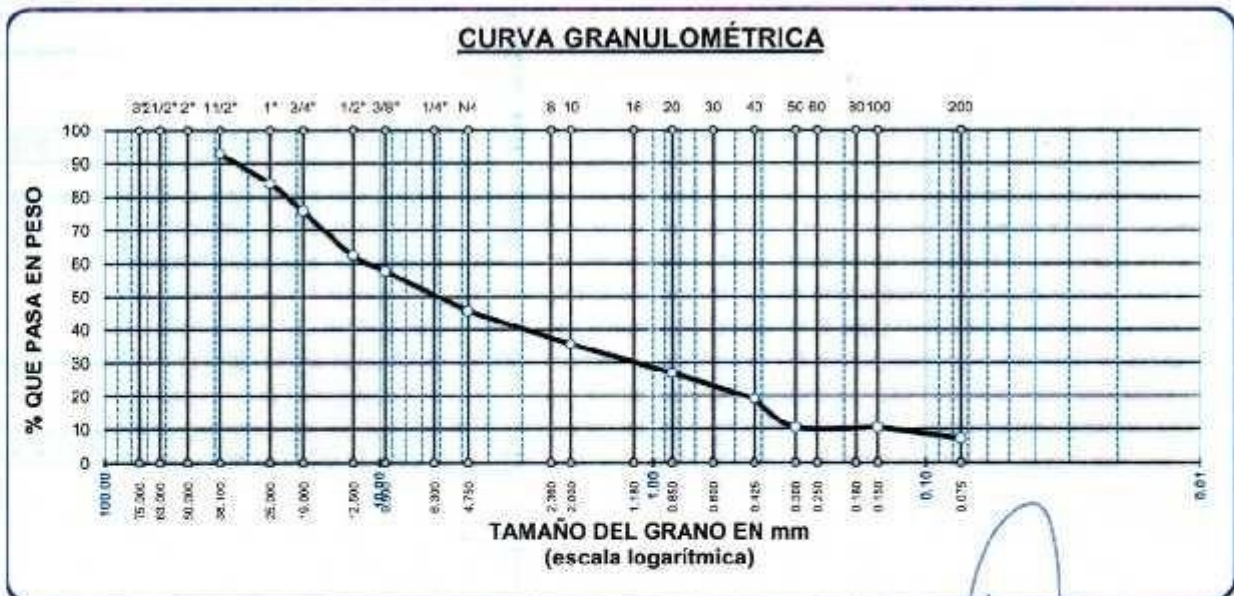
**SOLICITANTE** BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** CANTERA CHUQUINE

**LUGAR** LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** 14 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 8860.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 8780.00
2"	50.000						P.P.= 80.00
1 1/2"	38.100	631.00	7.1	7.1	92.9		% w = 2.17
1"	25.000	789.00	8.9	16.0	84.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b>
3/4"	19.000	727.00	8.2	24.2	75.8		L.L.= 17.30
1/2"	12.500	1179.00	13.3	37.5	62.5		L.P.= NP
3/8"	9.500	429.00	4.8	42.3	57.7		I.P.= NP
1/4"	6.300						<b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b>
No4	4.750	1060.00	12.0	54.3	45.7		D10= 0.115 Cu= 80.8
No8	2.360						D30= 1.230 Cc= 0.91
No10	2.000	111.00	10.1	64.4	35.6		D60= 10.80
No16	1.180						<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No20	0.850	95.00	8.7	73.1	26.9		I.G. =
No30	0.600						<b>SUCS : GP-GM</b>
No40	0.425	85.00	7.8	80.9	19.1		<b>ASSTHO : A-1-a (0)</b>
No 50	0.300						<b>OBSERVACIONES:</b>
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	94.00	8.6	89.5	10.5		
No200	0.075	35.00	3.2	92.7	7.3		
<b>BASE</b>		80.00	7.3	100.0	0.0		
<b>TOTAL</b>		8860.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.90					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mtro. José Antonio Vargas Vega  
 CIP 62764



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



OBRA

"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

SOLICITANTE

: BACHILLER VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

MUESTRA

: CANTERA CHUQUINE

UBICACIÓN

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

FECHA

: 14 DE FEBRERO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	382.50
SUELO SECO + TARRO	gr	375.20
PESO DEL TARRO	gr	38.28
PESO DEL AGUA	gr	7.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	336.92
HUMEDAD %	%	2.17

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LÍMITE LÍQUIDO**

TARRO N°		A-1	A-2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.77	50.06
SUELO SECO + TARRO	gr	43.09	47.51
PESO DEL TARRO	gr	28.12	32.23
PESO DEL AGUA	gr	2.68	2.55
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.97	15.28
HUMEDAD %	%	17.90	16.69
N° DE GOLPES		25	25

**LÍMITE PLÁSTICO**

B-1	B-2

**LÍMITE LÍQUIDO % : 17.30      LÍMITE PLÁSTICO % : NP**

**ÍNDICE PLÁSTICO % : NP**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 $W_n$  = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 MGR José Antonio Paredes Vera  
 CIP 62794





## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

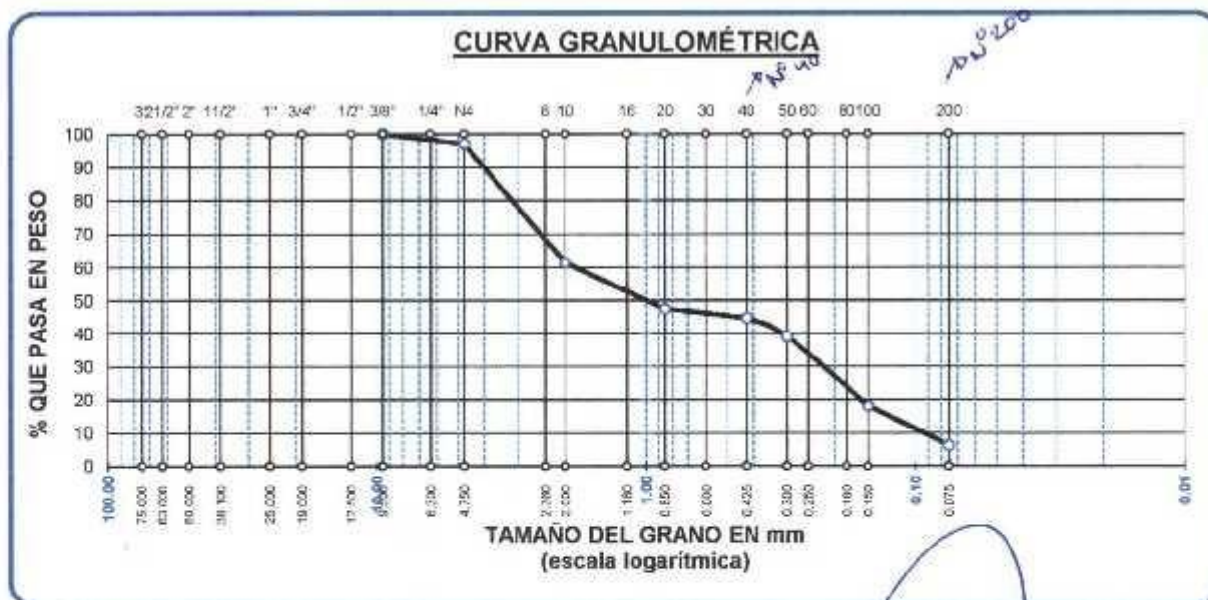
**MUESTRA** : RELAVE MINERO

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 14 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 466.10
2"	50.000						P.P.= 31.90
1 1/2"	38.100						% W = 6.48
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL= 9.90
1/2"	12.500						L.P.= NP
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	14.94	2.99	2.99	97.01		D10= 0.098 Cu= 19.1
No8	2.380						D30= 0.235 Cc= 0.3
No10	2.000	177.79	35.56	38.55	61.45		D60= 1.38
No18	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	69.94	13.99	52.53	47.47		I.G. =
No30	0.600						SUCS : SP-SM
No40	0.425	14.02	2.80	55.34	44.66		ASSTHO : A1-b (O)
No 50	0.300	27.53	5.51	60.84	39.16		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	105.42	21.08	81.93	18.07		
No200	0.075	59.46	11.69	93.62	6.38		
<b>BASE</b>		31.60	6.38	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		500.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		6.38					

0  
 12.60  
 155.22  
 55.33  
 24.30  
 37.88  
 111.32  
 65.55  
 32.60



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mtro. José Antonio Paredes Vique  
 OJP 62794



TESIS

"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

SOLICITANTE

: BACHILLER, VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

MUESTRA

: RELAVE MINERO

UBICACIÓN

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

FECHA

: 14 DE FEBRERO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	284.01
SUELO SECO*+ TARRO	gr	269.01
PESO DEL TARRO	gr	37.45
PESO DEL AGUA	gr	15.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	231.56
HUMEDAD %	%	6.48

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LÍMITE LIQUIDO**

TARRO N°		A-1	A-2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.09	43.21
SUELO SECO + TARRO	gr	40.74	41.76
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.33
PESO DEL AGUA	gr	1.35	1.45
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.46	11.43
HUMEDAD %	%	12.91	12.69
N° DE GOLPES		3	3

**LÍMITE PLÁSTICO**


**LÍMITE LIQUIDO % : 09.90      LÍMITE PLÁSTICO % : NP**

**ÍNDICE PLÁSTICO % : NP**

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mgtr. José Antonio Paredes Paredes  
 CIP 62794

# **ENSAYOS DE LABORATORIO SEGÚN EG-2013**

- COMBINACIÓN 01**
- COMBINACIÓN 02**
- COMBINACIÓN 03**



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

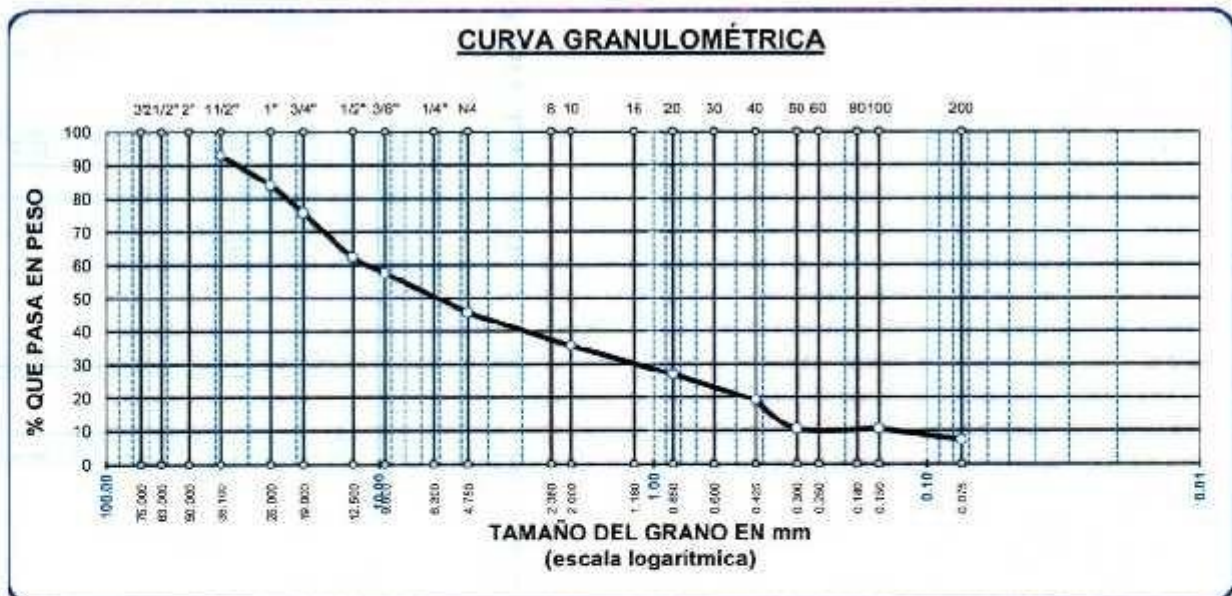
**SOLICITANTE** : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACIÓN 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 8860.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 8780.00
2"	50.000						P.P.= 80.00
1 1/2"	38.100	631.00	7.1	7.1	92.9		% w = 16.50
1"	25.000	789.00	8.9	16.0	84.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b>
3/4"	19.000	727.00	8.2	24.2	75.8		L.L.= 17.00
1/2"	12.500	1179.00	13.3	37.5	62.5		L.P.= NP
3/8"	9.500	429.00	4.8	42.3	57.7		I.P.= NP
1/4"	6.300						<b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b>
No4	4.750	1060.00	12.0	54.3	45.7		D10= 0.115 Cu= 80.8
No8	2.360						D30= 1.230 Cc= 0.91
No10	2.000	111.00	10.1	64.4	35.6		D60= 10.80
No*6	1.180						<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No20	0.850	95.00	8.7	73.1	26.9		I.G. =
No30	0.600						<b>SUCS : GP-GM</b>
No40	0.425	85.00	7.8	80.9	19.1		<b>ASSTHO : A-1-a (0)</b>
No 50	0.300						<b>OBSERVACIONES:</b>
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	94.00	8.6	89.5	10.5		
No200	0.075	35.00	3.2	92.7	7.3		
<b>BASE</b>		80.00	7.3	100.0	0.0		
<b>TOTAL</b>		8860.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.90					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Muy Sr. José Antonio Paredes Vera  
 CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



# RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ANGELES"

NORMAS ASTM C 131, AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26

**TESIS**

: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

**TIPO DE AGREGADO:** FINO:  GRUESO:  OTROS:

**MUESTRA OBTENIDA POR:** CUARTEO:  DIVISOR DE MUESTRAS:

**NUMERO DE REVOLUCIONES:** 500  1000

**CARGA ABRASIVA:** 12 ESFERAS

**PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:**  $W_i = 5000$  gr.

**PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO Nº 12:**  $W_f = 3725$  gr.

**PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO Nº 12:**  $= 1275$  gr.

**PORCENTAJE DE PÉRDIDA:**  $De = \frac{W_i - W_f}{W_i} \cdot 100$

$De = 25.50$  %

**OBSERVACIONES:**

**GRADACION :** "A", 1 1/2" - 1" = 1250, 1" - 3/4" = 1250, 3/4" - 1/2" = 1250, 1/2" - 3/8" = 1250  
**TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE :** 74.50 **Y PÉRDIDA DE :** 25.50  
**NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26, ASTM -C-131**

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER

LABORATORIO M.S.C.A. DE AFILATURA  
 UANCV - EICP  
 CAP. INGENIERÍA CIVIL  
 Ing. Virgilio Eddy Arias Mamani  
 C.Nº 82794



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

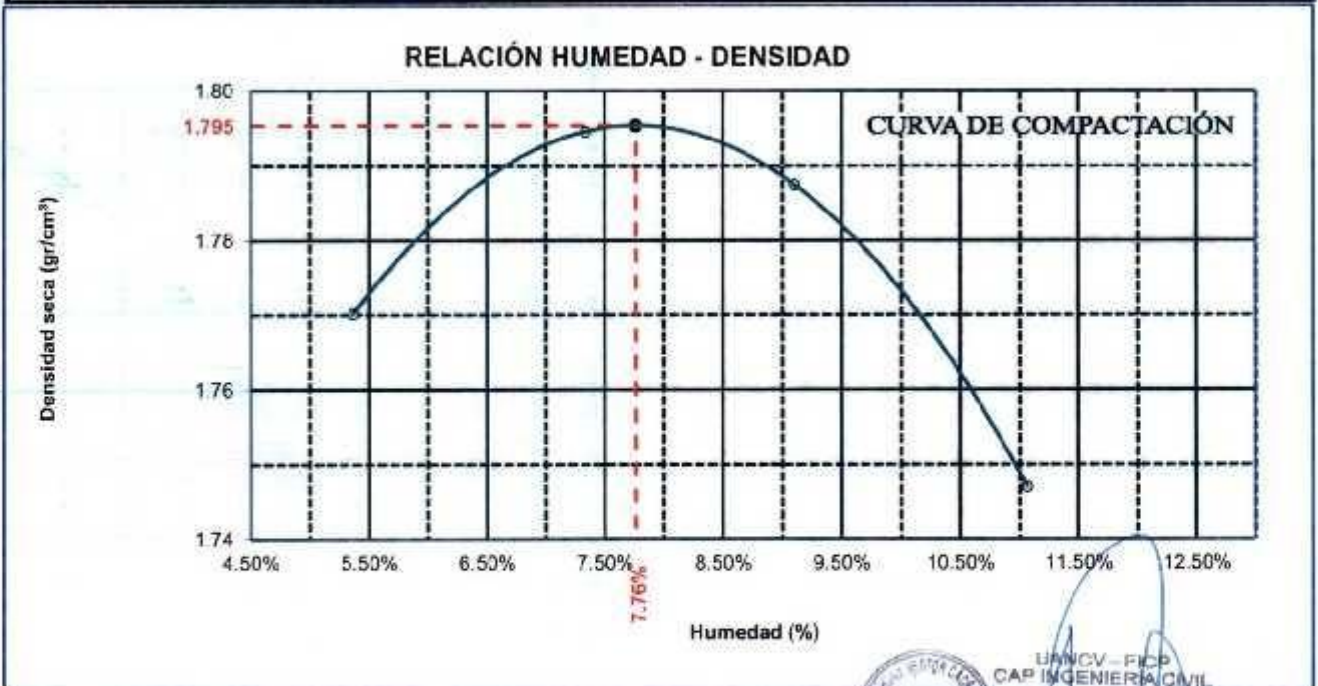
<b>TESIS</b>	: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA
<b>FECHA</b>	: 21 DE FEBRERO DEL 2022

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 918.91 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 25 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	5878	5934	5958	5947
<b>Peso del Molde</b>	gr.	4164	4164	4164	4164
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1714	1770	1792	1783
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.865	1.926	1.950	1.940

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	226.14	264.25	258.10	285.42	237.33	267.44	254.27	210.96
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	217.25	253.17	244.43	269.58	220.81	250.67	234.75	194.96
<b>Peso del Agua</b>	gr.	8.89	11.08	13.67	15.84	16.52	16.77	19.52	16.00
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	48.25	51.08	52.69	59.61	48.65	55.89	59.79	49.14
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	169.00	202.09	191.74	209.97	172.16	194.78	174.96	145.82
<b>% de Humedad</b>	%	5.26%	5.49%	7.13%	7.54%	9.60%	8.61%	11.16%	10.97%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	5.37%		7.34%		9.10%		11.06%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.770		1.795		1.787		1.747	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.795 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 7.76%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESISTA



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Miguel José Antonio Pineda Vera  
CIP 12345



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"					
SOLICITANTE	: BACHILLER VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI					
MATERIAL	: COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)					
PROPIETARIO	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA					
FECHA	: 21 DE FEBRERO DEL 2022					

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr	11029	10715	10925	10708	11429	11340
Peso del Molde	gr	7950	7950	7992	7992	6759	6759
Peso del Suelo Humedo	gr	3079	2765	2933	2716	4670	4581
Volumen del Suelo	cc	2113.99	2113.99	2110.36	2110.36	2083.96	2083.96
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.456	1.308	1.390	1.287	2.241	2.198

Capsula No	No											
Suelo Humedo + Capsula	gr	340.19	341.68	331.11		348.60	350.18	226.40		340.31	353.18	311.89
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	278.80	284.27	287.58		292.26	290.60	166.38		286.52	297.90	268.42
Peso del Agua	gr	61.39	57.41	46.53		56.34	59.58	30.02		53.79	55.28	43.47
Peso de la Capsula	gr	39.31	39.83	39.58		39.17	38.99	38.44		38.86	39.88	38.77
Peso del Suelo Seco	gr	239.49	244.44	248.00		253.09	251.61	157.94		247.66	258.04	229.65
% de Humedad	%	25.63%	23.49%	18.76%		22.28%	23.68%	19.01%		21.70%	21.42%	18.93%
Promedio de Humedad	%	24.56%		18.76%		22.97%		19.01%		21.56%	18.93%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.169		1.101		1.130		1.081		1.843	1.848	

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/07/2021	08:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
22/07/2021	08:30: a.m.	24:00:00	35.00	0.89	0.76	30.00	0.76	0.66	28.00	0.71	0.62
23/07/2021	08:30: a.m.	48:00:00	46.00	1.17	1.00	38.00	0.97	0.83	30.00	0.76	0.66
24/07/2021	08:30: a.m.	72:00:00	49.00	1.24	1.07	42.00	1.07	0.92	35.00	0.89	0.77
25/07/2021	08:30: a.m.	96:00:00	56.00	1.42	1.22	50.00	1.27	1.09	44.00	1.12	0.97

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		2.0	33.6	1.7		9.0	83	3.7		15.0	89	4.5	
1.27	01:00		11.0	71.8	3.6		16.0	93	4.7		39.0	191	9.8	
1.91	01:30		19.0	105.8	5.3		25.0	131	6.6		49.0	233	11.8	
2.54	02:00	70.31	25.0	131.2	6.6		31.0	157	7.9		59.0	276	13.9	
3.81	03:00		36.0	177.8	9.0		42.0	203	10.3		76.0	348	17.6	
5.09	04:00	105.00	49.0	233.1	11.8		52.0	246	12.4		89.0	403	20.4	
6.35	05:00		62.0	288.3	14.6		69.0	318	16.1		105.0	471	23.8	
7.62	06:00		79.0	360.4	18.2		82.0	373	18.9		110.5	494	25.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESISISTA

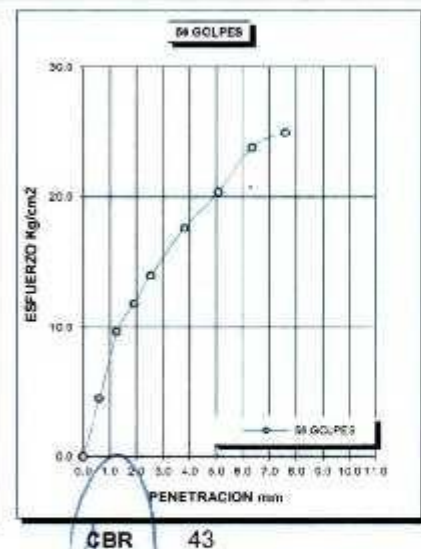
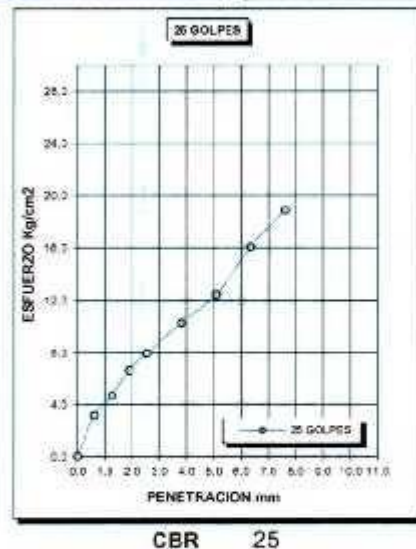
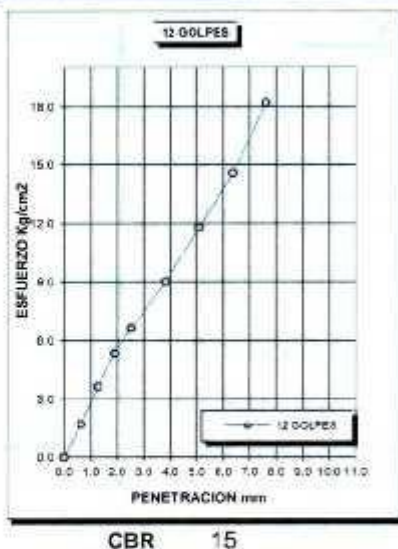
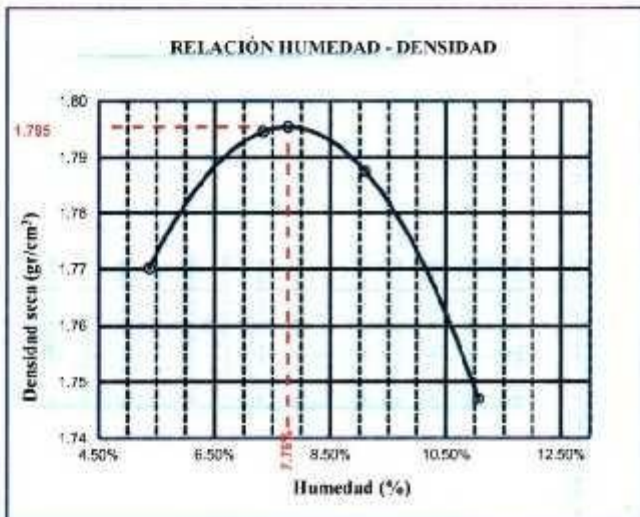
UANCV - FISP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
JULIACA  
Mtro. José Agustín Paredes Vera



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



<b>TESIS</b> :	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>	
<b>SOLICITADO</b> :	: : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b>	1.795
<b>MUESTRA</b> :	: : COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100)	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	7.76%
<b>UBICACIÓN</b> :	: : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>	43.4
<b>CANTERA</b> :		<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	36.7
<b>FECHA</b> :	: : 21 DE FEBRERO DEL 2022	<b>CLASIFICACIÓN :</b>	
		<b>AASHTO :</b>	
		<b>EMBEBIDO :</b>	4 DIAS



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Mtro. José Antonio Cárdenas Vique  
C-182704





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



OBRA

"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

SOLICITANTE  
 MUESTRA  
 UBICACIÓN  
 FECHA

: BACHILLER VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
 : COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)  
 : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA  
 : 21 DE FEBRERO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	382.50
SUELO SECO + TARRÓ	gr	375.20
PESO DEL TARRÓ	gr	38.28
PESO DEL AGUA	gr	7.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	336.92
HUMEDAD %	%	2.17

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LÍMITE LÍQUIDO**

TARRO N°		A-1	A-2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.77	50.06
SUELO SECO + TARRO	gr	43.09	47.51
PESO DEL TARRÓ	gr	28.12	32.23
PESO DEL AGUA	gr	2.68	2.55
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.97	15.28
HUMEDAD %	%	17.90	16.69
N° DE GOLPES		25	25

**LÍMITE PLÁSTICO**

B-1	B-2

**LÍMITE LIQUIDO % : 17.30      LÍMITE PLÁSTICO % : NP**

**ÍNDICE PLÁSTICO % : NP**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - U.F.I.C.P.  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mg. José Ángel Paredes Vera  
 0205794



**TESIS** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER, VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

### ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

( ASTM D - 2419 )

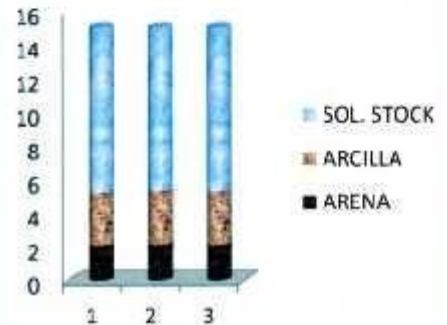
**EJECUTADO CON:**



**EQUIPO DE EQUIVALENTE DE ARENA**

**IDENTIFICACIÓN**

**PROBETAS LECTURADAS**



PROCESO	UND	1	2	3
Hora de Inicio de <b>SATURACIÓN O HUMEDICIMIENTO</b>	HMS	11:30:00 a.m.	11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.
Hora de Salida de <b>SATURACIÓN</b> (más de 10 min)	HMS	11:40:00 a.m.	11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.
Hora de Inicio de <b>DECANTACIÓN</b>	HMS	11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.	11:55:00 a.m.
Hora de Salida de <b>DECANTACIÓN</b> (más de 20 min)	HMS	12:05:00 p.m.	12:10:00 p.m.	12:15:00 p.m.
<b>LECTURA DE ARENA ( S )</b>	<b>PULG</b>	<b>2.10</b>	<b>2.14</b>	<b>2.12</b>
<b>LECTURA DE ARCILLA ( C )</b>	<b>PULG</b>	<b>5.23</b>	<b>5.33</b>	<b>5.30</b>
<b>EQUIVALENTE DE ARENA = S / C x 100</b>	<b>%</b>	<b>40.15%</b>	<b>40.15%</b>	<b>40.00%</b>

**EA = 40.10%**



USO NORMA MTC	REQUERIMIENTOS	
	< 3000 m.s.n.m.	> 3500 m.s.n.m.
BASE GRANULAR	35.00% min.	45.00% min.
SUB BASE GRANULAR	25.00% min.	35.00% min.

**OBSERVACIONES:**

\* LA MUESTRA FUERON FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Msc. José Antonio Paredes Pardo  
 CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## SALES SOLUBLES TOTALES

NORMA TÉCNICA: MTC E 219, ASTM D 1888

TESIS : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"  
SOLICITANTE : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
MUESTRA : COMBINACION 01 (CANTERA CHUCUINE 100%)  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA  
FECHA : 21 DE FEBRERO DEL 2022

MUESTRA	ARENA		GRAVA	
	1	2	1	2
N° de Ensayo				
Peso de muestra seca	500.00		100.00	
Peso de Tara	49.16		74.18	
Peso tara + agua + sal	149.83		175.05	
Peso tara + sal	50.72		74.56	
Peso sal	1.54		0.38	
Peso agua	99.11		100.49	
% de sales solubles totales	0.31		0.38	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.31%		0.38%	

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FIDP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mtz. José Antonio Paredes Vera  
CIP 82794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - 2000

TESIS : INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022  
 SOLICITANTE : BACHILLER VIRGILIO EDOY ARIAS MAMANI  
 MUESTRA : COMBINACION 01 (CANTERA CHUQUINE 100%)  
 UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - LANCIV - JIJILINCA  
 FECHA : 21 DE FEBRERO DEL 2022

MUESTRA TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		CHATAS		ALARGADAS		NI CHATA, NI ALARGADA	
		PESO RET.	% RET.	PESO RET.	% RET.	PESO RET.	% RET.	PESO RET.	% RET.
PULG									
2"	50.000	240.40	0.00	14.90	6.54	10.60	6.64	240.40	6.64
1 1/2"	37.500	344.70	0.00	6.20	12.39	16.30	12.39	344.70	12.39
1"	25.000	424.70	12.00	10.00	15.26	8.80	15.26	424.70	15.26
3/4"	19.000	569.30	28.78	13.40	20.46	2.40	20.46	569.30	20.46
1/2"	12.500	550.50	35.01	6.60	19.76	4.40	19.78	550.50	19.78
3/8"	9.500	653.20	24.24	0.00	23.47	0.00	23.47	653.20	23.47
		2782.80	100.00		7.85		5.65		86.50

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
gr.	2782.8
%	13.5

OBSERVACIONES :  
 \*LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



LANCIV - JIJILINCA  
 CARR. INGENIERÍA CIVIL



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, FUNO, 2022"

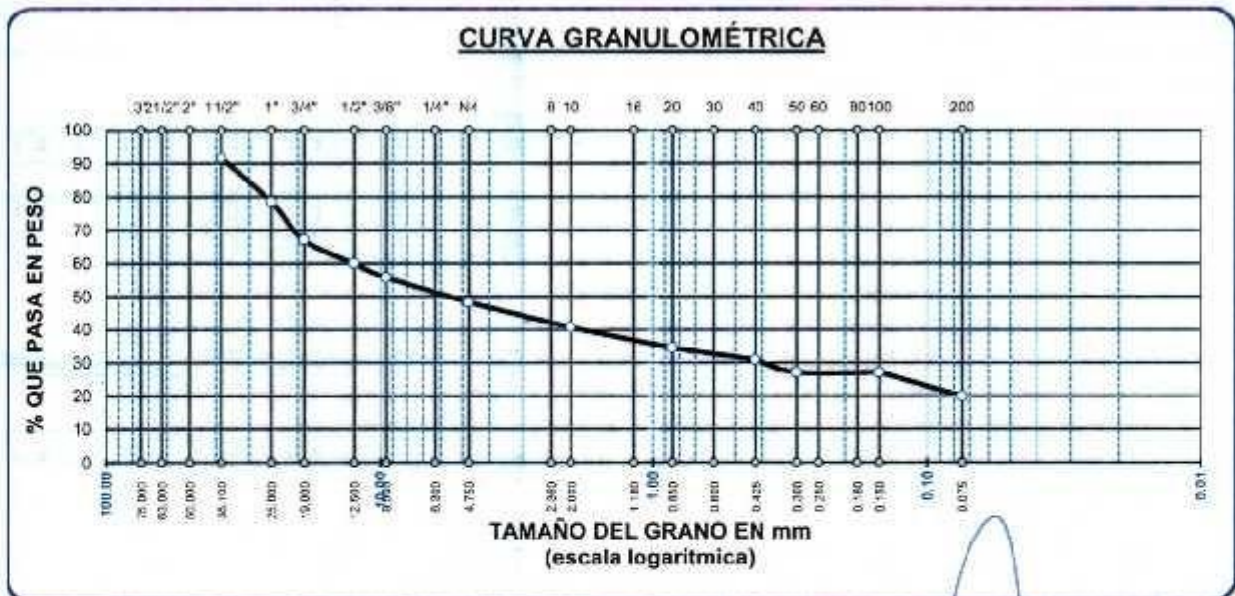
**SOLICITANTE** BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** COMBINACION O2 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)

**LUGAR** LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** 21 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 8074.00
2"	50.000						P.L.= 7868.00
1 1/2"	38.100	668.00	6.3	8.3	91.7		P.P.= 206.00
1"	25.000	1065.00	13.2	21.5	78.5		% w = 2.23
3/4"	19.000	920.00	11.4	32.9	67.1		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	577.00	7.1	40.0	60.0		L.L.= 13.20
3/8"	9.500	340.00	4.2	44.2	55.8		L.P.= NP
1/4"	6.300						I.P.= NP
No4	4.750	602.00	7.5	51.7	48.3		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= 0.021 Cu= 80.8
No10	2.000	78.00	7.6	59.3	40.7		D30= 0.370 Cc= 0.91
No16	1.180						D60= 11.25
No20	0.850	64.00	6.2	65.5	34.5		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	38.00	3.6	69.1	30.9		SUCS : GC-GM
No 50	0.300						ASSTHO : A-1-b (0)
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	39.00	3.8	72.9	27.1		
No200	0.075	75.00	7.2	80.1	19.9		
<b>BASE</b>		206.00	19.9	100.0	0.0		
<b>TOTAL</b>		8074.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		2.55					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - PPOD  
 GAP INGENIERÍA CIVIL  
 Virgilio Eddy Arias Mamani  
 CIP 52714



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



# RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ANGELES"

NORMAS ASTM C 131, AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26

**TESIS**

: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION 02 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

**TIPO DE AGREGADO:** FINO:  GRUESO:  OTROS:

**MUESTRA OBTENIDA POR:** CUARTEO:  DIVISOR DE MUESTRAS:

**NUMERO DE REVOLUCIONES:** 500  1000

**CARGA ABRASIVA:** 12 ESFERAS

**PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:**  $W_i =$  5000 gr.

**PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO Nº 12:**  $W_r =$  2955 gr.

**PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO Nº 12:**  $=$  2045 gr.

**PORCENTAJE DE PÉRDIDA:**  $De = \frac{W_i - W_r}{W_i} \times 100$

$De =$  40.90 %

**OBSERVACIONES:**

**GRADACION :** "A" , 1 1/2" - 1" = 1250, 1" - 3/4" = 1250, 3/4" - 1/2" = 1250, 1/2" - 3/8" = 1250  
**TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE :** 59.10 **Y PÉRDIDA DE :** 40.90  
**NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26, ASTM -C-131**

**OBSERVACIONES :** LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mgtr. José Antonio Parada Velásquez  
 CIP 62794



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

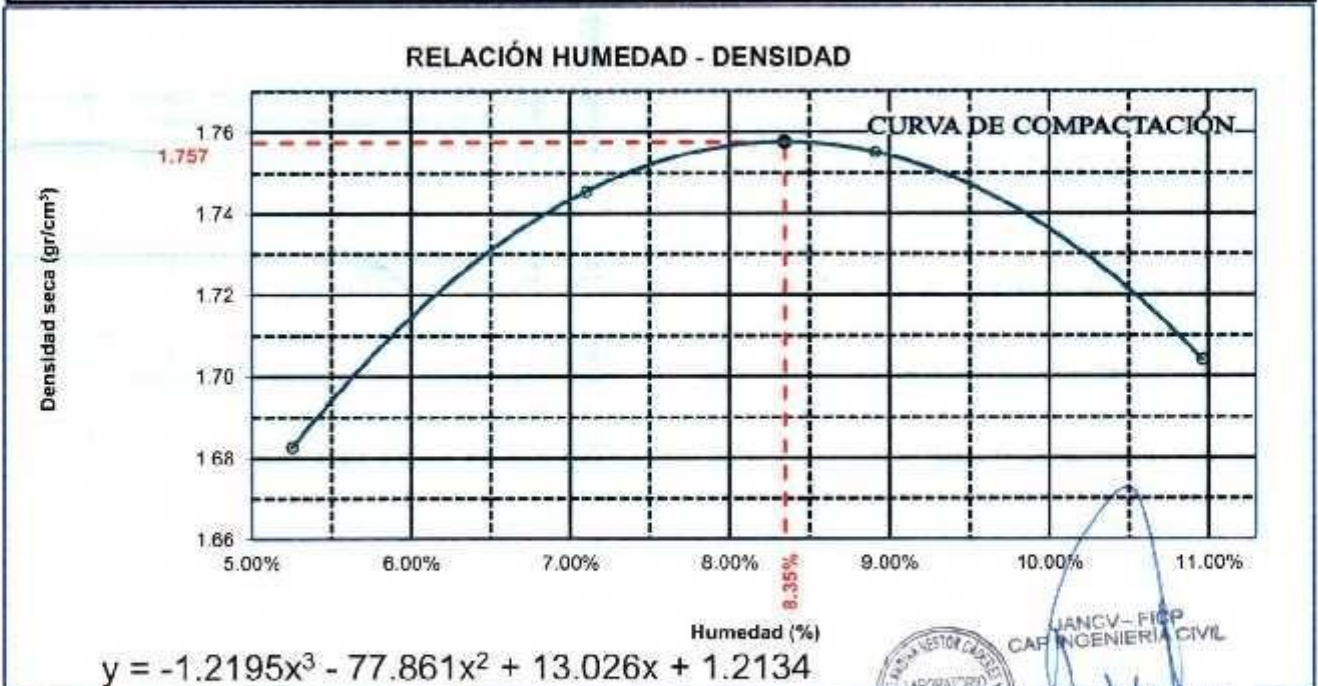
<b>TESIS</b>	: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: COMBINACION 02 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA
<b>CANTERA</b>	:
<b>FECHA</b>	: 21 DE FEBRERO DEL 2022

<b>MOLDE No</b>	:	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	:	926 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	:	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	:	25 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	5804	5895	5934	5915
<b>Peso del Molde</b>	gr.	4164	4164	4164	4164
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1640	1731	1770	1751
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.771	1.869	1.911	1.891

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	203.60	203.53	214.32	208.34	226.40	234.32	218.38	281.21
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	156.33	195.83	203.63	197.36	212.62	219.59	201.99	240.97
<b>Peso del Agua</b>	gr.	7.27	7.70	10.69	10.98	13.78	14.73	16.39	20.24
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	56.94	50.30	51.67	44.20	57.36	54.93	51.58	57.43
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	139.39	145.53	151.96	153.16	155.26	164.66	150.41	183.54
<b>% de Humedad</b>	%	5.22%	5.29%	7.03%	7.17%	8.88%	8.95%	10.60%	11.03%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	5.25%		7.10%		8.91%		10.96%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.683		1.745		1.755		1.704	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	:	1.757 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	:	8.35%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADOS POR EL TESISISTA

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfaltos  
 Jefe Laboratorio  
 José Antonio Vargas Vira  
 CIP 62794



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANCA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"					
SOLICITANTE	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI					
MATERIAL	: : COMBINACION 02 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)					
PROPIETARIO	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA					
CANTERA	:					
FECHA	: : 21 DE FEBRERO DEL 2022					

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		55	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11020	10728	10900	10716	11432	11345
Peso del Molde	gr.	6741	6741	6720	6720	7270	7270
Peso del Suelo Humedo	gr.	4279	3967	4180	3996	4162	4075
Volumen del Suelo	cc.	2254.35	2254.35	2116.65	2116.65	2115.67	2115.67
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.898	1.769	1.975	1.888	1.967	1.926

Capsula No	No											
Suelo Humedo + Capsula	gr.	362.66	369.80	322.00		320.93	335.37	264.30		393.34	322.57	291.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	323.27	331.03	307.09		293.06	305.93	251.85		366.48	301.40	277.68
Peso del Agua	gr.	39.39	38.77	14.91		27.87	29.41	12.45		26.86	21.17	13.74
Peso de la Capsula	gr.	38.65	39.04	38.00		36.76	38.86	38.30		39.05	38.67	38.60
Peso del Suelo Seco	gr.	284.62	291.99	268.09		256.30	267.10	213.55		327.43	262.73	239.08
% de Humedad	%	13.84%	13.28%	5.56%		10.96%	11.01%	5.83%		8.20%	8.06%	5.78%
Promedio de Humedad	%	13.56%		5.56%		10.99%		5.83%		8.13%		5.75%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.671		1.675		1.779		1.784		1.819		1.821

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/07/2021	08:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
08/07/2021	08:30: a.m.	24:00:00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
09/07/2021	08:30: a.m.	48:00:00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
10/07/2021	08:30: a.m.	72:00:00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
11/07/2021	08:30: a.m.	96:00:00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		8.20	59.9	3.0		10.50	70	3.5		16.10	93	4.7	
1.27	01:00		20.50	112.1	5.7		25.30	133	6.7		31.00	157	7.9	
1.91	01:30		27.90	143.6	7.3		32.70	164	8.3		40.10	195	9.9	
2.54	02:00	70.31	36.40	179.6	9.1		43.40	209	10.6		51.10	242	12.2	
3.81	03:00		49.50	235.2	11.9		56.00	266	13.5		63.70	296	14.9	
5.09	04:00	105.00	58.70	274.3	13.9		66.30	307	15.5		76.20	349	17.6	
6.35	05:00		67.60	312.1	15.8		73.50	357	17.0		83.00	377	19.1	
7.62	06:00		78.50	359.3	18.1		86.00	390	19.7		92.20	416	21.1	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESIISTA



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 MSc. JOSÉ ANTONIO PÉREZ VERA  
 CIP 182794

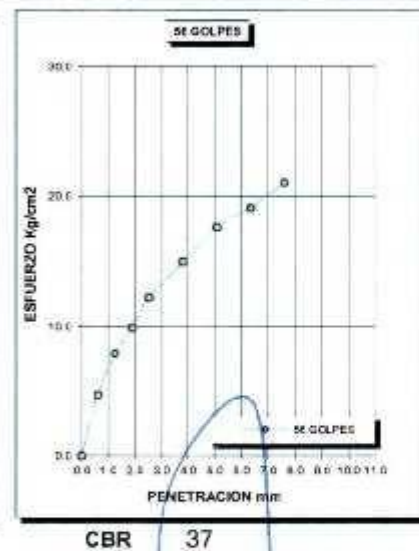
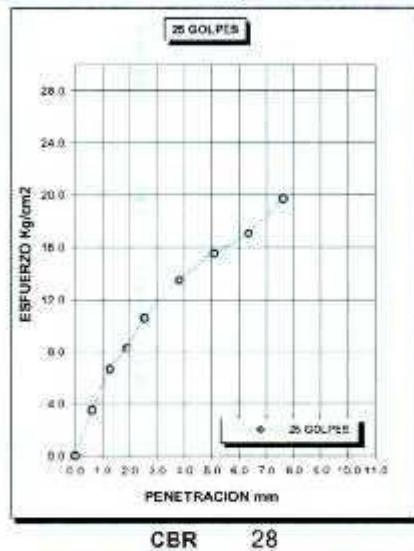
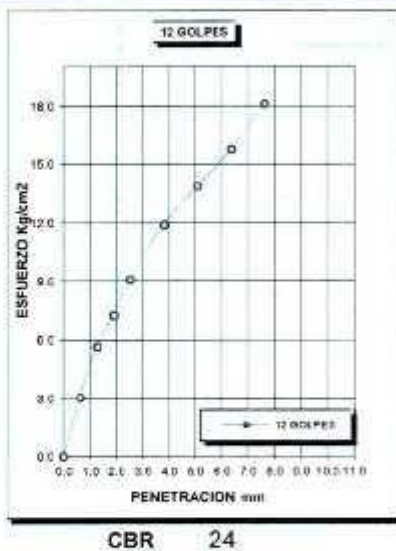
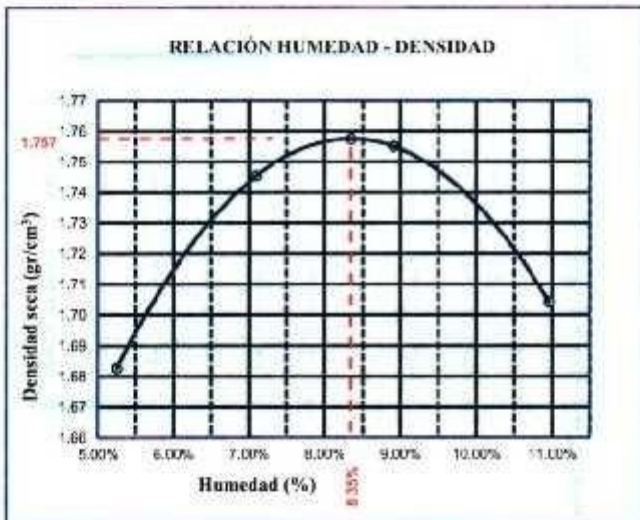




**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



<b>TESIS</b>	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITADO</b>	: BACHILLER: VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.757
<b>MUESTRA</b>	: : COMBINACION O2 (CANTERA CHUQUINE 50% LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 8.35% <b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 36.81 <b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 33.4
<b>CANTERA</b>	:	<b>CLASIFICACIÓN :</b> <b>AASHTO :</b>
<b>FECHA</b>	: 21 DE FEBRERO DEL 2022	<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



UANCV - FICE  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mtro. José Antonio Paredes Vera  
 CIP 00704



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



OBRA

"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

SOLICITANTE

: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

MUESTRA

: COMBINACION 02 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)

UBICACIÓN

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS. CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

FECHA

: 21 DE FEBRERO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	372.50
SUELO SECO + TARRO	gr	365.20
PESO DEL TARRO	gr	38.28
PESO DEL AGUA	gr	7.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	326.92
HUMEDAD %	%	2.23

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°		A-1	A-2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.92	49.80
SUELO SECO + TARRO	gr	43.20	47.51
PESO DEL TARRO	gr	28.12	32.23
PESO DEL AGUA	gr	1.72	2.29
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.08	15.28
HUMEDAD %	%	11.41	14.99
N° DE GOLPES		25	25

LÍMITE PLÁSTICO	
B-1	B-2

**LÍMITE LÍQUIDO % : 13.20      LÍMITE PLÁSTICO % : NP**

**ÍNDICE PLÁSTICO % : NP**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - UCP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mtro. José Antonio Parejas Vera  
 CIP 62794



**TESIS** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER, VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION 02 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

### ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

( ASTM D - 2419 )

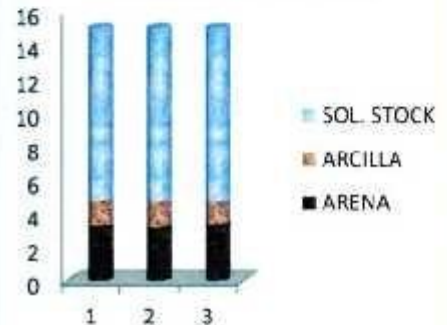
#### EJECUTADO CON:



EQUIPO DE EQUIVALENTE DE ARENA

#### IDENTIFICACIÓN

##### PROBETAS LECTURADAS



PROCESO	UND	1	2	3
Hora de Inicio de <b>SATURACIÓN O HUMEDICIMIENTO</b>	HMS	11:30:00 a.m.	11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.
Hora de Salida de <b>SATURACIÓN</b> (más de 10 min)	HMS	11:40:00 a.m.	11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.
Hora de Inicio de <b>DECANTACIÓN</b>	HMS	11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.	11:55:00 a.m.
Hora de Salida de <b>DECANTACIÓN</b> (más de 20 min)	HMS	12:05:00 p.m.	12:10:00 p.m.	12:15:00 p.m.
<b>LECTURA DE ARENA ( S )</b>	<b>PULG</b>	<b>3.30</b>	<b>3.20</b>	<b>3.40</b>
<b>LECTURA DE ARCILLA ( C )</b>	<b>PULG</b>	<b>4.80</b>	<b>4.70</b>	<b>4.70</b>
<b>EQUIVALENTE DE ARENA = S / C x 100</b>	<b>%</b>	<b>68.75%</b>	<b>68.09%</b>	<b>72.34%</b>



**EA = 69.73%**

USO NORMA MTC	REQUERIMIENTOS	
	< 3000 m.s.n.m.	> 3000 m.s.n.m.
BASE GRANULAR	35.00% min.	45.00% min.
SUB BASE GRANULAR	25.00% min.	35.00% min.

#### OBSERVACIONES:

\* LA MUESTRA FUERON FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mg. José Antonio Paredes Vera  
 CIP 62784



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## SALES SOLUBLES TOTALES

NORMA TÉCNICA: MTC E 219, ASTM D 1888

**TESIS** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION 02 (CANTERA CHUQUINE 50% + RELAVE MINERO 50%)

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

MUESTRA	ARENA		GRAVA	
	1	2	1	2
N° de Ensayo				
Peso de muestra seca	500.00		100.00	
Peso de Tara	48.15		75.45	
Peso tara + agua + sal	148.65		176.50	
Peso tara + sal	51.40		74.50	
Peso sal	1.56		0.43	
Peso agua	96.50		101.30	
% de sales solubles totales	0.26		0.28	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.26%		0.28%	

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FOP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

Magr. José Antonio Paredes Vera  
CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBRICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - 2000

TESIS : INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 6-000 AL 4M 1-000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PLUTINA, PUNO, 2022\*  
SOLICITANTE : BACHILLER VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
MUESTRA : COMBINACIÓN 02 (CANTERA CHUQUINE 50% - RELAVE MINERO 50%)  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCY - JULIACA  
FECHA : 21 DE FEBRERO DEL 2022

MUESTRA	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA				
	TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO RET.	% RET.	% PASA
PULG														
2"	50.000		240.40	0.00	100.00	11.80	13.11	1.55	3.80	13.11	0.50	240.40	8.64	12.34
1 1/2"	37.500		344.70	0.00	100.00	8.30	16.38	1.38	6.50	16.38	1.06	344.70	12.39	24.56
1"	25.000		424.70	12.00	88.00	8.40	15.10	1.27	3.50	15.10	0.52	424.70	15.26	11.45
3/4"	19.000		569.30	20.78	56.24	6.50	24.48	1.58	0.30	24.48	0.07	569.30	20.46	9.80
1/2"	12.500		550.50	35.01	24.24	3.30	8.91	0.93	1.50	8.91	0.13	550.50	19.78	15.30
3/8"	9.500		653.20	24.24	0.00	0.00	22.02	0.00	0.00	22.02	0.00	653.20	23.47	18.80
			4813.90	100.00				6.07			2.30			91.60

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	gf.	2782.8
PARTÍCULA CHATA Y ALARGADA	%	8.4

OBSERVACIONES :  
\*LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER





## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

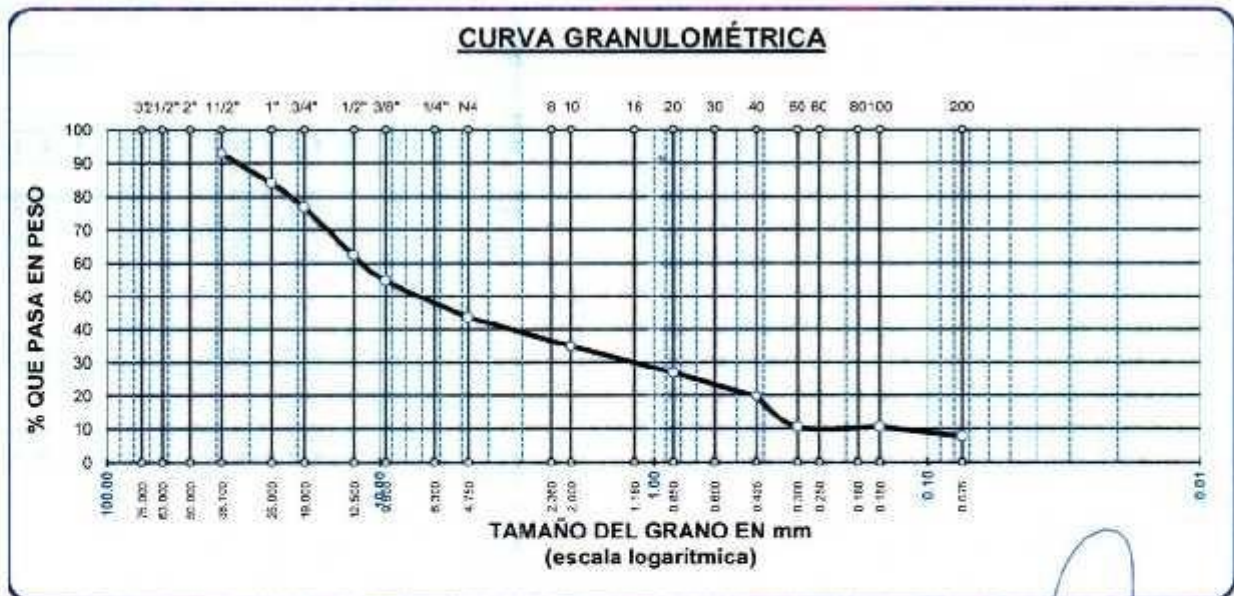
**SOLICITANTE** : BACHILLER, VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION U3 (CANTERA CHUQUINE 10%) + ZELDORE 30%

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 8860.00
2"	50.000						P.L.= 8780.00
1 1/2"	38.100	631.00	7.1	7.1	92.9		P.P.= 80.00
1"	25.000	789.00	8.9	16.0	84.0		% W = 16.50
3/4"	19.000	727.00	8.2	24.2	75.8		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	1179.00	13.3	37.5	62.5		L.L.= 15.50
3/8"	9.500	429.00	4.8	42.3	54.7		L.P.= NP
1/4"	6.300						I.P.= NP
No4	4.750	1060.00	12.0	54.3	43.7		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= 0.115 Cu= 80.8
No10	2.000	111.00	10.1	64.4	34.9		D30= 1.230 Cc= 0.91
No16	1.180						D60= 10.80
No20	0.850	95.00	8.7	73.1	26.9		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	85.00	7.8	80.9	19.8		SUCS : GP-GM
No 50	0.300						ASSTHO : A-1-a (0)
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	94.00	8.6	89.5	10.5		
No200	0.075	35.00	3.2	92.7	7.8		
<b>BASE</b>		80.00	7.3	100.0	0.0		
<b>TOTAL</b>		8860.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.90					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - PUNO  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA  
 Mtro. José Antonio Parado Ver  
 CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



# RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ANGELES"

NORMAS ASTM C 131 AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26

**TESIS**

"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
**MUESTRA** : COMBINACION 03 (CANTERA CHUQUINE 70% + RELAVE MINERO 30%)  
**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA  
**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

**TIPO DE AGREGADO:** FINO:  GRUESO:  OTROS:

**MUESTRA OBTENIDA POR:** CUARTEO:  DIVISOR DE MUESTRAS:

**NUMERO DE REVOLUCIONES:** 500  1000

**CARGA ABRASIVA:** 12 ESFERAS

**PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:**  $W_i =$  5000 gr.

**PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO Nº 12:**  $W_f =$  3220 gr.

**PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO Nº 12:**  $=$  1780 gr.

**PORCENTAJE DE PÉRDIDA:**  $De = \frac{W_i - W_f}{W_i} \cdot 100$

$De =$  35.60 %

**OBSERVACIONES:**

**GRADACION :** "A" , 1 1/2" - 1" = 1250, 1" - 3/4" = 1250, 3/4" - 1/2" = 1250, 1/2" - 3/8" = 1250  
**TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE :** 64.40 **Y PÉRDIDA DE :** 35.60  
**NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26, ASTM -C-131**

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mtro. José Agustín Paradoes Vique  
 CAP 62194



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

<b>TESIS</b>	: "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: COMBINACION 03 (CANTERA CHUQUINE 70% + RELAVE MINERO 30%)
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA
<b>CANTERA</b>	:
<b>FECHA</b>	: 21 DE FEBRERO DEL 2022

<b>MOLDE No</b>	:	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	:	918.91 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	:	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	:	25 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	6140	6235	6190	6115
<b>Peso del Molde</b>	gr.	4164	4164	4164	4164
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1976	2071	2026	1951
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.150	2.254	2.205	2.123

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	305.27	284.21	397.19	348.66	295.73	327.45	315.80	364.15
<b>Peso del Suelo Secco + Capsula</b>	gr.	281.63	263.04	360.92	316.01	266.28	293.89	281.65	322.10
<b>Peso del Agua</b>	gr.	23.64	21.17	36.27	32.65	29.45	33.56	34.20	42.05
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	47.77	54.36	51.81	40.07	51.20	49.41	59.10	55.95
<b>Peso del Suelo Secco</b>	gr.	233.86	208.68	309.11	267.94	215.08	244.48	222.55	266.15
<b>% de Humedad</b>	%	10.11%	10.14%	11.73%	12.19%	13.69%	13.73%	15.37%	15.80%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	10.13%		11.96%		13.71%		15.58%	
<b>Densidad del Suelo Secco</b>	%	1.953		2.013		1.939		1.837	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	:	2.016 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	:	11.61%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESIISTA



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Miguel José Antonio Varedes Vera  
 CIP-02794





### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI
<b>MATERIAL</b>	: : COMBINACION D3 (CANTERA CHUQUINE 70% + RELAVE MINERO 30%)
<b>PROPIETARIO</b>	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCY - JULIACA
<b>CANTERA</b>	:
<b>FECHA</b>	: : 21 DE FEBRERO DEL 2022

<b>MOLDE No</b>		III		II		I	
<b>No DE CAPAS</b>		5		5		5	
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>		12		25		56	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr	11029	10715	10925	10708	11429	11340
<b>Peso del Molde</b>	gr	6745	6745	6725	6725	7275	7275
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr	4284	3970	4200	3983	4154	4065
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2239.96	2239.96	2123.06	2123.06	2114.53	2114.53
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.913	1.772	1.978	1.876	1.965	1.922

<b>Capsula No</b>	No											
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr	362.60	369.85	322.06		320.92	336.31	264.30		393.15	322.49	291.49
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr	323.20	331.00	307.00		293.00	305.00	251.80		366.40	301.40	277.60
<b>Peso del Agua</b>	gr	39.40	38.85	15.06		27.92	30.31	12.50		26.75	21.09	13.89
<b>Peso de la Capsula</b>	gr	38.60	39.06	35.05		38.79	38.85	38.35		39.09	38.85	38.62
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr	284.60	291.94	267.95		254.21	266.15	213.45		327.31	262.55	238.08
<b>% de Humedad</b>	%	13.84%	13.31%	5.62%		10.96%	11.39%	5.96%		8.17%	8.03%	5.61%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	13.58%		5.62%		11.19%		5.86%		8.10%		5.81%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.684		1.678		1.779		1.772		1.817		1.817

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial		Expansion		Dial		Expansion		Dial		Expansion	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
14/07/2021	08:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0	0
15/07/2021	08:30: a.m.	24:00:00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	1.20	0.03	0.03	0.03	0.03
16/07/2021	08:30: a.m.	48:00:00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.90	0.02	0.02	0.02	0.02
17/07/2021	08:30: a.m.	72:00:00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.80	0.02	0.02	0.02	0.02
18/07/2021	08:30: a.m.	96:00:00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.90	0.02	0.02	0.02	0.02

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		10.00	67.6	3.4		15.60	91	4.6		25.00	131	6.6	
1.27	01:00		21.50	116.4	5.9		28.60	147	7.4		39.00	186	9.4	
1.91	01:30		28.10	144.4	7.3		40.90	199	10.0		49.00	229	11.6	
2.54	02:00	70.31	36.35	179.4	8.1		48.60	231	11.7		59.00	271	13.7	
3.81	03:00		49.60	235.7	11.9		58.80	275	13.9		69.00	318	16.1	
5.09	04:00	105.00	58.60	274.7	13.9		66.90	309	15.6		81.00	369	18.6	
6.35	05:00		66.90	309.1	15.0		74.90	343	17.3		95.00	428	21.7	
7.62	06:00		77.50	354.1	17.9		87.00	394	19.9		99.00	441	22.3	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON PROPORCIONADOS Y ENSAYADAS POR EL TESISISTA



UANCY - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

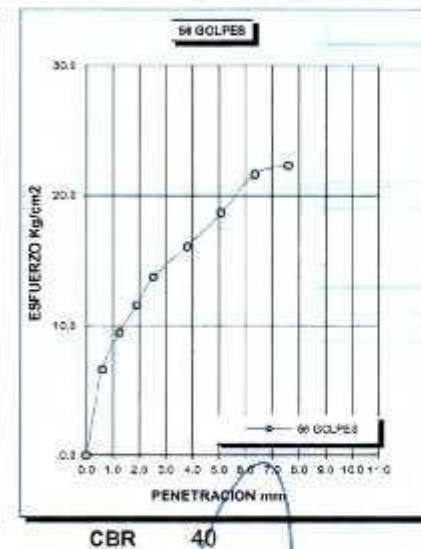
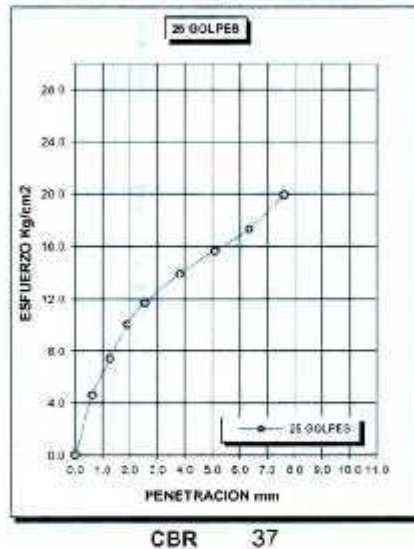
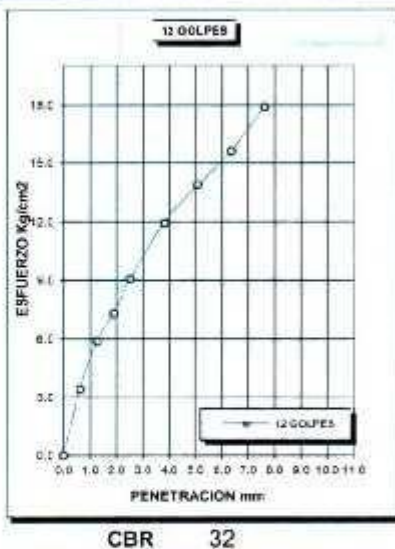
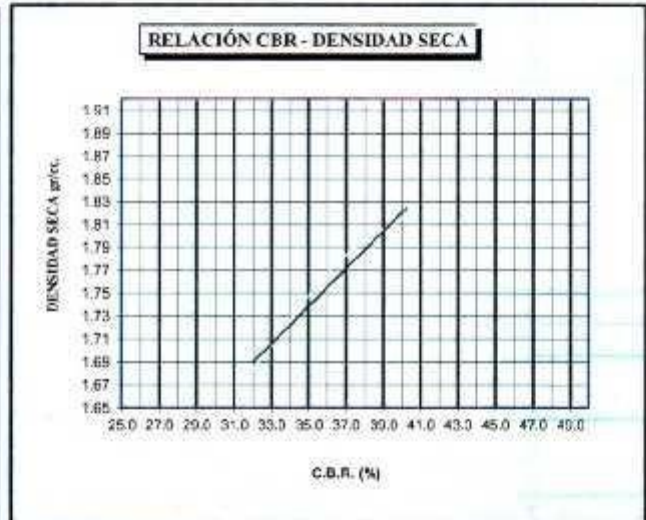
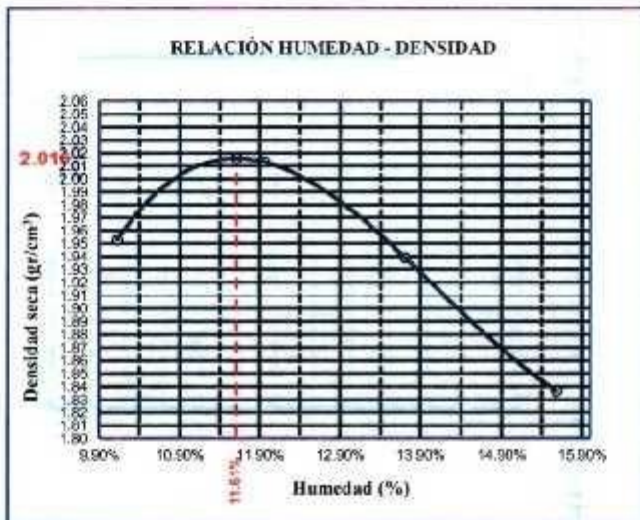
Mgtr. Juana Antonia Parales Vera  
CIP 62754



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS :	"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> .)	2.016
SOLICITADO :	BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.61%
MUESTRA :	COMBINACION 03 (CANTERA CHUQUINE 70%)	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	40.25
UBICACIÓN :	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	38.0
CANTERA :		CLASIFICACIÓN :	
FECHA :	21 DE FEBRERO DEL 2022	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UANCV - FICHA  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 ATAYURA  
 ALVARO TORRES  
 MSc. JOSE ANTONIO JARAMA  
 CIP 82794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



OBRA

"INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

SOLICITANTE

: BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

MUESTRA

: COMBINACION 03 (CANTERA CHUQUINE 70% + RELAVE MINERO 30%)

UBICACIÓN

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

FECHA

: 21 DE FEBRERO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	386.50
SUELO SECO + TARRO	gr	365.20
PESO DEL TARRO	gr	27.28
PESO DEL AGUA	gr	21.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	337.92
HUMEDAD %	%	6.30

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		A-1	A-2	B-1	B-2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.00	49.60		
SUELO SECO + TARRO	gr	42.20	46.57		
PESO DEL TARRO	gr	27.12	31.22		
PESO DEL AGUA	gr	1.80	3.03		
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.08	15.35		
HUMEDAD %	%	11.94	19.74		
N° DE GOLPES		25	25		

<b>LÍMITE LIQUIDO %</b>	:	<b>15.50</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %</b>	:	<b>NP</b>
-------------------------	---	--------------	--------------------------	---	-----------

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : **NP**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 $W_n$  = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ENSAYADAS POR EL BACHILLER



UANCV - ECP  
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. José Antonio Palacios Vera  
 CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS** : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER, VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI

**MUESTRA** : COMBINACION 03 (CANTERA CHUQUINE 70% + RELAVE MINERO 30%)


**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA

**FECHA** : 21 DE FEBRERO DEL 2022

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA**  
 (ASTM D - 2419)

EJECUTADO CON:	IDENTIFICACIÓN
 <b>EQUIPO DE EQUIVALENTE DE ARENA</b>	<b>PROBETAS LECTURADAS</b> 

PROCESO	UND	1	2	3
Hora de Inicio de <b>SATURACIÓN O HUMEDICIMIENTO</b>	HMS	11:30:00 a.m.	11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.
Hora de Salida de <b>SATURACIÓN</b> (más de 10 min)	HMS	11:40:00 a.m.	11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.
Hora de Inicio de <b>DECANTACIÓN</b>	HMS	11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.	11:55:00 a.m.
Hora de Salida de <b>DECANTACIÓN</b> (más de 20 min)	HMS	12:05:00 p.m.	12:10:00 p.m.	12:15:00 p.m.
<b>LECTURA DE ARENA ( S )</b>	<b>PULG</b>	<b>2.45</b>	<b>2.35</b>	<b>2.43</b>
<b>LECTURA DE ARCILLA ( C )</b>	<b>PULG</b>	<b>4.80</b>	<b>4.60</b>	<b>4.39</b>
<b>EQUIVALENTE DE ARENA = S / C x 100</b>	<b>%</b>	<b>51.04%</b>	<b>51.11%</b>	<b>55.35%</b>

	<p><b>EA = 52.50%</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th rowspan="2">USO NORMA MTC</th> <th colspan="2">REQUERIMIENTOS</th> </tr> <tr> <th>&lt; 3000 m.s.n.m.</th> <th>&gt; 3500 m.s.n.m.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BASE GRANULAR</td> <td>35.00% min.</td> <td>45.00% min.</td> </tr> <tr> <td>SUB BASE GRANULAR</td> <td>25.00% min.</td> <td>35.00% min.</td> </tr> </tbody> </table>	USO NORMA MTC	REQUERIMIENTOS		< 3000 m.s.n.m.	> 3500 m.s.n.m.	BASE GRANULAR	35.00% min.	45.00% min.	SUB BASE GRANULAR	25.00% min.	35.00% min.
USO NORMA MTC	REQUERIMIENTOS											
	< 3000 m.s.n.m.	> 3500 m.s.n.m.										
BASE GRANULAR	35.00% min.	45.00% min.										
SUB BASE GRANULAR	25.00% min.	35.00% min.										

**OBSERVACIONES:**  
 \* LA MUESTRA FUERON FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER

  
 UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 MSc. José Antonio Paredes Vera  
 CIP 52794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## SALES SOLUBLES TOTALES

NORMA TÉCNICA: MTC E 219, ASTM D 1888

TESIS : "INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0+000 AL KM 1+000 CARRETERA ANANEA-RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022"  
SOLICITANTE : BACHILLER. VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
MUESTRA : COMBINACIÓN 03 (CANTERA CHUGUINE 70% + RELAVE MINERO 30%)  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCV - JULIACA  
FECHA : 21 DE FEBRERO DEL 2022

MUESTRA	ARENA		GRAVA	
	1	2	1	2
N° de Ensayo				
Peso de muestra seca	500.00		100.00	
Peso de Tara	50.40		73.45	
Peso tara + agua + sal	151.34		176.80	
Peso tara + sal	48.90		74.50	
Peso sal	1.60		0.40	
Peso agua	102.44		102.30	
% de sales solubles totales	0.29		0.37	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.29%		0.37%	

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCV - FIDP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Mg. José Antonio Parades Vega  
CIP 52794



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - 2000

TESIS : INCORPORACIÓN DE RELAYE MINERO EN SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE KM 0-000 AL KM 1-300 CARRETERA MANEA RINCONADA, PUTINA, PUNO, 2022  
SOLICITANTE : BACHILLER: VIRGILIO EDDY ARIAS MAMANI  
MUESTRA : COMBINACIÓN 03 (CANTERA CHUQUINE 70% + RELAYE MINERO 30%)  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - UANCY - JULIACA  
FECHA : 21 DE FEBRERO DEL 2022

MUESTRA	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA				
	TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO RET.	% RET.	% PASA
PULG														
2"	50.000		240.40	0.00	100.00	3.50	15.01	0.56	16.80	15.01	0.91	240.40	8.64	12.34
1 1/2"	37.500		344.70	0.00	100.00	3.60	25.52	0.91	2.40	25.52	2.02	344.70	12.39	13.56
1"	25.000		424.70	12.00	88.00	3.10	22.06	0.87	3.10	22.06	1.34	424.70	15.26	12.78
3/4"	19.000		569.30	28.78	59.24	11.30	13.83	1.56	0.90	13.83	4.81	569.30	20.46	10.60
1/2"	12.500		550.50	35.01	24.24	5.40	8.15	0.43	7.40	8.15	0.88	550.50	19.78	34.50
3/8"	9.500		653.20	24.24	0.00	2.70	14.43	0.40	2.10	14.43	0.00	653.20	23.47	12.45
			4171.80	100.00				4.50			5.10			90.40

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	9f.	4171.8
PARTICULA CHATA Y ALARGADA	%	9.6

OBSERVACIONES :  
\*LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER



UANCY - EICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Ing. José Antonio Velasco Vega  
CIP 62734

# **ESTUDIO DE TRÁFICO**

- AFORO VEHICULAR**
- FORMATO 1.1.A FACTOR DE CORRECCIÓN**
- FORMATO 1.1.B TASA DE CRECIMIENTO**

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000			
SENTIDO		ANANEA	E ←	RINCONADA	S →
UBICACIÓN		CARRETERA ANANEA - RINCONADA			
DIA	1				

ESTACION				
CODIGO DE LA ESTACION				
EIA Y FECHA	LUNES	14	2	22

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS				BUS		CAMION			SEM TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E	2	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-02	E	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02-03	E	3	-	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03-04	E	1	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04-05	E	2	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
05-06	E	2	-	2	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06-07	E	10	5	15	1	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
07-08	E	6	2	10	-	14	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08-09	E	4	2	9	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09-10	E	3	-	10	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10-11	E	3	-	9	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11-12	E	5	-	7	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12-13	E	6	-	10	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13-14	E	5	-	4	11	2	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
14-15	E	2	1	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15-16	E	3	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16-17	E	3	-	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17-18	E	2	1	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18-19	E	3	-	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19-20	E	1	-	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20-21	E	2	-	5	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21-22	E	2	1	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22-23	E	2	2	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23-24	E	3	-	8	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PARCIAL:		77	14	127	12	94	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000			
SENTIDO		ANANEA	E ←	RINCONADA	S →
UBICACIÓN		CARRETERA ANANEA - RINCONADA			
DIA		2			

ESTACION				
CODIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	MARTES	15	2	22

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2
00-01	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01-02	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02-03	E	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03-04	E	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04-05	E	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05-06	E	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06-07	E	3	12	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07-08	E	2	-	11	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08-09	E	3	-	11	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09-10	E	-	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-11	E	5	-	13	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	E	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-13	E	-	-	18	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-14	E	-	1	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-15	E	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-16	E	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-17	E	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
17-18	E	5	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-19	E	-	-	4	10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-20	E	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	E	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	E	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	E	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARCIAL:		27	14	87	10	30	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000			
SENTIDO	ANANEA	E ←	RINCONADA	S →
UBICACION	CARRETERA ANANEA - RINCONADA			
DIA	4			

ESTACION				
CODIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	JUEVES	17	2	22

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01-02	E	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02-03	E	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03-04	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04-05	E	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05-06	E	-	-	15	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06-07	E	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07-08	E	5	2	4	-	4	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
08-09	E	6	-	4	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09-10	E	5	-	11	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-11	E	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	E	3	-	13	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-13	E	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-14	E	4	1	12	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-15	E	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-16	E	1	-	1	11	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-17	E	1	10	1	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
17-18	E	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-19	E	4	10	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-20	E	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	E	-	-	14	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	E	-	1	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	E	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	E	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARCIAL:		41	27	86	13	44	0	3	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0



TRAMO DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000			
SENTIDO		ANANEA	E ←	RINCONADA	S →
UBICACIÓN		CARRETERA ANANEA - RINCONADA			
DIA	6				

ESTACION				
CODIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	SABADO	19	2	22

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01-02	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02-03	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03-04	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04-05	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05-06	E S	3	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06-07	E S	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07-08	E S	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08-09	E S	-	-	-	11	9	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09-10	E S	-	-	14	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-11	E S	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	E S	13	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-13	E S	11	1	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-14	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-15	E S	-	-	12	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-16	E S	-	-	12	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
16-17	E S	19	13	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-18	E S	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-19	E S	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-20	E S	-	-	2	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	E S	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	E S	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	E S	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARCIAL:		49	15	62	11	45	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0



### FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA		PROGRESIVA KM 0+000 AL KM 1+000			
SENTIDO		ANANEA	E ←	RINCONADA	S →
UBICACIÓN		CARRETERA ANANEA - RINCONADA			
DIA	7				

ESTACION				
CÓDIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	DOMINGO	20	2	22

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEM TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E S																			
01-02	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02-03	E S	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03-04	E S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04-05	E S	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05-06	E S	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06-07	E S	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07-08	E S	2	1	13	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08-09	E S	3	1	12	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09-10	E S	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
10-11	E S	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	E S	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-13	E S	1	-	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-14	E S	-	-	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-15	E S	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
15-16	E S	1	-	12	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-17	E S	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-18	E S	-	-	3	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-19	E S	2	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-20	E S	-	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	E S	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	E S	4	-	14	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	E S	4	-	14	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	E S	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARCIAL:		22	3	97	11	41	0	4	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0

**Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)**

**FORMATO Nº 1.1 A**

Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9599	0.9734	0.7789	1.0000
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0988	0.9676	1.0000
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000
17	CHULUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9185	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.6549	1.0000
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000
21	CUCULI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000
22	DESIVIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8718	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000
23	DESIVIO TALARÁ	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	1.0912	0.9733	1.1060	1.0310	1.0929	0.7531	1.0000
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.8719	1.0000
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0531	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	1.0993	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9667	1.0000
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.0608	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8285	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.8605	1.0000
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0594	1.0488	1.0071	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.8319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.8863	1.0000
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8363	1.0000
50	PATAHUASI	1.0687	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000
53	PIURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0536	1.0475	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000
54	PLANCHON	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0586	1.0147	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000
55	POMAHUACA	0.9823	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000
56	PONGO	1.0334	1.0848	1.0606	1.0886	1.0567	1.0028	0.9826	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000
57	PÓZO REDONDO	0.9235	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000
59	QUIJULLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.7577	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000
65	SAYLLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.8300	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0852	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1056	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829	0.7404	1.0000
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9446	0.9314	1.0413	0.9953	1.0835	1.1120	0.9454	0.9962	1.0777	0.9899	1.0378	0.7725	1.0000
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	0.7271	0.6706	1.0249	1.1471	1.1965	1.1952	1.1283	1.0842	1.1307	1.1457	1.1340	0.8249	1.0000
76	VESIQUE	0.8541	0.8934	1.0456	1.0853	1.1403	1.1558	1.0155	1.0827	1.1187	1.0027	1.0222	0.6992	1.0000
77	VIRU	1.0216	0.9810	1.0936	1.0639	1.1199	1.1221	0.9508	1.0231	1.0946	0.9628	0.9888		

**Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)**

**FORMATO N° 1.1 B**

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000	
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9697	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.8785	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9269	0.9523	1.0257	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	1.0000	
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.8073	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0629	1.0711	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9603	0.9195	0.8980	0.7996	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.1019	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509	1.0687	0.8375	0.8101	0.6639	1.0000	
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653	0.9769	0.9739	1.0900	0.9561	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0634	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979	1.0155	0.9719	0.9314	0.7892	1.0000	
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000	
22	DESIVIO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0620	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187	0.9394	0.9597	0.9510	0.8440	1.0000	
23	DESIVIO TALARÁ	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862	1.0060	0.9840	0.9643	0.9566	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9733	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0833	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.8304	1.0000	
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9958	0.9754	0.9592	0.8049	1.0000	
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.0603	0.9226	0.9778	0.8423	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497	0.9638	0.9479	0.9288	0.7750	1.0000	
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0576	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9352	1.0246	0.8853	1.0000	
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865	1.0774	1.0686	1.1077	1.0765	1.0000	
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9698	0.9650	0.9476	0.8449	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9563	0.9390	0.4681	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9625	0.9904	0.9475	0.9125	0.9058	0.7844	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000	
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9319	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000	
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000	
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0660	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000	
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000	
39	MOCCO	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000	
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9900	0.9696	0.8286	1.0000	
41	MORROPPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9424	0.9476	0.8706	1.0000	
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9794	0.9959	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0523	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000	
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996	0.9896	0.9510	0.9694	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000	
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1406	1.0573	0.9939	0.9399	0.8388	0.7955	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9853	0.9499	0.9494	0.8790	0.8946	0.8184	1.0000	
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9332	0.9554	0.9417	0.9377	0.8104	1.0000	
49	PAMPAMARCA	1.0682	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201	0.9938	0.9473	0.7723	0.7828	0.7571	0.8073	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9309	0.9448	0.8982	0.9068	0.7907	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.9788	0.8808	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267	0.9978	0.9372	0.9326	0.9460	0.9215	0.7813	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120	1.0199	0.9693	0.9893	0.9711	0.9633	0.7840	1.0000	
54	PLANCHON	1.3438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9561	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000	
55	POMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0577	1.0278	0.9851	0.9081	0.9596	0.9608	0.9436	0.8043	1.0000	
56	PONGO	1.1352	1.0878	1.0772	1.0246	0.9968	0.9762	0.9396	0.9093	0.9267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000	
57	POZO REDONDO	1.0255	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9866	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8553	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8658	0.9105	0.9502	1.0000	
59	QUIULLA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9767	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9651	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0066	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000	
64	SANTALUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAY	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SIOUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.5981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9369	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0061	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745	0.8352	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9887	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9947	1.0313	1.0007	1.0627	1.0236	0.9889	0.8481	1.0000	
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	1.0098	0.9718	1.0488	1.0730	1.0687	1.0488	1.0203	0.9727	0.9680	0.9544	0.9535	0.8176	1.0000	
76	VESIOQUE	1.0350	0.9958	1.0528	1.0910	1.0936	1.0812	1.0585	1.0182	1.0308	0.9303	0.9137	0.7587	1.0000	
77	VIRU	1.0480	1.0102	1.0629	1.0926	1.0942	1.0887	1.0686	1.0210	1.0220	0				



Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros	
	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima.	1.45%
Loreto.	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco.	0.84%
Piura.	0.87%
Puno.	0.92%
San Martín.	1.49%
Tacna.	1.50%
Tumbes.	1.58%
Ucayali	1.51%

Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima.	3.69%
Loreto.	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco.	0.36%
Piura.	3.23%
Puno.	3.21%
San Martín.	3.84%
Tacna.	2.88%
Tumbes.	2.60%
Ucayali	2.77%

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.