



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Adición de fragmentos de metal reciclado para determinar la
estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa – Huancayo
2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Guizado Pecho, Sheyla Thalia (ORCID: 0000-0002-3422-5713)

Hurtado Inga, Max Diego (ORCID: 0000-0001-7683-4421)

ASESOR:

Mg. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERU

2021

DEDICATORIA

Para mi familia, de manera particular a mi madre Carmen Pecho y mi padre Urbano Guizado quienes fueron participes de mi educación y me inculcaron los valores para ser una buena persona, por ser el motivo para cada uno de mis éxitos y por darme fuerza para nunca rendirme, y a mis hermanos por jamás dejarme sola en cada paso que doy.

Sheyla

A la divinidad, a mis padres y especialmente a mi madre Marlene Carmen por guiar mi camino he inculcarme de principios y valores. Muchos de mis logros se deben gracias a ustedes que día a día me dan fuerzas y motivación para alcanzar mis anhelos y sin ustedes no podría haber llegado a este momento tan importante en mi vida.

Max

AGRADECIMIENTO

A la Madre Tierra; por ser vida y por cuidar de mi familia, ya que sin ellos no soy nada.

A mi mamá, mi papá y hermanos por estar siempre presentes en el cumplimiento de mis metas y por apoyarme y darme motivos para lograr mis objetivos.

A mi asesor Mg. Clemente Condori Luis Jimmy, por el apoyo y la guía para realizar esta tesis.

Sheyla

A la divinidad por cuidar y brindar de buena salud a mi familia que son mi impulso y motivación.

Agradezco a mi familia y a un hermano y amigo J.A.H.T, por el asesoramiento, apoyo, consejos y motivación que me dieron para hacer realidad esta tesis.

A mis docentes y asesor por la enseñanza y la guía en el proceso de elaboración de esta tesis.

Max

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE GRAFICOS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	22
3.2. Variables y Operacionalización.....	23
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	26
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de Análisis de Datos.....	34
3.7. Aspectos Éticos.....	34
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	51

VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ensayos para estabilizar con cal.	13
Tabla 2: Ensayos para estabilizar con cemento.	14
Tabla 3: Ensayos para estabilizar suelo con emulsión.....	14
Tabla 4: Ensayos para estabilizar suelo con productos químicos.	15
Tabla 5: Clasificación de suelo según CBR.....	18
Tabla 6: Propiedades físicas del polipropileno.	20
Tabla 7: Operacionalizacion de variables.....	24
Tabla 8: Cuadro de validez de la investigación.	27
Tabla 9: Tabla de confiabilidad de Kuder Richardson.	27
Tabla 10: Resumen de métodos para proctor modificado.....	32
Tabla 11: Clasificación de suelos.	35
Tabla 12: Porcentaje de humedad.	37
Tabla 13: Limite líquido, plástico e índice de plasticidad.....	37
Tabla 14: O.C.H. y M.D.S. con adición de FMR.	39
Tabla 15: Valores de CBR con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.....	41
Tabla 16: Valores de la penetración a 1” con adición de FMR.....	42
Tabla 17: Resumen de los resultados obtenidos.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Avenida 31 de Octubre – Azapampa.....	3
Figura 2: Calicata - Avenida 31 de Octubre.....	3
Figura 3: Proceso de selección del tipo de estabilización.	16
Figura 4: Plano croquis de ubicación del proyecto	25
Figura 5: Toma de Muestras.	28
Figura 6: Lavado de muestra de suelo.	29
Figura 7: Tamizado de muestra de suelo.	29
Figura 8: Límites de Atterberg.	31
Figura 9: Proctor modificado.	31
Figura 10: Moldes de CBR sumergidos.....	33
Figura 11: Chapas antes de fragmentarlas.	33
Figura 12: Tamizado de la muestra patrón.....	36
Figura 13: Límite líquido y plástico.	38
Figura 14: Ensayo de proctor modificado con 8% de adición de FMR.	39
Figura 15: Colocación del molde con espécimen para CBR.	41
Figura 16: Estadístico de Prueba- T de Student.....	44
Figura 17: Prueba de Hipótesis	44
Figura 18: Metal reciclado (chapas).	61
Figura 19: Identificación del extendido de redes de agua y desagüe.....	61
Figura 20: Identificación del extendido de redes principales.	62
Figura 21: Recolección de datos de la calicata.	62
Figura 22: Proceso de lavado (antes).	63
Figura 23: Proceso de lavado (después).....	63
Figura 24: Proceso de tamizado.....	64
Figura 25: Material tamizado - calicata.....	64
Figura 26: Límites de consistencia	65
Figura 27: Proceso de compactado muestra patrón.....	65
Figura 28: Enrasamiento de la muestra patrón.	66
Figura 29: Batido con el 4% de FMR.....	66
Figura 30: Peso del espécimen con el 4% de FMR.....	67

Figura 31: Compactado del espécimen con el 4% de FMR.	67
Figura 32: Batido con el 6% de FMR.....	68
Figura 33: Compactado con el 6% de FMR.....	68
Figura 34: Batido con el 8% de FMR.....	69
Figura 35: Compactado con el 8% de FMR.....	69
Figura 36: Penetración del espécimen - 12 golpes	70
Figura 37: Penetración del espécimen - 25 golpes	70
Figura 38: Penetración del espécimen – 56 golpes.....	71
Figura 39: Especimen después de la penetración.....	71
Figura 40: Batido de material con 4% de FMR.....	72
Figura 41: Penetración con el 4% de FMR - 12 golpes.	72
Figura 42: Penetración con el 4% de FMR – 25 golpes.	73
Figura 43: Penetración con el 4% FMR – 56 golpes.	73
Figura 44: Especimen con el 4% FMR después de la penetración.	74
Figura 45: Batido con el 6% de FMR.....	74
Figura 46: Compactado - CBR con el 6% de FMR.....	75
Figura 47: Penetración con el 6% de FMR – 12 golpes.	75
Figura 48: Penetración con el 6% de FMR - 25 golpes.	76
Figura 49: Penetración con el 6% de FMR - 56 golpes.	76
Figura 50: Especimen penetrado con 6% de FMR.....	77
Figura 51: Batido con el 8% de FMR.....	77
Figura 52: Compactado – CBR con el 8% de FMR.	78
Figura 53: Penetración con el 8% de FMR - 12 golpes.	78
Figura 54: Penetración con el 8% de FMR - 25 golpes.	79
Figura 55: Penetración con el 8% de FMR - 56 golpes.	79
Figura 56: Especimen penetrado con 8% de FMR.....	80
Figura 57: Peso unitario de los FMR.	80
Figura 58: Peso sumergido de los FMR.	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Curva Granulométrica.....	36
Grafico 2: Relación de humedad con el número de golpes.....	38
Grafico 3: Máxima densidad seca con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.	40
Grafico 4: Optimo contenido de humedad con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.	40
Grafico 5: CBR al 95% y 100%.	42
Grafico 6: CBR a 1" de penetración	43
Grafico 7: Grafica de Contrastación de hipótesis.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de Ubicación y Localización.....	57
Anexo 2: Matriz de Consistencia de la Investigación	58
Anexo 3: Resumen de antecedentes.....	59
Anexo 4: Recolección de datos – trabajo de campo.....	61
Anexo 5: Panel fotográfico - Granulometría	63
Anexo 6: Panel fotográfico - Límites de Atterberg.....	65
Anexo 7: Panel fotográfico - Proctor modificado.....	65
Anexo 8: Panel fotográfico- CBR.....	70
Anexo 9: Peso específico de los FMR.....	80
Anexo 10: Fichas de Validación y Recopilación de datos.....	82
Anexo 10: Certificados de Laboratorio.....	85
Anexo 11: Certificado de Calibración de equipo de laboratorio.....	101

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CBR: California Bearing Ratio.

EG: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

C-01: Calicata 01

NTP: Norma Técnica Peruana.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ITINTEC: Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas.

FMR: Fragmento de Metal Reciclado.

MDS: Máxima Densidad Seca.

OCH: Optimo Contenido de Humedad.

ASTM: Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.

RESUMEN

La presente investigación surgió de la necesidad de mejorar la calidad de vida a través del desarrollo y crecimiento de la localidad, es por ello que el objetivo principal es estabilizar la subrasante del circuito vial de Azapampa utilizando la adición de fragmentos de metal reciclado, se empleó una metodología hipotético-deductivo; y el diseño de investigación fue experimental, es por ello que se buscó generar cambios en las propiedades físico-mecánicas del suelo; se realizaron distintos ensayos en el laboratorio, para ello analizamos una calicata en el circuito vial, los ensayos realizados fueron: Clasificación de suelos, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR; y se realizaron en muestra de suelo natural y muestra de suelo con adición de fragmentos de metal reciclado en un 4%, 6% y 8%.

De la calicata, obtuvimos como resultados que su clasificación es ML (limo de baja plasticidad con arena), la máxima densidad seca disminuye al adicionar los fragmentos de metal reciclado, mientras que el OCH aumenta con la adición de FMR. De los resultados; la MDS de la muestra patrón es 1.933 gr/cm^3 mientras que para un 8% de FMR es de 1.885 gr/cm^3 , ahora el OCH para la muestra patrón es de 12.1% y para el 8% de FMR fue de 14.4%. Con ello determinamos que la adición de fragmentos de metal reciclado participa de manera significativa en un suelo limoso de baja plasticidad con arena (ML). El CBR al 95% de su MDS es 3.1% y al 100% de su MDS es 4.3% para la muestra patrón, ahora con adición de 8% de FMR, el CBR al 95% de su MDS es 5.0% y al 100% de su MDS es 9.7%, concluyendo así que la muestra patrón con adición de FMR aumenta el CBR al 95% y 100%.

Palabras clave: Fragmentos de metal reciclado, subrasante, estabilización.

ABSTRACT

This research arose from the need to improve the quality of life through the development and growth of the town, which is why the main objective is to stabilize the subgrade of the Azapampa road circuit using the addition of recycled metal fragments, it was used a hypothetico – deductive methodology; and the research design was experimental, wich is why it was sought to generate changes in the physical-mechanical properties of the soil; different tests were carried out in the laboratory. For this, we analyzed two test pits in the road circuit, the tests carried out were: Soil classification, atterberg limits, proctor and CBR; and they were carried out on a natural soil simple and a soil simple with the addition oh 4%, 6% and 8% recycled metal.

From the pit, we obtained the following results: Its classification according to SUCS is a low plasticity (ML) silt, the maximum dry density decreases when the recycled metal fragments are added, while the optimum moisture content increases with the addition of these. From the results; the MDS of the standard sample is 1.933 gr/cm^3 , while for 8% of FMR it is 1.885 gr/cm^3 ,now the OCH for standard sample was 12.1% and for 8% of FMR it was 14.4%. With this, we determined that the addition of recycled metal fragments participates significantly in a silty soil with low plasticity (ML). The CBR at 100% of this MDS is 4.3% and at 95% of its MDS it is 3.1% for a standard sample and for a sample with addition of 8% of FMR, the CBR at 100% of its MDS is 5.4% and at 95% of its MDS is 1.9%, thus concluding that the standard sample with the addition of FMR increases the CBR to 100% and 95%.

Keywords: Recycled metal fragment, subgrade, stabilization.

I. INTRODUCCIÓN

Huancayo, es la provincia con mayor desarrollo y crecimiento a nivel de Junín y tiene distritos que albergan una población que va en aumento, en estos últimos años el distrito que ha crecido de manera más descontrolada es el distrito de Chilca, creciendo con ello su parque automotor, el problema de este crecimiento desmedido es que aún no cuenta con calles pavimentadas en su totalidad y que su tipo de suelo está constituido por suelos cohesivos, especialmente en el sector de Azapampa. Este no solo es un problema para los automóviles, sino también para los peatones que residen a los alrededores, ya que el principal problema son las lluvias que generan lodo (barro), charcos de agua en sus calles principales, que son originados por erosión hídrica, el cual genera dificultad para la transitabilidad peatonal y vehículos denotándose demasiado polvo en temporada de sequía; y lodo(barro) en temporadas de lluvia, como podemos apreciar en la figura 1, que a su vez son medios propicios para la generación de enfermedades.

El reciclaje es el mecanismo propuesto para el desempeño y ejecución del proyecto a desarrollar, esta metodología se aplicó para estabilizar o mejorar los componentes de un suelo gracias a la incorporación de material de cantera, el cual debe cumplir con una gradación requerida; entonces ya que hablamos de reciclaje, incluyamos a las losas retiradas de pavimentos rígidos que en unión con los agregados naturales permiten producir concreto de resistencias normales, y también ayuda a mantener un equilibrio con el medio ambiente, punto que es importante en el presente trabajo. (Huisa, 2015 pág. VII)

Al realizar excavaciones de calicatas para evaluarlo tal como se observa en la figura 2, se observó suelos arcillosos cohesivos, por lo tanto, presentó una capacidad portante valuada con el CBR menor a 6% al 95% del CBR y es por esta razón que los vehículos que transitan en temporadas de lluvias ocasionan huellas profundas, congestionamiento vehicular que dificultan el normal tránsito.

Dando a conocer y con lo expuesto líneas arriba se aplicó un manejo con un costo relativamente económico y se obtuvo el mejoramiento con respecto a la capacidad portante del suelo aplicando la adición de metal reciclado (chapas de metal) en una dosificación ascendente.

Para poder mitigar con esta problemática se desarrolló la presente tesis que trata de la “adición de fragmentos de metal reciclado para determinar la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa – Huancayo, 2021”, con el presente estudio se buscó dar una solución con la reutilización del metal reciclado (Chapas de Metal) para estabilizar la subrasante de suelos con CBR menor al 6%, abordamos con ello la problemática principal ¿Como la adición de fragmentos de metal reciclado determinaría la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa – Huancayo, 2021?, y es que para el uso de la adición de fragmentos de metal reciclado en un tipo de suelo de cohesión alta, se empleó una nueva metodología como alternativa de solución para el mejoramiento y estabilización de la capa que se encuentra a nivel de subrasante, el cual generó variaciones en las características físico-mecánicas del suelo, que no cumplían con los parámetros estipulados por el “*ministerio de transportes y comunicaciones (MTC)*”, este es un procedimiento nuevo para la estabilización de subrasante, es una fuente más de información para datos futuros en las distintas investigaciones y aplicaciones como parte del desarrollo de la ingeniería de transportes.

Se demostró con la presente investigación como se mejoró la estabilidad de la subrasante del circuito vial de Azapampa, con la incorporación de fragmentos de metal reciclado (Chapas de Metal), así como examinar cuanto mejoro el CBR cuando la penetración es de 1.00 in (2.54 cm) en la subrasante del circuito vial de Azapampa, y también se estudió la consecuencia de la adición de metal reciclado en la Densidad Seca Máxima y Optimo Contenido de Humedad en la Subrasante del circuito vial de Azapampa; para ello se realizó diferentes pruebas como: Granulometría, para hallarla cantidad de gravas, arenas y finos que contiene la muestra a estudiar (calicata), seguido a ello se realizó el ensayo de Proctor Modificado (NTP 339.141) y CBR (NTP 339.145) la cual nos permitió realizar la comparación entre un suelo en su estado original y uno con adición de fragmentos de metal reciclado; en los suelos cohesivos del circuito vial del sector de Azapampa del Distrito de Chilca.



Figura 1: Avenida 31 de Octubre – Azapampa



Figura 2: Calicata - Avenida 31 de Octubre.

Formulación del Problema

Problema General

¿Cómo la adición de fragmentos de metal reciclado determinaría la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa – Huancayo, 2021?

Problema Especifico

- ¿Cuál será el nivel de intervención de la adición de fragmentos de metal reciclado en la subrasante en el CBR cuando la penetración es de 1.00 in (2.54 cm) en el circuito vial Azapampa?
- ¿Cuál será el efecto de la adición de fragmentos de metal reciclado en la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad para estabilizar la subrasante del circuito vial Azapampa?

Objetivos

Objetivo General

Determinar la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa utilizando la adición de fragmentos de metal reciclado.

Objetivo Especifico

- Analizar como interviene la adición de fragmentos de metal reciclado en el CBR cuando la penetración es de 1.00 in (2.54 cm) en la subrasante del circuito vial Azapampa.
- Evaluar el efecto de la adición de fragmentos de metal reciclado para su compactación en su Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad para estabilizar la subrasante del circuito vial Azapampa.

Hipótesis

Hipótesis General

La adición de fragmentos de metal reciclado determinará la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa.

Hipótesis Especifica

- La adición de fragmentos de metal reciclado interviene significativamente en la presión de la penetración a la subrasante del circuito vial Azapampa.

- Con la adición fragmentos de metal reciclado se obtendrá algún efecto en la compactación en su Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad de la subrasante en el circuito vial Azapampa.

Justificación del Estudio

Justificación Metodológica

La adición de fragmentos de metal reciclado en un tipo de suelo de cohesión alta, es una nueva metodología como alternativa de solución para el mejoramiento y estabilización de la capa que se encuentra a nivel de subrasante, que genere variación en las características físico-mecánicas, que no cumplen con los límites estipulados por el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), este nuevo método para el mejoramiento es una fuente de información para datos futuros en las distintas investigaciones y aplicaciones como parte del desarrollo en la ingeniería de transportes.

Por todo lo expuesto líneas arriba esta tesis tiene como metodología científica para llegar a obtener resultados y ver los cambios físicos-mecánicos del suelo.

Justificación Práctica

El estudio demostró el mejoramiento de las propiedades de la subrasante con la adición de fragmentos de metal reciclado, precedido se realizó los diferentes ensayos como: granulometría del suelo, para obtener la variación de las gravas, arenas y finos que contenía la muestra (calicata), luego se desarrollaron las pruebas de proctor modificado (NTP 339.141) y C.B.R. (NTP 339.145) que permite distinguir entre la resistencia (CBR) de un suelo natural y uno estabilizado con la adición de fragmentos de metal reciclado, y de esta forma se hizo la evaluación del comportamiento de la subrasante con la adición de fragmentos de metal reciclado para mejorar la estabilidad del circuito vial Azapampa.

Justificación Social

La presente investigación se realizó para el beneficio de los habitantes en zonas cercanas al proyecto mencionado en el título, además ya que, está ubicado cerca a centros educativos, mercados y cementerios como: colegios: "Túpac Amaru",

“Rosa de los Ángeles”, “Fe y Alegría”, “Altas Cumbres”, “Alfonso Ugarte”, mercado: “Mercadillo Azapampa”, cementerios: “Cementerio de Azapampa” y “Cementerio de Huari”.

Delimitaciones de la Investigación

Espacial

El proyecto se desarrolló en la Avenida 31 de octubre del circuito vial Azapampa, Huancayo, 2021, tal como se visualiza en la figura 01 paginas arriba.

Temporal

La presente investigación se realizó el presente año 2021, y tuvo una duración de 04 meses (marzo, abril, mayo, junio)

Temática

La investigación se encuentra focalizada en el campo de la Ingeniería Civil y en el área de Diseño de Infraestructura Vial. Se aplicó las teorías de Mejoramiento de Suelos.

Limitaciones de la Investigación

Para la consolidación de la investigación se contó con el material y el financiamiento por parte de los autores.

El proyecto no tuvo ningún tipo de limitación ya que el tiempo de realización del proyecto es de mediano plazo por la magnitud del mismo, la bibliografía usada está al alcance, por el motivo que existe información en textos, trabajos de investigación y medios electrónicos de información.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Antecedentes Internacionales

El trabajo de investigación presentado por (Parra, 2018 págs. 9-73), titulada “*estabilización de un suelo con ceniza volante y cal*”, presentado en la Universidad Católica de Colombia, surgió del problema que tienen muchos ingenieros al tratar la calidad de suelo, dado que la mayoría de veces no presentan las características necesarias para trabajar con normalidad, es por ello que el objetivo fue estabilizar un suelo altamente arcilloso, mezclando y compactando el material granular con cal y con ceniza volante en distintos porcentajes para brindar mejoría en las cualidades mecánicas del suelo evaluado. La investigación en mención surgió de la necesidad de analizar e identificar materiales que mejoren el comportamiento del suelo arcilloso con alta plasticidad mediante la estabilización química con cal y ceniza volante con dosificaciones del 2%, 4%, 6% y 8%; es por ello que esta investigación está centrada evaluar el comportamiento del material tras la aplicación de cargas. De los ensayos efectuados para dar veracidad a la investigación se consiguió como respuesta que la resistencia del suelo altamente arcilloso con adición de cal viva sea cual sea su dosificación mejorara de manera eficiente la estabilización de un suelo; así como también la cal en un 8% de dosificación aumentó la resistencia a la tracción del suelo, generando con ello la estabilización química de los suelos. Mientras que la ceniza volante no mostro el resultado esperado en los ensayos, puesto que no tuvo un buen comportamiento a la compresión. Por último, con un 4% de cal viva se puede tener un buen comportamiento en esfuerzo máximo, con un 6% un buen comportamiento a la rigidez y un 8% de cal viva presenta un buen comportamiento a la deformación.

Este trabajo de investigación presentado por (Gradise, 2016 págs. 9-76), quien investigó la “*estabilización expansiva de suelos mediante melaza de caña de azúcar*”, de la Universidad Addis Ababa – Instituto de Tecnología Addis Ababa; para obtener la maestría en ciencias (ingeniería geotécnica), cuyo objetivo era utilizar melaza para evaluar la estabilización expansiva del suelo, pudiendo así reducir el

esponjamiento del suelo, para después de estabilizarlo y mejorar su resistencia a la compactación. Se realizó la clasificación, límites de Atterberg, proctor, CBR; con la finalidad de conseguir que exista la probabilidad de que la melaza estabilice un suelo siempre que se evite la intrusión de agua, para mejorar la subrasante inadecuada. Se está utilizando la melaza puesto que los estabilizadores químicos generarían altos costos; también se puede resaltar que sus propiedades de trabajabilidad y uniformidad para compactación del suelo durante la compactación mejoraran. La metodología de investigación aplicada es empírica-teórica; utilizaron métodos de muestro y análisis, se obtuvo que las cualidades del tipo de suelo arcilloso-expansivo no es adecuado para material de relleno en subrasante; la incorporación de melaza varia el pH del suelo modificándolo de manera persuasiva de alcalino a acido. Los suelos trabajados con melaza demostraron que el 8% de su peso seco es el óptimo contenido de humedad para estabilizarlo. El suelo con melaza presento una mejoría persuasivamente pequeña en la trabajabilidad y resistencia del suelo.

El trabajo monográfico investigado por (Altamirano, y otros, 2015 págs. 9-93) de la universidad nacional autónoma de Nicaragua, cuya investigación trata sobre *“suelos cohesivos estabilizados con cal en las vías de la comunidad de San Isidro de Pegón, Potosí, Rivas”*, la cual presentaron para alcanzar el título de ingeniero civil; tuvieron como finalidad, efectuar la estabilización del suelo arcilloso presentes en el área en estudio con una mezcla de cal, esta comunidad se encuentra ubicada en el departamento de Rivas, luego de caracterizar el suelo las arcillas se estabilizaron con cal mediante la determinación de sus propiedades físico-mecánicas a través de pruebas de laboratorio e indagaciones en campo, se basaron en las normas ASTM y ASSHTO. Estas vías presentan varios tramos con conductas plásticas, además de tener zonas con pocas vías, lo cual perjudica el acceso para exportar productos, ya que en épocas de lluvia es el verdadero reto. La metodología empelada fue recopilación, indagación, evaluación de información, el muestreo y análisis de laboratorio. De todo esto se logró obtener que el tipo de suelo era de una capacidad de carga mínima, elevada plasticidad y gran expansión; pero con diferentes dosificaciones de cal se obtiene una mejora optima en sus

características mecánicas y físicas, aumenta la resistencia del suelo y que el porcentaje de cal más óptimo para lograr todo lo mencionado es con un 9%.

La investigación presentada por (Mohammed, 2015 págs. 3-62), de la universidad de infraestructura de Kuala Lumpur, presentó en su tesis el *“uso de ceniza de arroz y cemento para estabilizar el suelo”*, para obtener una licenciatura en ingeniería civil, en Malasia, donde señaló como objetivo determinar con el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima, del suelo con aditivo como: La ceniza de cascara de arroz, este componente es un agente aglutinante junto con el cemento; ambos se agregaran al suelo, el cemento en un 6% y la ceniza en 5%, 10% y 15%. Los resultados alcanzados colaborarán con obras futuras en la determinación del porcentaje correcto de aditivo a añadir cuando se encuentre un tipo de suelo similar al de la investigación. Se obtuvo como resultado que el suelo era un CH (suelo arcilloso de alta plasticidad); para el suelo natural su contenido óptimo de humedad fue 22.40% y la densidad seca máxima alcanzada fue 6780 kg/m³ y la resistencia al corte fue de 28.43 KN/m², para las muestras con aditivo más acertado fue al 10% de ceniza y cemento el OCH fue de 15.1% y la MDS de 8300 kg/m³, y la resistencia al corte de 43.61 KN/m²; para una dosificación de 15% de ceniza de arroz y cemento se obtuvo que el contenido óptimo de humedad fue 17.7%, la densidad seca máxima de 5600 kg/cm³ mientras que la resistencia al corte fue de falla temprana; entonces podemos determinar que a menor contenido de humedad se obtiene mayor máxima densidad seca y resistencia al corte, pero un 15% de ceniza de arroz y cemento no es óptimo para obtener buena resistencia.

El investigador (Cancinos, 2013), presentó su tesis de investigación para obtener la Maestría en Ingeniería Vial con el título *“Reciclado en frio in situ en la rehabilitación de pavimentos flexibles con asfalto espumado y recomendación de especificaciones técnicas de construcción para Guatemala”*; en la universidad de Guatemala; esta investigación presentó como fin explicar cómo rehabilitar pavimentos flexibles con el uso del reciclado en frio in situ con la adición de asfalto espumado y con ello diseñar propuestas de especificaciones técnicas de construcción; se aplicó metodología descriptiva, se analizó conceptos relacionados a la teoría; el ensayo que más importancia tiene para determinar la resistencia

estructural del asfalto espumado es el de atracción indirecta. Este ensayo se realiza en estado seco y saturada a una tasa de 50.8 mm/min de deformación de manera constante. En consecuencia, para obtener el espesor de la capa asfáltica y subyacentes se tiene que identificar las cualidades físicas y mecánicas de los materiales a partir de muestras de testigo y calicatas. El diseño de mezcla tiene como objetivo optimizar y obtener máximas resistencias para obtener una calidad y durabilidad en obra conforme al diseño.

La tesis titulada “estabilización de suelos orgánicos con cenizas volantes”, investigado por (Onur, 2005) fue presentada para conseguir la maestría en ciencias (ingeniería civil y ambiental) en la Universidad de Wisconsin – Madison (2005), donde investiga por que los suelos orgánicos húmedos tienden a ser muy débiles, generando un verdadero problema en la estabilización del suelo para construir caminos y/o carreteras. Por eso se propuso el objetivo de determinar cuánto mejorará si los suelos orgánicos logran estabilizarse con la adición de cenizas volantes, para determinar qué características de los suelos cambiaran y en qué porcentaje de la adición de cenizas volantes. Luego de estudios realizados en laboratorios se dedujo que la resistencia de suelos orgánicos blandos se puede incrementar mezclando con cenizas volantes; pero el porcentaje de incremento de dicho aditivo depende mucho de la calidad del suelo que evaluamos y también se pudo determinar que la reacción de las cenizas con el suelo disminuye a medida que reduzca el contenido de agua, así es como cuando se concluye que a más contenido de cenizas volante el porcentaje de agua disminuye y con ello reduce la resistencia a la compresión.

Antecedentes Nacionales

El autor (Vasquez, 2018), de la universidad San Pedro, presentó la tesis de como *“estabilizar el suelo de la Vía Cascajal para obtener una capacidad de soporte con adición de carbón y cal a nivel de subrasante”* para optar por el título de ingeniero civil; el objetivo es evaluar el uso de la cal en un 4% y 7% como estabilizador de suelos con presencia de arcilla en la región Amazónica del Perú. En el Perú la estabilización de suelos está centrado en la selva amazónica por contar con una gran variedad de suelos arcillosos y con alta humedad. Utilizaron el método

experimental; se evaluarán mediante ensayos para obtener resultados y analizarlos. Se llega a un resultado favorable de acuerdo es decir que al adicionarse un 4% de cal y un 7% de carbón al suelo de la vía en estudio esta mejora su resistencia en comparación al suelo sin adición, además que se encontraron propiedades de adhesión y cohesión en la cal, teniendo en consideración esto podemos decir que es un material cementante.

El tesista (López, y otros, 2018), presentó como realizar la *“estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay”*, para alcanzar el grado de ingeniero civil en la universidad tecnológica de los andes, se buscó demostrar cuanto influye la cal en los suelos de alta plasticidad, para mejorar su comportamiento mecánico; este estudio e indagación surgió de la necesidad de solucionar el deterioro y las malas condiciones de las vías en la ciudad de Abancay, estas vías se encuentran aún a nivel de subrasante, con esta investigación se tuvo como objetivo el estabilizar el suelo existente en la urbanización de San Luis, con la incorporación de porcentajes de cal; concluyendo de esta manera que con un 8% de cal se elevó el porcentaje de CBR en el suelo arcilloso aumentando también el PH del suelo; ya que se rompen las partículas de las arcillas y se forman con ello suelos cementantes que mejoran su resistencia; mejorando de manera significativa la textura y estructura del suelo.

La tesis de *“estabilización de la subrasante con polímero acrílico del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional”* presentada por los Bach. (Calle, y otros, 2018), quienes con esta investigación optaron por el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Nacional de San Agustín en el 2018 en Arequipa; este trabajo de investigación tuvo como fin el demostrar cuanto mejora el comportamiento del suelo con la audición de polímero acrílico para utilizarlo como subrasante; dicho mejoramiento se vio reflejado en el CBR que se realizó ya que aumento su máxima densidad seca; generando con esto la elevación de la resistencia del suelo. Con esta tesis de investigación se demostró en conclusión que la subrasante mejorada gracias a la incorporación de polímero acrílico se puede usar como base o subrasante.

En su trabajo de investigación de *“mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio-2016”* presentado en la universidad peruana los andes por (Surichaqui, 2016), expone el siguiente problema ¿Cuál es la influencia del óxido de calcio para estabilizar y mejorar en la subrasante las propiedades físico mecánicas en la red vial de la región Junín?, por consiguiente se concluyó que la influencia del óxido de calcio en la estabilización química de la subrasante del suelo es positiva ya que obtuvieron que con la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo este reduce el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, aumentando de manera significativa el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R. de 15.64% posterior a su estabilización, además se demostró una ventaja económica de la estabilización química con óxido de calcio frente a otras estabilizaciones, reduciendo costos en un 44.41%.

El investigador (Cusquiiban, 2014 pág. 13), de la universidad nacional de Cajamarca presentó el proyecto de investigación *“Mejoramiento de suelos arcillosos con el uso de caucho de neumáticos para fines constructivos de pavimento”*; para optar por el título profesional de ingeniero civil; tuvo como objetivo mejorar con la ayuda del reciclaje de caucho de neumático los suelos arcillosos para determinar el comportamiento del suelo, el tipo de la investigación es aplicada-experimental; basándose en las normas de la ASTM y AASHTO, se realizaron los ensayos respectivos en la carretera Porongo y Chachapoyas en un tramo de 3.519 km, con un calicata de 1.50 m de profundidad se obtuvo un suelo según SUCS: OH y OL y según AASHTO A-7-5; este es un suelo de mediana y baja plasticidad; presenta el CBR de 7.10%, considerando no recomendable para ser usado como subrasante o base, pero cuando se le incorpora el caucho de neumático reciclado en un 40% el CBR incrementa en un 30.40% y así a más incorporación de caucho de neumático el CBR aumenta y con ello se puede considerar el CBR como un material bueno o apto para estabilizar sub rasante.

2.2. Teorías relacionadas al tema

Estabilización de Suelos

(MTC, 2014 pág. 107) Es el mejoramiento las cualidades físicas y mecánicas del suelo, obtenido a través de procedimientos mecánicos y la incorporación de distintos compuestos. Cuando hablamos de estabilizar debemos enfocarnos en la subrasante de un suelo y esta debe ser inadecuada o pobre, para lograr estabilizar podemos utilizar cal, cemento, asfalto, etc. En el manual en mención existen diversos métodos para estabilizar, ya sea mejorando por combinación o sustitución de suelos, con cal según se muestra en la tabla 1, cemento como se especifica en la tabla 2, emulsión asfáltica descritos en la tabla 3, estabilización química del suelo detallados en la tabla 4, Debemos tener presente que estabilizamos un suelo para dotarle de resistencia mecánica y para que el suelo estabilizado tenga más años de vida.

Tabla 1: *Ensayos para estabilizar con cal.*

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Lugar de muestreo
Suelo estabilizado con cal	Granulometría	MTC E 107	Carretera
	Índice plástico	MTC E 111	Carretera
	Relación Densidad-Humedad	MTC E 115	Carretera
	CBR	MTC E 132	Carretera
	Compactación	MTC E 117	Carretera
		MTC E 124	
	Abrasión	MTC E 207	Cantera
	Materia orgánica	AASHTO T 194	Cantera
Durabilidad (2)	MTC E 209	Cantera	

Fuente: (MTC, 2013 pág. 128)

Tabla 2: Ensayos para estabilizar con cemento.

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Lugar de muestreo
Suelo estabilizado con cemento portland	Granulometría	MTC E 107	Pista
	Índice Plástico	MTC E 111	Pista
	Relación humedad – densidad	MTC E 1102	Pista
	Compresión simple	MTC E 1101	Pista
		MTC E 1103	
	Compactación	MTC E 117	Pista
		MTC E 124	
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	Cantera
	Sulfatos	NTP 339.178	Cantera
	PH	NTP 339.073	Fuente de agua
Sulfatos	NTP 339.074	Fuente de agua	
Materia Orgánica	NTP 339.072	Fuente de agua	

Fuente: (MTC, 2013 pág. 122)

Tabla 3: Ensayos para estabilizar suelo con emulsión.

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Lugar de muestreo
Suelo	Granulometría	MTC E 204	Pista
	Plasticidad	MTC E 110	Pista
	Sulfatos	NTP 339.178	Pista
	Materia orgánica	AASHTO T 194	Pista
	Abrasión	MTC E 207	Pista
	Durabilidad (2)	MTC E 209	Pista
Suelo estabilizado con emulsión	Contenido residuo de sulfato	MTC E 502	Pista
	Granulometría	MTC E 204	Pista
	Marshall	MTC E 504	Pista
	Densidad de campo	MTC E 506	Pista
		MTC E 508	
MTC E 5010			
Espesor	MTC E 507	Pista	
Emulsión	Según 301.E.03		Tanque/bidón

Fuente: (MTC, 2013 pág. 160)

Tabla 4: Ensayos para estabilizar suelo con productos químicos.

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Lugar de muestreo
Suelo estabilizado con productos químicos	Granulometría	MTC E 107	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	Pista
	Relación densidad-humedad	MTC E 115	Pista
	CBR	MTC E 132	Pista
	Compactación	MTC E 117	Pista
		MTC E 124	
	Abrasión	MTC E 207	Cantera
Durabilidad	MTC E 209	Cantera	

Fuente: (MTC, 2013 pág. 135)

Criterios para Estabilizar Suelos:

El (MTC, 2014 págs. 107-128) resalta que para que una subrasante sea considerada apta su CBR debe ser mayor a 6%, en caso de ser menor a ese porcentaje entonces se trata de un CBR pobre o inadecuado y ello sería un material apto para estabilizarlo, mejorarlo o sustituirlo. Existen varias maneras de estabilización ya sea con productos químicos, por sustitución de material, utilizando aditivos o geosintéticos.

Otra consideración a tener en cuenta es que el nivel de napa freática debería estar por debajo de la superficie de la subrasante; es decir entre los 0.60 y 0.80 si es una subrasante muy buena debajo o aceptable y si es una subrasante pobre o inadecuada de 1.00 a 1.20 m.

Los suelos más predominantes para estabilizar son: Los que contengan arcillas y limos; es por ello que para seleccionar que tipo de estabilización se utilizará se deberá tener en cuenta ciertos criterios, como: Tipo de suelo a estabilizar y el tipo de aditivo.

El diagrama de a continuación determina como lograr la estabilización, tal como se observa en la figura 3.



Figura 3: Proceso de selección del tipo de estabilización.
Fuente: (MTC, 2014 pág. 109)

Métodos o Tipos de Estabilización de Suelos

Estabilización mecánica de suelos

Con la mejora mecánica mejora el material del suelo existente, es decir sin cambiar su composición básica. Para lograr la estabilización del suelo se realiza la compactación, este reduce la magnitud de vacíos existentes en el suelo, así como lo especifica el “*manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos del (MTC, 2014 pág. 107).*”

Estabilización por combinación de suelos

Es la mezcla o combinación de suelos con material de préstamo. El procedimiento para esto es disgregar el suelo existente colocando el material de préstamo a unos quince centímetros (15 cm) de profundidad, humedecemos el material combinándolo hasta lograr la humedad apropiada para compactar; estas deben cumplir las exigencias de la “*sección 207 de las especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras*”. (MTC, 2014 pág. 113).

Estabilización por sustitución de los Suelos

Para mejorar la subrasante se pueden dar dos situaciones, construir sobre el suelo natural existente o reemplazar el material de aporte. El primer caso mencionado es la combinación de suelos el cual una vez preparado se colocará material en espesores que garanticen una buena subrasante, estos materiales se humedecerán para obtener la humedad apropiada para compactar. El segundo caso implica remover totalmente el suelo existente de acuerdo al espesor que deseamos en el afirmado para luego colocar y compactar en capas los materiales, hasta alcanzar lo exigido en las especificaciones técnicas. (MTC, 2014 pág. 113)

Estabilización Química

Referida a la utilización de ciertos compuestos químicos y cuyo uso involucra el cambio de iones metálicos y cambios en la composición del suelo involucrado, (MTC, 2014 pág. 116), este tipo de estabilización se realiza con sustancias como: Cal, cemento portland, productos asfálticos, escorias de fundición.

Valor Soporte California (CBR)

Este ensayo mide la resistencia del suelo a una penetración ocasionada por un pistón, la fuerza para que este pistón penetre al suelo es medido en intervalos de penetración, la muestra de suelo debe tener 6 plg de diámetro, 5 plg de altura y una velocidad de penetración de 1.27 mm/min.

Se calcula como se observa en la fórmula descrita por Coronado Iturbine Jorge (2002), en el Manual Centroamericano para diseño de pavimentos.

$$CB = \frac{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5 mm en un suelo}}{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5 mm en la muestra patron}}$$

El CBR nos da una relación que indica un porcentaje que puede ser variable, es decir en suelos arcillosos de 2% a 4% hasta un 70% ms en suelos granulares. El CBR presenta la siguiente clasificación en suelos según el CBR como se muestra en la tabla 5. (Coronado, 2002 pág. 4)

Tabla 5: Clasificación de suelo según CBR.

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ :Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3%
	A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6%
	A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10%
	A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20%
	A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (MTC, 2014 pág. 40)

Grado de Compactación

Se realiza si el espesor de base es mayor de 20 cm, se tuvo que hacer la compactación por capas. Además, para conseguir una buena adhesión y evitar que se deslice se tuvo que humedecer la superficie entre capas.

Las características a mejorar, con la compactación son: Resistencia, y el esfuerzo-deformación, buscar ser más permeable, ser más flexible y tener resistencia a la erosión. (Gomez, 2002 pág. 476)

Fragmentos de metal

Componentes

Acero con bajo recubrimiento de estaño

Es la materia prima más escasa y más cara en el rubro de la industria, el bajo recubrimiento que se utiliza para elaborar envases embutidos, chapas, etc. es debido a que se intenta reducir costos; tiene una buena resistencia a la corrosión y adherencia al barnizado. Está compuesto por: Acero de base laminado, ligera capa de estaño libre inferior a 2 gr/m², aportación de cromo y oxido de cromo, pasivación. Se tiene distintos tipos de acero de bajo recubrimiento, los más resaltantes son:

- Tipo LTS. El tratamiento de niquelado (es decir su recubrimiento con níquel estabilizado en horno) aumenta la resistencia a la corrosión.

- Tipo Hi-Pac: Se forma a 600°C, consigue con ello gran densidad, gracias a que el estaño se conserva libre este tiene mejor soldabilidad. (Fuente: (Mundo de latas)).

El estaño presenta flexibilidad, resistencia a la corrosión, tiene fluidez para fundirse, este mineral se obtiene de depósitos aluviales de baja calidad, es un material maleable, tiene alta plasticidad, se presenta en colores gris y blanco (Fuente: (LENNTECH, 2001)).

- **Propiedades:**

- . Minerales de los que se obtiene: Casiterita.
- . Densidad: 7.30 g/cm³
- . Punto de fusión: 231.93 °C
- . Dureza: (escala de Mohs) 1.5
- . Resistencia a la tracción: 5 kg/mm²
- . Punto de ebullición: 2270

- **Usos:**

Se utiliza para disminuir la fragilidad del vidrio; para soldar; como revestimiento del cobre, hierro, etc.; para mantener latas de conserva, para mantener productos envasados (cerveza, gaseosas, etc.)

Polipropileno

Este es un material termoplástico derivado de los polímeros y pertenece al grupo de poliolefinas; se produce con la polimerización del mismo. Este material presenta resistencia a solventes químicos y ácidos, así como una gran rigidez, resistencia a la abrasión, dureza, mínima resiliencia y baja oxidación, buenas propiedades físicas, eléctricas, mecánicas y químicas, tal como se describe en la tabla 6. (Elaplas, 2020)

Tabla 6: *Propiedades físicas del polipropileno.*

PROPIEDADES	MÉTODO DE ENSAYO ISO / (IEC)	UNIDADES	VALORES
Color	-	-	Marrón claro
Densidad	DIN 53 479	g/cm ³	0.91
PROPIEDADES TERMICAS			
Temperatura de fusión	DIN 53 736	°C	165
Conductividad térmica a (23°C)	-	W/ (k-m)	0.22
Temperatura de transición vítrea	-	10 ⁵ . (1K)	-18
Capacidad calórica específica (23° C)	-	5 (g.k)	1.7
Temperatura máxima de servicio:	-	-	-
- En periodos cortos	-	°C	130
- En periodos largos	-	°C	100
Coefficiente de dilatación lineal (23°C)	-	10 ⁵ , 1k	11
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C			
Ensayo de tracción	-	-	-
- Esfuerzo en el punto de fluencia	DIN 53 455	Mpa	35
- Elongación a la rotura	DIN 53 455	%	650
- Módulo de elasticidad	DIN 53 457	-	1
- Resistencia al impacto	DIN 53 457	Kj/m ²	No rompe
- Coeficiente dinámico de fricción	-	N/mm ²	0.3
- Dureza a la bola (30 s)	DIN 53 457	Mpa	80
PROPIEDADES ELECTRICAS A 23° C			
Resistencia dieléctrica	60243	Ohm	>10 ¹³
Factor de disipación	DIN 53 483	-	0.0002
Resistencia específica de paso	DIN 53 483	-	>10 ⁷
Resistencia superficial	DIN 53 482	Ohm.cm	100
Coefficiente dieléctrico	60250	-	2.25

Fuente: sitio web (*Elaplas, 2020*)

Definición de Términos Básicos

•Control del Suelo

Se determinará mediante ensayos, para especificar la clasificación del suelo y su resistencia.

•Subrasante

Es el sostén natural o área terminada de la carretera a grado de desplazamiento de tierras. La subrasante es el terreno natural que tolerará la estructura del pavimento, tiene que tener características aceptables, estables y estado óptimo para que así su capacidad de soporte más la carga del tránsito y los materiales de construcción sean aceptables a nivel de diseño de pavimento. La subrasante debe estar

compactada al 95% de su densidad seca máxima, el valor para una subrasante adecuada debe tener un CBR $\geq 6\%$, si este valor es menor entonces esta necesita ser estabilizada. (MTC, 2014 pág. 23)

- **Estabilización de Suelo**

Es el perfeccionamiento de las cualidades físicas de un suelo a través de procesos mecánicos y adición de sustancias químicas, naturales o industriales, estas se desarrollan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre. (MTC, 2014 pág. 107)

- **Compactación de Suelos**

Proceso que tiene por objetivo adquirir mejores características en el suelo, para que así el suelo presente duración y resistencia. (Gomez, 2002 pág. 476)

- **Humedad y densidad**

La subrasante de un suelo se compacta a una densidad y humedad específica, esto permitirá obtener valores establecidos de resistencia, una correcta humedad influye demasiado en la resistencia y comportamiento de la subrasante , pero tanto la humedad como la densidad de un suelo son variables dependiendo condiciones como lugar, hora, tipo de suelo, etc. (Alvarez Pabón, 2006 pág. 69)

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación:

Para (Oseda Gago, y otros, 2015 pág. 153) En el cual se caracteriza por buscar utilización idónea de los conocimientos e información adquirida. La investigación aplicada se encuentra relacionado con la indagación básica. En este tipo de investigación lo esencial, son las consecuencias prácticas.

Mientras que (Borja, 2016 pág. 10) menciona que este tipo de investigación tiene como finalidad buscar, conocer, modificar con la aplicación de conocimientos ya descubiertos sobre una realidad problemática para dar una solución.

En este caso, la investigación es de tipo aplicada por que en su desarrollo se aplicó conceptos vinculados al mejoramiento de suelos.

Diseño de Investigación

Para el autor (Hernandez Sampieri, y otros, 1991 pág. 74) un estudio explicativo explica el por qué sucede un fenómeno y que suscita cada una de ellas, este tipo de estudio formula y responde preguntas acerca del por qué sucede un suceso.

Este proyecto de investigación tiene características de un diseño experimental, porque está dirigido a responder en qué estado ocurre un suceso y que produce a este. Tal como se muestra en el diseño utilizadas para investigaciones experimentales, utilizada para diseños de investigación experimental.

Gc (a): $Y1 \rightarrow X \rightarrow Y2$

Ge (a): $Y3 \rightarrow X' \rightarrow Y4$

Donde:

Gc: sin condición de A.E.

Gc: Con condición de A.E.

Enfoque de la investigación

(Ñaupas, y otros, 2013 pág. 140), el enfoque cuantitativo se basa principalmente en la medición de variables e instrumentos, este recolecta y analiza datos para comprobar una hipótesis.

Basándonos en la afirmación sustentada, se establece que el enfoque es cuantitativo.

Descripción del Ámbito de la Investigación

El presente proyecto denominado mejoramiento mediante la adición de fragmentos de metal (chapitas de botella) para la subrasante en el circuito vial Azapampa-Huancayo, 2021, en el cual se tiene por finalidad mejorar la resistencia del suelo, ya que es de soporte bajo y mediante la investigación se desea llegar a resultados favorables para mejorar circuitos viales, vías no pavimentadas y la población.

Método

El autor (Bernal, 2010 pág. 60), refiere que el método hipotético deductivo es buscar falsedad a una hipótesis probablemente cierta, hipótesis que a través de una serie de procesos se deberán comprobar para dar un resultado. Es decir, se busca dar una probable solución a un probable problema.

Por lo expuesto líneas arriba el método adecuado a este aporte científico es el hipotético-deductivo.

Nivel de Investigación

Según (Sabino, 1992 pág. 35) este nivel de investigación tiene por objetivo conocer el porqué de cada hecho para analizar las condiciones que las producen, profundiza el conocimiento para determinar el origen de un conjunto de fenómenos.

Según (Bernal, 2010 pág. 114), la investigación correlacional examina la muestra y la relación entre variables y determina como un factor influye en otro.

Por lo expuesto, el nivel de esta investigación es correlacional-explicativo; por que relaciona variables para analizar las condiciones que las producen.

3.2. Variables y Operacionalización.

3.2.1. Variable Independiente (Cuantitativa)

- Fragmentos de metal reciclados

3.2.2. Variable Dependiente (Cuantitativa)

- Estabilización de la subrasante

Operacionalización de Variables

Tabla 7: Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Estabilización de la subrasante.	Es la mejora de las cualidades físicas de un suelo mediante procesos mecánicos y adición de compuestos químicos, naturales o industriales. (MTC, 2014 pág. 107)	La subrasante se ha dividido en Grado de compactación, CBR, todas esas dimensiones se dividieron en dos indicadores.	D1: Clasificación D2: CBR D3: Grado de Compactación	I1: Granulometría I2: Perfil Estratigráfico. I3: SUCS – AASHTO. I4: Límites de Atterberg. I1: Presión de Penetración . I1: Contenido de humedad. I2: Densidad máxima. I3: Energía de compactación.
Fragmentos de Metal Reciclados.	Esos fragmentos pueden estar compuestos de una gran cantidad de materiales según el tipo de proyecto y de forma general en el sector de la construcción. (fuente: Elaboración propia)	Los fragmentos de metal reciclado, peso específico y dosificación; a la vez estas dimensiones tiene diferentes indicadores.	D1: Peso Específico. D2: Porcentajes de fragmentos de metal reciclado.	I1: Sumergido. I1: 4% I2: 6% I3: 8%

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población

Como lo indica (Ñaupas, y otros, 2013 pág. 334) la población es el conjunto de componentes, individuos, fenómenos que presentan cualidades semejantes observables, estas características son exigidas para poder realizar una investigación.

Por lo expuesto, en esta investigación, la población está conformada por la Avenida 31 de octubre del sector Azapampa – Chilca - Huancayo, como se aprecia en la figura 4.



Figura 4: Plano croquis de ubicación del proyecto

Fuente: Google Earth Pro

Muestra

Según (Monje Alvarez, 2011 pág. 123) , la muestra es el conjunto de objetos que conforman la población, eso quiere decir que es el conjunto de componentes que cumple ciertas características.

El espécimen seleccionado para esta investigación que fue sometido a ensayos de laboratorio, fue extraído de la calicata ubicada en la Avenida 31 de octubre en el sector de Azapampa, esta tenía una profundidad de 1.50 m aproximadamente, la muestra fue seleccionado mediante los criterios técnicos del manual de ensayos de laboratorio. Por otro lado, la vía en estudio es la avenida más importante para los pobladores por constituirse en accesos principales a los colegios ubicados en la periferia de la zona de estudio.

Por lo expuesto el tamaño de la muestra es decir el muestreo en esta investigación es una calicata ubicada en la Av. 31 de octubre – Azapampa.

Muestreo

Entre tanto (Bernal, 2010 pág. 162), conceptualiza al muestreo como una técnica de la investigación científica, con ello se define la magnitud de la muestra para comprobar la hipótesis planteada. Este muestreo se utiliza cuando en una población sus componentes tengan uno o más variables.

Por lo descrito líneas arriba es un muestreo no probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Como señala (Oseda Gago, y otros, 2015 pág. 162) Menciona, la observación científica, es un recurso que se basa en observar un suceso, hecho o caso, para analizar la información, esto implica observar con un precisión y claridad: El investigador sabe que debe preparar cuidadosamente la observación.

La presente investigación aplica a la *observación directa como técnica*.

Instrumentos de recolección de datos

Para (Oseda Gago, y otros, 2015 pág. 167) Es un procedimiento auxiliar que consiste en guardar y apuntar datos obtenidos registrándolos en fichas de recolección debidamente elaboradas.

Para esta investigación, utilizamos como instrumentos la *ficha de recopilación de datos, croquis de ubicación, ficha técnica convalidada por el especialista*.

Validez del instrumento

Según (Ñaupas, y otros, 2013 pág. 276) la validez es la forma de medición de un instrumento, es la vehemencia de un instrumento para describir o representar la cualidad de una muestra. La validez es la exactitud para medir un instrumento.

Para dar validez a la investigación nos basamos en el uso de normativas como NTP, ASTM, MTC las cuales fueron validadas por especialistas en el área, como se especifica en la tabla 8.

Tabla 8: Cuadro de validez de la investigación.

Indicadores		Validez
		Norma
Cuarteo		NTP 339.089, MTC E 105
Análisis Granulométrico		NTP 400.12 , MTC E 107
Contenido de Humedad		NTP 339.127 , MTC E 108
Límites de Atterberg	Limite Liquido	NTP 339.129 , MTC E 110
	Limite Plástico	NTP 339.129, MTC E 111
Compactación de Suelos (Proctor Modificado)		MTC E 115, ASTM D 1557, NTP 339.141
CBR DE SUELOS (Laboratorio)		MTC E 132, ASTMD 1883

Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad según el autor (Ñaupas, y otros, 2013 pág. 277) es el nivel de veracidad que le damos a una prueba. Este se mide y se expresa a través del coeficiente de confiabilidad y se obtiene a través de la siguiente fórmula, de Kuder Richardson; extraída del libro de (Ñaupas, y otros, 2013 pág. 278)

$$Cf = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{X(n-x)}{n\sigma^2}\right)$$

Donde según (Ñaupas, y otros, 2013 pág. 278)

C_i: Coeficiente de confiabilidad

n: Puntaje máximo alcanzado

X: Media aritmética

σ: Desviación estándar de las puntuaciones de la prueba.

Obtenido el coeficiente de confiabilidad, determinamos su valor de acuerdo a la tabla de confiabilidad especificado en la tabla 9:

Tabla 9: Tabla de confiabilidad de Kuder Richardson.

TABLA DE CONFIABILIDAD	
RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	confiabilidad baja
0.60 a 0.65	confiable
0.66 a 0.71	muy confiable
0.72 a 0.99	confiabilidad excelente
1	confiabilidad perfecta

Fuente: (Ñaupas, y otros, 2013 pág. 279)

3.5. Procedimientos.

A continuación, para la realización de los ensayos y recolección de datos, como un primer procedimiento se hizo la exploración del terreno y extracción de las muestras representativas, como se observa en la figura 5.



Figura 5: Toma de Muestras.

Como un procedimiento consecutivo se realizó el cuarteo de la muestra, conforme al MTC E 105, NTP 339.089, este procedimiento permite generar una muestra representativa para el respectivo ensayo de granulometría. Así para determinar la clasificación de suelo se utilizó los procedimientos “SUCS y AASTHO”.

Para determinar su categoría realizamos el ensayo de granulometría por tamizado (MTC E 107, ASTM D 422 y la NTP 400.12).

Los equipos y materiales utilizados fueron:

- Balanzas con precisión de 0.01 gramos.
- Estufa con temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamices de la 3” a la N° 200.
- Recipientes o envases para secar muestras.
- Brocha.



Figura 6: Lavado de muestra de suelo.



Figura 7: Tamizado de muestra de suelo.

A continuación, realizamos el ensayo de límite líquido (MTC E 110, NTP. 339.129), cuyo objetivo es determinar la humedad en porcentaje de la muestra.

Para lo cual se utilizaron los equipos y materiales utilizados que se describen:

- Material tamizado por la malla N°40.
- Recipiente de porcelana para la mezcla.
- Copa casa grande.
- Acanalador.
- Balanza con precisión de 0.1 gr.
- Horno con temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Taras con tapas.

Para el límite plástico e índice de plasticidad (MTC E 111, NTP 339.129), previamente se debe determinar el porcentaje de la humedad más baja de la muestra, con la cual se procederá hacer barritas de suelo de 1/8" de diámetro, estas barritas se logran rodando sobre una superficie lisa de vidrio.

Los equipos usados fueron:

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gramos.
- Placa de vidrio grueso esmerilado.
- Horno con temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Taras enumeradas.
- Recipiente de porcelana.

Una vez obtenido el límite líquido y límite plástico descrito en la figura 8, calculamos el índice de plasticidad, de acuerdo a la fórmula descrita en el "*manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (pg. 73)*"; posteriormente calculamos la diferencia entre ambos límites:

$$I.P. = LL - LP$$

Donde:

-LL= Límite líquido.

-LP= Límite plástico.

LL y LP, son números enteros.

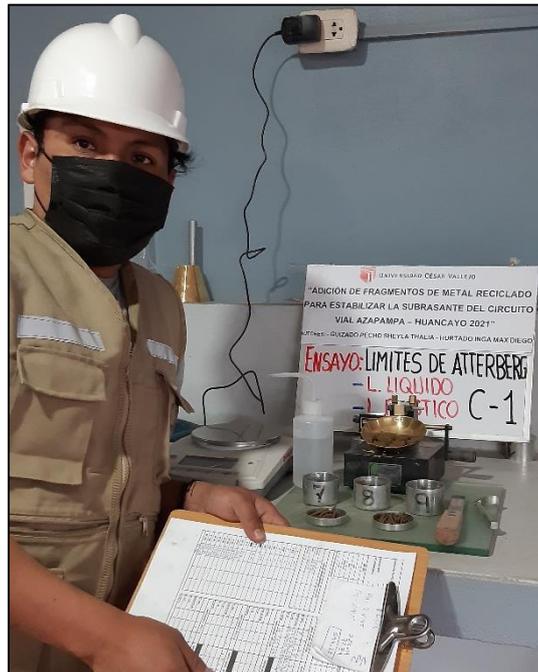


Figura 8: Límites de Atterberg.

Seguido se realiza el “Proctor Modificado (MTC E 115, ASTM D 1557)”, como se puede observar en la figura 9, este ensayo se realiza para obtener la curva de compactación a través de datos como el contenido de agua y peso unitario seco del suelo.



Figura 9: Proctor modificado.

Para ello se definió el procedimiento más adecuado; este ensayo tiene tres métodos A, B y C descritos a continuación en la tabla n°10; los cuales se precisaron tamizando la muestra por mallas, en el caso de la investigación se obtuvo el método A.

Tabla 10: Resumen de métodos para proctor modificado

Resumen de métodos para proctor modificado			
Descripción	Método		
	A	B	C
Diámetro del molde	4"	4"	6"
Peso del pisón	4.54 kg	4.54 kg	4.54 kg
Número de golpes por capa	25	25	56
Número de capas	5	5	5
Energía de compactación	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³
Uso	Retenido en el tamiz n° 4 el 20%	Retenido en el tamiz n° 4 más del 20% y en el tamiz 3/8" menos del 20%	Retenido en el tamiz 3/8" más del 20% y en el tamiz 3/4" menos del 30%

Fuente: (MTC, 2016 págs. 105-106)

Después de haber obtenido el OCH y la MDS con el ensayo, procedimos a realizar el CBR, tiene como fin hallar la resistencia de los suelos utilizados para la subrasante, cuyos procedimientos esta normados por la (ASTM D 1883-73, AASHTO T-193; MTC E 132).

Los materiales usados fueron:

- Moldes para CBR que se pueden observar en la figura 10 (collar, molde, placa base, disco espaciador)
- Pisón metálico.
- Balanza.
- Regla metálica.
- Carga metálica anular.
- Carga metálica ranurada.
- Pisón de penetración.
- Papel filtro.



Figura 10: Moldes de CBR sumergidos.

Todos los procedimientos fueron realizados para obtener los datos de la muestra patrón, con 4%, 6% y 8% de adición de FMR. Así se observó y analizó cuál es su clasificación, la densidad seca máxima obtenida, el contenido óptimo de humedad y la resistencia para la penetración del material extraído del tramo escogido del circuito vial de Azapampa.

Para obtener los FMR se tuvo que reciclar varios kg de chapas para hacer la adición a las muestras como se muestra en la figura 11. Una vez recolectada las chapas tuvimos que tritarlo o cortarlas con cuidado para obtener los fragmentos.



Figura 11: Chapas antes de fragmentarlas.

Una vez obtenido todos los materiales procedimos a realizar los ensayos de proctor modificado con adición del 4%, 6% y 8% de FMR.

3.6. Método de Análisis de Datos

Con la finalidad de evaluar e interpretar los resultados obtenidos en los ensayos realizados, estas deben estar sujetas a los procedimientos de análisis de las normas AASHTO, ASTM, NTP, MTC y manuales MTC, EG 2013, Manual de carreteras, para lo cual contamos con el apoyo del ingeniero asesor del taller. Además, se utilizaron herramientas informáticas como Word, Excel, Minitab o SPSS.

3.7. Aspectos Éticos

De acuerdo al código de ética de la Universidad Cesar Vallejo , las investigaciones deben adecuarse a las especificaciones del artículo 6º respecto a realizar producciones científicas con honestidad y transparencia, por otro lado, el artículo 7º sugiere trabajar con resultados fehacientes y veraces obtenidos en las investigaciones de manera minuciosa antes de ser publicados.

Y respecto al artículo 14º toda información que se presente y sustente se podrá publicar y difundir una vez concluida la investigación, previo consentimiento de los autores.

Es preciso reiterar que de acuerdo al artículo 15º del código de ética, las investigaciones deben evitar caer en plagio de otras investigaciones, al contrario, se deben realizar las citas a todos los autores cuando hacemos uso de alguna fuente de información, el cual conlleva a generar producciones y aportes científicos con alto nivel de originalidad y confiabilidad de los contenidos.

IV. RESULTADOS

Los resultados de la tesis denominada: “Adición de fragmentos de metal reciclado para determinar la estabilidad de la subrasante en el circuito vial Azapampa – Huancayo 2021” se muestra a través del análisis de sus propiedades físicas-mecánicas mediante los ensayos de control de calidad y referenciales que se especifican en: análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, tanto para el 95% y 100% a 1“(pulg.) de penetración. Donde se evidencia los análisis descriptivos, las tablas de intervención según el porcentaje de adición de FMR, de igual modo los análisis de las variaciones que se obtuvo por cada porcentaje de adición de FMR y así mismo corroborar la contrastación de hipótesis.

Seguidamente procedemos a ver los resultados de laboratorio de estudios de mecánica de suelos de la exploración del punto de investigación.

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D - 422, MTC E 107)

En la tabla 11 podemos observar la clasificación de suelos de la muestra patrón, tanto por SUCS y AASHTO, en el grafico 1 se muestra la curva granulométrica.

Tabla 11: Clasificación de suelos.

MUESTRA			CLASIFICACION DE SUELOS		
CALICATA 01	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO LAVADO SECO	SUCS (ASTM D 2487)	AASHTO (ASTM D 3282)
	2845 gr.	2415 gr.	561.8 gr.	ML	A-4(1)
				Limo de la baja plasticidad con arena	Regular - malo

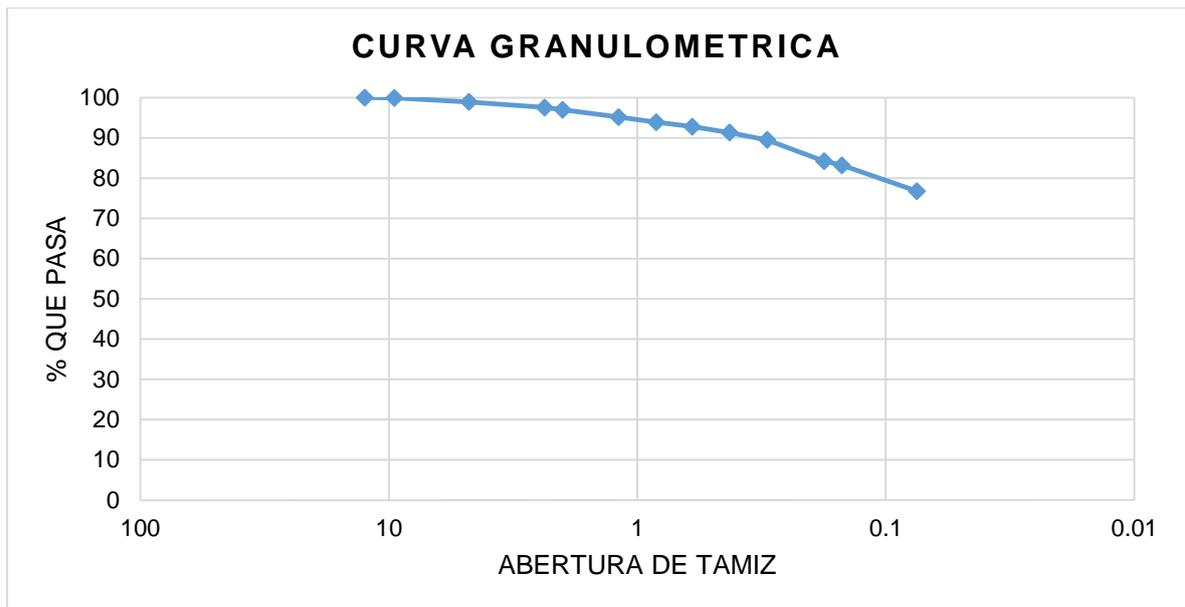


Grafico 1: Curva Granulométrica.

En la figura 12 apreciamos la cantidad de partículas finas que contiene la muestra patrón.



Figura 12: Tamizado de la muestra patrón.

LIMITES DE ATTERBERG

Para el análisis del límite líquido (ASTM D- 4318, MTC E 110), límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D – 4318, MTC E 111) utilizamos sus respectivas normativas.

A continuación, se describe la tabla 12, donde se muestra los porcentajes de humedad del suelo, respecto al límite líquido y límite plástico.

Tabla 12: *Porcentaje de humedad.*

Nº de Golpes	Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
29	009	15.68	44.10	39.00	5.10	23.32	21.87%
22	008	14.35	41.25	36.30	4.95	21.95	22.55%
16	007	14.63	40.02	35.27	4.75	20.64	23.01%
L,P,	002	8.94	20.25	18.49	1.76	9.55	18.43%
L,P,	003	10.41	20.49	18.91	1.58	8.50	18.59%

En la tabla 13, se describe los límites de Atterberg respecto a la humedad y en el gráfico 2 se observa la relación de la humedad con respecto al número de golpes, obtenidos a través de los ensayos que se muestra en la figura 13.

Tabla 13: *Límite líquido, plástico e índice de plasticidad.*

MUESTRA	NUMERO DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD %	LIMITES DE ATTERBERG		
			LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
CALICATA 1	29	21.87	22.24	18.51	3.73
	22	22.55			
	16	23.01			

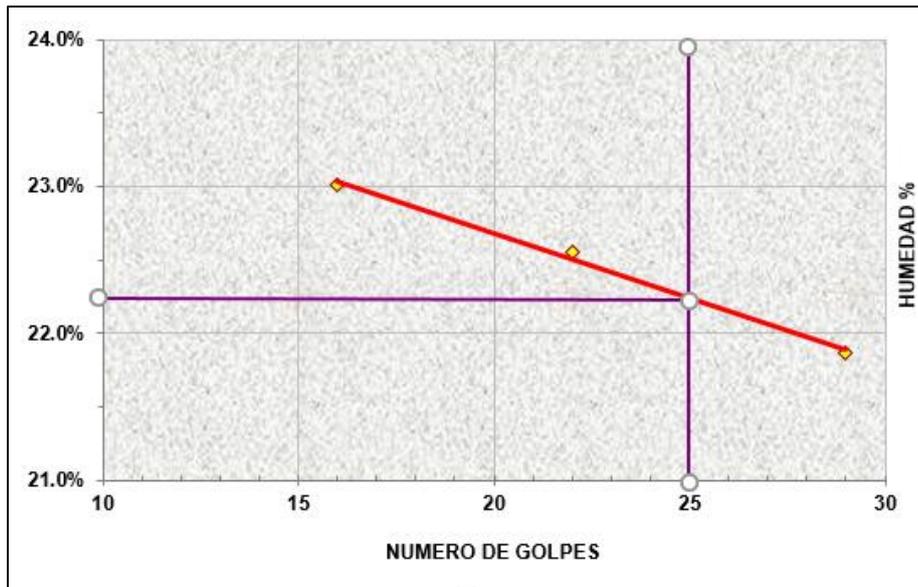


Gráfico 2: Relación de humedad con el número de golpes.



Figura 13: Limite líquido y plástico.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557, MTC E 115

Seguidamente en la tabla 14 se expone los resultados de compactación reportados por el laboratorio de suelos, de igual manera se aprecia en la figura 14 el ensayo

en mención, donde se aplicó una energía de compactación de 2700 KN-m/m³ (56000 lb-pie/pie³) , como se detalla a continuación:

Tabla 14: O.C.H. y M.D.S. con adición de FMR.

MUESTRA		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm ³)
CALICATA 1	PATRON	12.1	1.933
	4% CON FMR	12.8	1.919
	6% CON FMR	13.6	1.890
	8% CON FMR	14.4	1.885

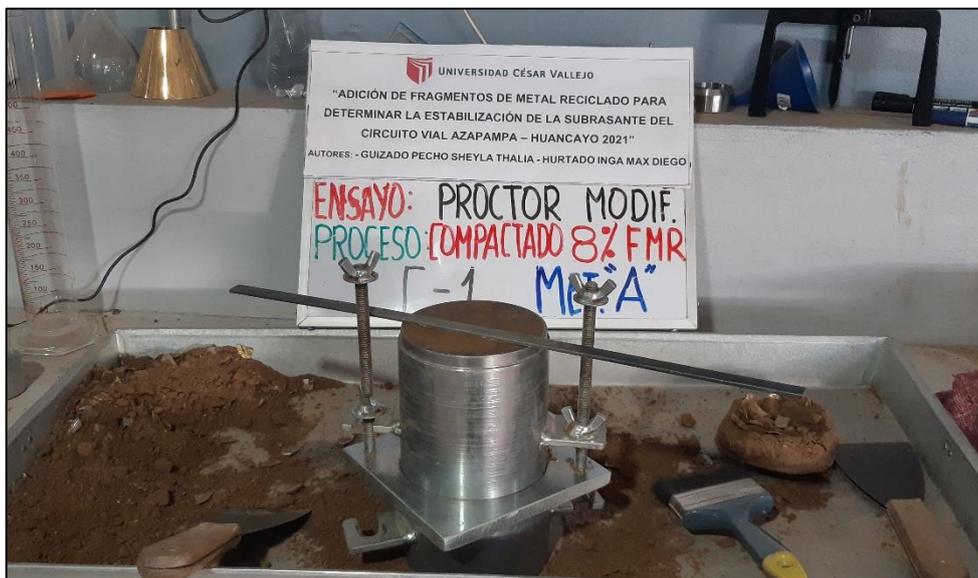


Figura 14: Ensayo de proctor modificado con 8% de adición de FMR.

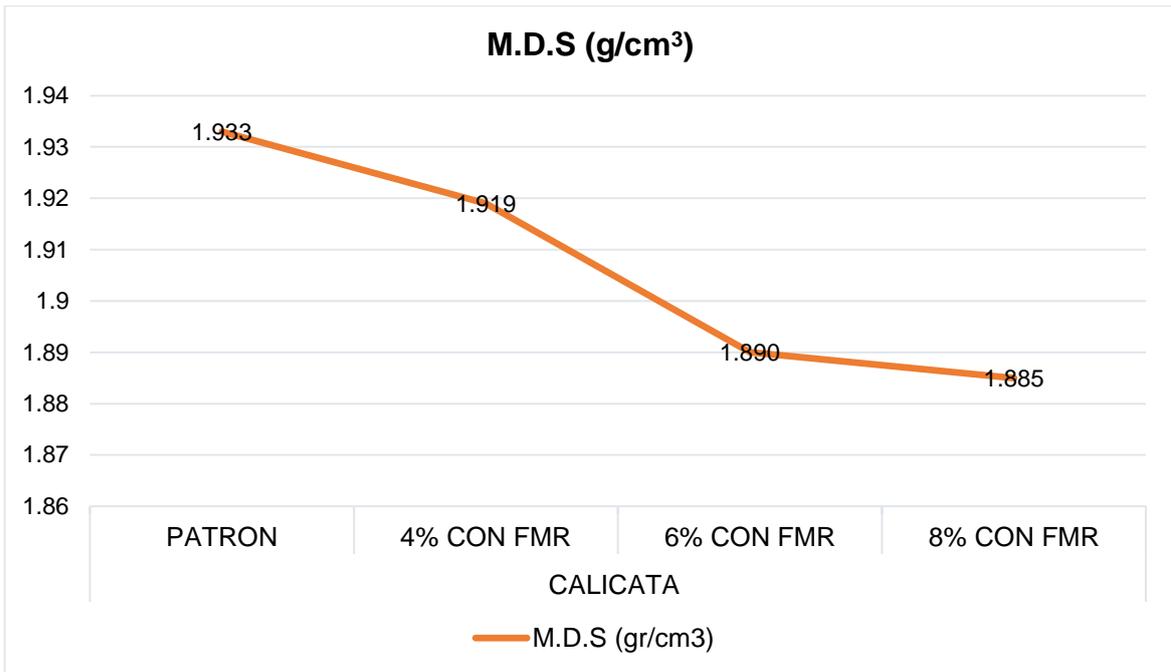


Grafico 3: Máxima densidad seca con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.

En el grafico 3 se puede observar que la MDS es de 1.933 gr/cm³, siendo la densidad máxima de todas, respecto a la adición de 4%, 6% y 8 % de FMR, la máxima densidad seca comenzó a descender.

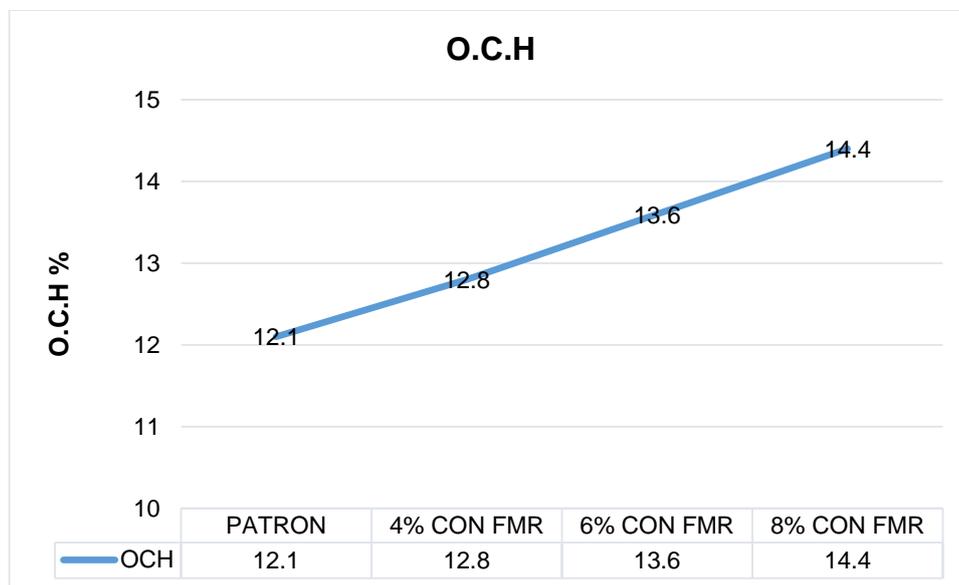


Grafico 4: OCH con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.

En el grafico 4 se puede observar que el OCH está ascendiendo de forma significativa con la adición de 4%, 6% y 8% de FMR, respecto a la muestra patrón.

CALIFORNIA BEARING RATIO CBR (ASTM D – 1883, MTC E 132).



Figura 15: Colocación del molde con espécimen para CBR.

Tabla 15: Valores de CBR con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.

MUESTRA	CBR	
	CBR AL 95%	CBR AL 100%
PATRON	3.1	4.3
4% CON FMR	3.3	6.6
6% CON FMR	4.2	7.7
8% CON FMR	5.0	9.7

En la tabla 15 podemos observar los diferentes valores generados por los datos de penetración de los especímenes en sus diferentes porcentajes de adición de FMR, para determinar al 95% y 100% de la MDS.

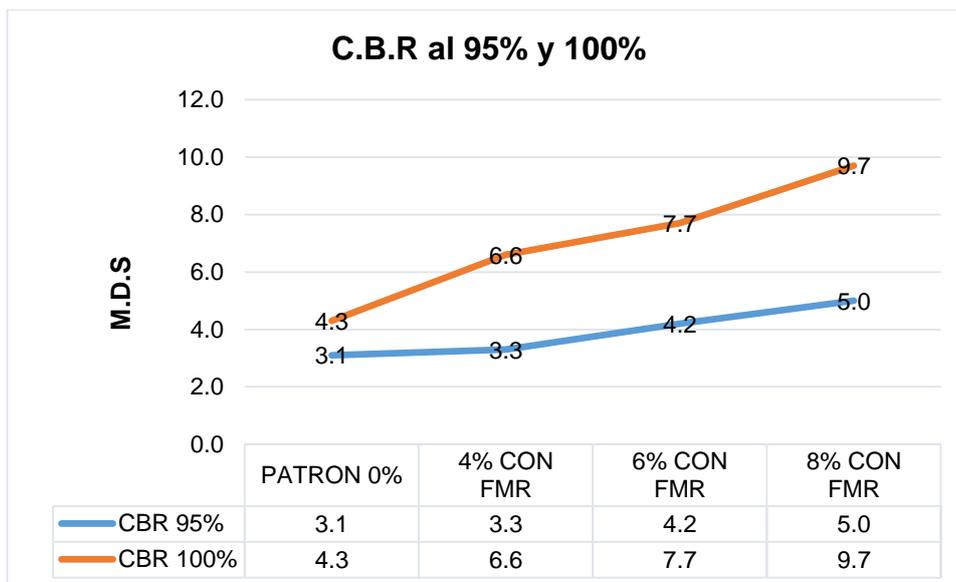


Grafico 5: CBR al 95% y 100%.

En el grafica 5 se observa la evolución de los porcentajes de CBR a una penetración de 1" para el 95% y 100% de su MDS con una adición de 4%, 6% y 8% de FMR; donde se detalla que a mayor porcentaje de FMR estos valores ascienden tanto para 95% y 100% de su MDS.

Tabla 16: Valores de la penetración a 1" con adición de FMR

FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO AL 100% - 1"			
ADICION DE FMR	PENETRACION k/cm²		
	12 GLPS	25 GLPS	56 GLPS
4%	23.5	43.3	82.09
6%	37.2	54.4	95.34
8%	42.7	67.3	131.4

Los valores mostrados en la tabla 16 se dan por cada número de golpes en el CBR a 1" de penetración con adición de 4%, 6% y 8% de FMR.

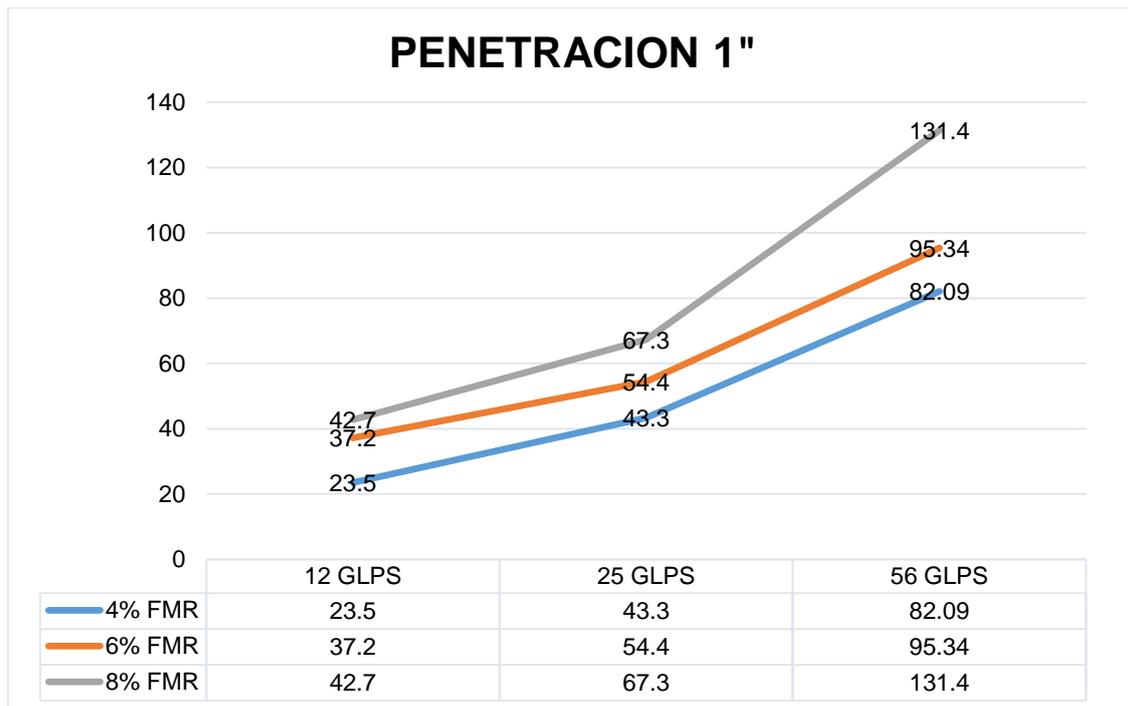


Grafico 6: CBR a 1" de penetración.

En el grafico 6 se puede observar el incremento de ascendencia de cada porcentaje de adición de FMR en el CBR a 1" de penetración.

CONTRASTACION DE HIPOTESIS.

Hipótesis General: La adición de fragmentos de metal reciclado determinara la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa.

-Ho = 4.30%: La adición de fragmentos de metal reciclado NO incrementa la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa.

-Ha > 4.30%: La adición de fragmentos de metal reciclado incrementa la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa.

Para el contraste de hipótesis comparamos el nivel de significancia con el valor de P, si:

Valor P > Nivel de significancia = Se acepta el Ho y se rechaza la Ha.

Valor P < Nivel de significancia = Se rechaza el Ho y se acepta la Ha.

Teniendo en cuenta que tenemos una confianza de 95%, una significancia del 5% y una media hipotética de 4.13%. Calculamos la media, desviación estándar y valor de t obtenido en Minitab como se muestra en las figuras 16 y 17:

Primero calculamos la media con la formula descrita a continuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N Xi}{N} = \frac{4.3+6.6+7.7+9.7}{4} = 7.07$$

Asimismo, calculamos la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Xi - \bar{x})^2}{N-1}} = 2.25$$

Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
4	7.07	2.25	1.13	4.43

μ : media de CBR

Figura 16: Estadístico de Prueba- T de Student
Fuente: Software Minitab

Obtenidos los datos de media y desviación estándar y con una media hipotética de 4.30 calculamos el valor de t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{7.075 - 4.30}{\frac{2.25}{\sqrt{4}}} = 2.47$$

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 4.3$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu > 4.3$
<u>Valor T</u>	<u>Valor p</u>
2.47	0.045

Figura 17: Prueba de Hipótesis
Fuente: Software Minitab

A continuación utilizamos la tabla de t de student para determinar el valor de t límite, con respecto al grado de libertad (gl) y el nivel de confianza:

$$gl = N - 1 = 4 - 1 = 3$$

Si el $gl = 3$ y el nivel de confianza es 95% entonces según tabla el valor de t límite es: 2.3534 y dada la manera en la que planteamos la hipótesis nula e hipótesis alternativa, la gráfica de distribución es cola derecha, tal como se observa en la gráfica 6 a continuación:

Los datos obtenidos en resumen son:

t calculado	=	2.47
t límite (obtenido de tabla)	=	2.3534
Media (\bar{x})	=	7.075
Desviación estandar (σ)	=	2.25
Grado de libertad (gl)	=	3
Valor de p	=	0.045

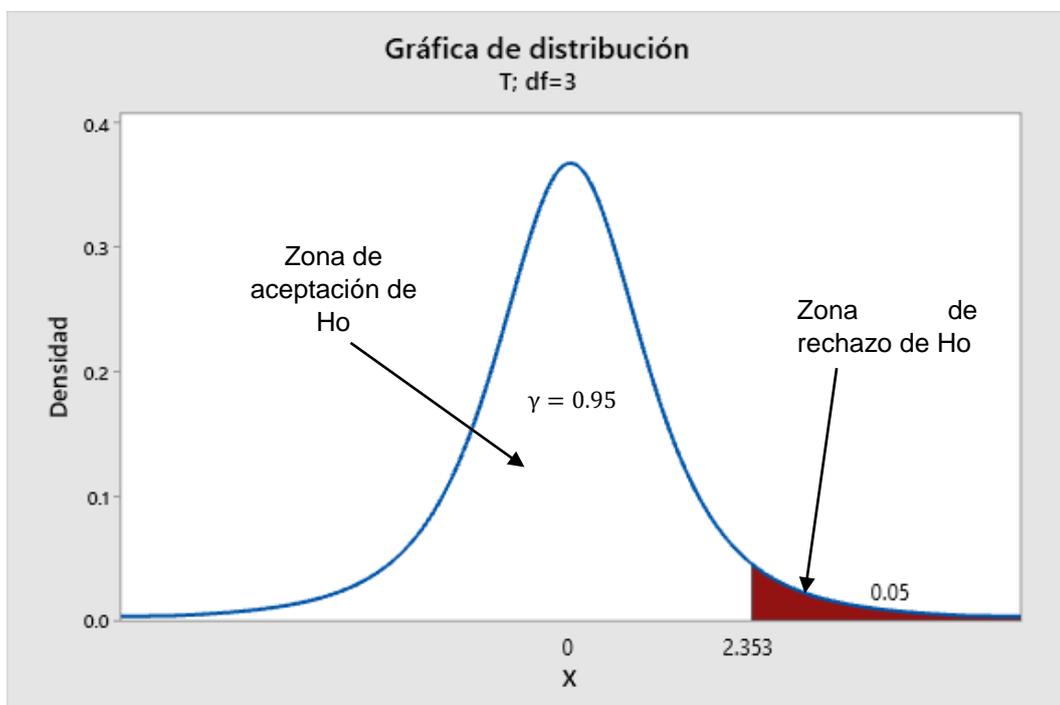


Gráfico 7: Gráfica de Contrastación de hipótesis.

Fuente: Software Minitab

Conclusión:

El estadístico $t=2.47$, se encuentra en la región sombreada, de igual manera el valor de P dio por resultado 0.045 siendo menor al nivel de significancia, lo que indica en conclusión que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza de la hipótesis nula.

Hipótesis específica 1: La adición de fragmentos de metal reciclado interviene significativamente en la presión de la penetración a la subrasante del circuito vial Azapampa.

- $H_0 = 4.30\%$: La adición de fragmento de metal reciclado NO interviene significativamente en la presión de la penetración a la subrasante del circuito vial Azapampa.

- $H_a > 4.30\%$: La adición de fragmentos de metal reciclado interviene significativamente en la presión de la penetración a la subrasante del circuito vial Azapampa.

Entonces para verificar que hipótesis será la aceptada, se utilizaran los datos obtenidos líneas arriba del cálculo de t de student, que son:

t calculado	=	2.47
t limite (obtenido de tabla)	=	2.3534
Media (\bar{x})	=	7.075
Desviación estándar (σ)	=	2.25
Grado de libertad (gl)	=	3
Valor de p	=	0.045

Discusión:

Según los datos obtenidos con el estadístico de t de student, se determina que con un t de 2.47 la hipótesis alterna es aceptada, es decir se logró aumentar el porcentaje (%) de CBR para estabilizar la subrasante, y ello intervino de manera significativa en el CBR a 1" de penetración, tal como se muestra en el grafico 6 la presión de penetración ha ido en aumento conforme se adiciona el FMR.

Hipótesis específica 2: La adición de fragmentos de metal reciclado obtendrá algún efecto en la compactación en la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Optimo Contenido de Humedad (OCH) de la subrasante en el circuito vial Azapampa.

-Ho: La adición de fragmentos de metal reciclado NO obtendrá algún efecto en la compactación en su MDS y el OCH de la subrasante en el circuito vial Azapampa.

-Ha: La adición de fragmentos de metal reciclado obtendrá algún efecto en la compactación en su MDS y el OCH de la subrasante en el circuito vial Azapampa.

Conclusión: Con los datos obtenidos en la contratación de hipótesis con t de student para una media hipotética de 4.3% y un valor de $t = 2.47$ demostraron que, el valor de CBR aumento con la adición de FMR, y paralelamente a ello el OCH fue en aumento significativo y su MDS fue en descendencia como se muestra en los gráficos 3 y 4.

Tabla 17: Resumen de los resultados obtenidos.

ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021					
FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO	PATRON	4% de FMR	6% de FMR	8% de FMR	
MUESTRA	Limo de baja plasticidad con arena (ML)				
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.933	1.919	1.890	1.885	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.1	12.8	13.6	14.4	
CBR	95% MDS	3.1	3.3	4.2	5.0
	100% MDS	4.3	6.6	7.7	9.7

V. DISCUSIÓN.

Respecto a la humedad obtenida, con adición de variados porcentajes de FMR se obtuvieron los siguientes resultados para un suelo limoso de baja plasticidad con arena (ML): En el ensayo de compactación, al adicionar los fragmentos de metal reciclado (FMR), se observó que el contenido óptimo de humedad (OCH) está aumentando significativamente con respecto a la muestra patrón que tiene un OCH de 12.1%.

Con la adición de 4% de FMR, aumenta significativamente con respecto a la muestra patrón en un 0.7% de OCH, dando un total de 12.8% de OCH. Para la adición de 6% de FMR, aumenta el OCH al 1.5% con respecto a la muestra patrón que es de 12.1%, llegando a un total de 13.6% de OCH. Por último, para una adición de 8% de FMR, asciende en un 2.3% de OCH, referente a la muestra patrón, dando así un total de 14.4% de OCH.

En resumen, se determinó que mientras más aumenta el porcentaje de adición de fragmentos de metal reciclado el óptimo contenido de humedad va en ascenso.

Por otro lado, respecto a la densidad seca máxima alcanzada (MDS) de la muestra patrón que es un ML, se obtuvo como datos que:

Respecto a la muestra patrón que es de 1.933 gr/cm³ de su MDS, al adicionar un 4% de FMR, desciende en un 0.014 gr/cm³ de su MDS, dando como resultado final de 1.919 gr/cm³.

De la misma forma para una adición de 6% de FMR desciende en un 0.043 gr/cm³ de su MDS, referente a la muestra patrón, dando como resultado final 1.890 gr/cm³ de su MDS.

Por ultimo con una adición de 8% de FMR este desciende en un 0.048 gr/cm³ de su MDS, en cuanto a la muestra patrón, dando como resultado final 1.885 gr/cm³ de su MDS.

Por lo tanto, se ha determinado que mientras más sea el porcentaje de adición de fragmentos de metal reciclado la máxima densidad seca desciende significativamente con respecto a la muestra patrón.

De otra manera con respecto al problema específico:

¿Cuál es el efecto de la adición de fragmentos de metal reciclado en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para estabilizar la subrasante en el circuito vial Azapampa – Huancayo 2021?

A través de los ensayos de laboratorio podemos demostrar que el efecto de la adición de fragmentos de metal reciclado en la muestra patrón, ha demostrado que los datos son inversamente proporcionales respecto a la MDS y el OCH, es decir, mientras más sea la adición de fragmentos de metal reciclado el óptimo contenido de humedad aumentará y la máxima densidad seca estará descendiendo significativamente tal como se muestra en las gráficas 3 y 4.

De la Hipótesis específica descritas líneas arriba, podemos afirmar que la adición de fragmentos de metal reciclado obtiene un efecto significativo según los ensayos de laboratorio para un suelo limoso de baja plasticidad con arena (ML), en la compactación de su densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad.

Ahora, para determinar el CBR al 95% y 100% de su MDS con la adición de fragmentos de metal reciclado para un suelo limoso de baja plasticidad con arena (ML), se obtuvieron los siguientes resultados:

Para la muestra patrón el CBR es de 4.3% al 100% de su MDS y de un 3.1% al 95% de su MDS, siendo así que al adicionar en un 4% de FMR el CBR empieza a ascender en un 2.3% para el 100% de su MDS y en un 0.2% para el 95% de su MDS, obteniendo como datos finales que para la adición del 4% de FMR, su CBR es de 6.6% al 100% de su MDS y de un 3.3% al 95% de su MDS.

Ahora para una adición del 6% de FMR, el CBR empezó a aumentar en un 3.4% para el 100% de su MDS y en 1.1% para el 95% de su MDS, con respecto a su muestra patrón, dando como resultado final que para el 6% de adición de FMR el CBR es de 7.7% al 100% de su MDS y 4.2% al 95% de su MDS.

Finalmente, con una adición del 8% de FMR, el CBR continuo en ascenso de 5.4% para el 100% de su MDS y en 1.9% para el 95% de su MDS, respecto a su muestra patrón, obteniendo como datos finales que para la adición del 8% de FMR el CBR obtenido es de 9.7% para el 100% su MDS y un 5.0% para el 95% de su MDS

Concluyendo así que la adición de fragmentos de metal reciclado en la presión de penetración aumentó el CBR de la muestra patrón tanto al 95% y 100% de su MDS.

Respecto al problema específico:

¿Cuál será el nivel de intervención de la adición de fragmentos de metal reciclado en la subrasante en el CBR cuando la penetración es de 1.00 in (2.54 cm) en el circuito vial de Azapampa?

Para determinar el nivel de intervención de los fragmentos de metal reciclado para un suelo limoso de baja plasticidad con arena (ML) según los ensayos de laboratorio, la participación o intervención está dada por los porcentajes de fragmentos de metal reciclado, siendo así que mientras más sea la intervención para una penetración de 1", la subrasante del circuito vial se estabilizará con la adición de los fragmentos de metal reciclado (grafica 6)

Este problema tiene como hipótesis específica que: La adición de fragmentos de metal reciclado interviene significativamente en la presión de la penetración en la subrasante del circuito vial de Azapampa.

Por ende, se afirma que se ha logrado el objetivo de estabilizar las muestras con ayuda de la adición de fragmentos de metal reciclado.

VI. CONCLUSIONES.

1. En respuesta al objetivo general determinamos que, el CBR aumenta a medida que se adiciona el FMR con respecto a la muestra patrón, tal como se precisa a continuación: Para el CBR al 100% de su MDS, la muestra patrón alcanzó un 4.3% de CBR y al adicionar el 4% de FRM se obtuvo un 6.6% de CBR, para el 6% de FMR se obtuvo un 7.7% de CBR y para la agregación de 8% de FMR se obtuvo un 9.7% de CBR de su MDS. Por otro lado, para un CBR al 95% de su MDS, se obtiene como resultados que para la muestra patrón se alcanzó el 3.1% de CBR, con una adición de 4% de FMR se obtuvo 3.3% de CBR, para un 6% de adición de FMR se obtuvo 4.2% de CBR y para el 8% de adición de FMR se consiguió el 5.0% de CBR.

Determinamos con lo descrito líneas arriba que el CBR de la muestra patrón es 4.30%, comparando este resultado con el cuadro de categorías de subrasante brindado descrito en la tabla 5, este CBR se encuentra entre 3% - 5% considerándose como una subrasante pobre, sin embargo, con la adición de fragmentos de metal reciclado paso a ser de un suelo pobre a ser un suelo regular, porque con los datos obtenidos se encuentran entre el 6% y 10% de CBR al 100% de su MDS.

2. Dando respuesta al objetivo específico 1, destacamos que la intervención de los fragmentos de metal reciclado ayuda a elevar el CBR de la subrasante en la penetración de 1" (pulg.), como se precisó en los resultados obtenidos.
3. Dando respuesta al objetivo específico 2, precisamos que se evaluó los efectos que ocasiono la adición de fragmentos de metal reciclado en la compactación de su MDS y OCH para un ML. De acuerdo con el ensayo de proctor modificado la densidad máxima seca de la muestra patrón es de 1.933 g/cm³ y al adicionar los fragmentos de metal reciclado tanto para 4%, 6% y 8% los resultados comenzaron a disminuir significativamente. Comparando con el ultimo resultado de la adición de 8% de FMR obtuvimos 1.885 g/cm³ con una diferencia de 0.048 g/cm³ con respecto de la muestra patrón. Ahora en el óptimo contenido de humedad sucede lo contrario, ya que el resultado obtenido fue de 12.1% de la

muestra patrón, al adicionar los fragmentos de metal reciclado en un 4%, 6% y 8% los resultados se elevaron, siendo que la última adición de 8% de fragmentos de metal reciclado dio un 14.4% de OCH, con una diferencia de 2.3%, respecto al resultado obtenido en la muestra natural.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos se deduce que; los porcentajes de optimo contenido de humedad aumenta levemente y la máxima densidad seca disminuye significativamente, por lo tanto, los efectos de la adición de fragmentos de metal reciclado son inversamente proporcional en su MDS y OCH.

VII. RECOMENDACIONES

1. En base a la información obtenida en la investigación, podemos recomendar que para mantener la humedad natural de las muestras que se van a analizar se deben guardar en bolsas de plásticos herméticas, para poder conservar la humedad natural para el correcto procedimiento de los ensayos de laboratorio.
2. Analizar con mayor detenimiento las curvas de la densidad seca máxima alcanzada y el contenido óptimo de humedad obtenido. Se recomienda tomar en cuenta las variaciones de ascendencia y descendencia, que para este caso la adición de FMR tuvo un comportamiento irregular, por lo que sugerimos que se continúe investigando para determinar si las variaciones persisten a mayor adición de FMR.
3. Se recomienda, cuando ya se haya reciclado los metales para su investigación, usar guantes y lentes en la etapa de trozar o cortar para obtener los fragmentos, ya que debemos tener mucho cuidado para no ocasionar alguna lesión.
4. Se recomienda que sigan realizando los estudios con la adición de fragmentos de metal reciclado como un nuevo método para la estabilización en suelos blandos y arcillosos.
5. Se recomienda elaborar programas de capacitación y educación ambiental como un nuevo mecanismo de incorporación de metales reciclados, así proteger y minimizar el impacto ambiental debido a la escasez de recursos y los numerosos problemas ambientales que aquejan nuestro medio ambiente.
6. En base a las respuestas obtenidos en la investigación, se recomienda seguir con el procedimiento de adición de FMR en el CBR, ya que se demostró que se llegó a estabilizar la subrasante en el CBR del 95% y 100% de MDS.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Altamirano, Navarro Genaro José y Diaz, Sandino Axel Exequiel; "Suelos cohesivos estabilizados por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí - Rivas. San Isidro del Pegón de la Universidad Nacional de Nicaragua", 2015.

Alvarez Pabón, Jorge A. "Mejoramiento de la subrasante. Colombia" : IPC, 2006.

Bernal, Augusto Cesar. "Metodología de la Investigación - tercera edición. Colombia : Pearson", 2010.

Borja, Suarez Manuel. En su libro de "Metodología de la investigación científica. Chiclayo" : s.n., 2016.

Botía, Díaz Wilmer Andres; en el "Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de calculo. Bogotá" : s.n., 2015.

Calle, Lactahuamaní Solanchs Estefany y Arce, Huahuachampi Moises Gonzalo. En su trabajo de investigación de "Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional. Arequipa" : s.n., 2018.

Cancinos, Sazo Gustavo Adolfo; analizó el "Reciclado en frío in situ en la rehabilitación de pavimentos flexibles con asfalto espumado y recomendación de especificaciones técnicas de construcción para Guatemala. Guatemala" : s.n., 2013.

Castro León, Eusebio Zenón. "Teoría y Práctica de la Investigación Científica. Huancayo" : s.n., 2016.

Coronado, Iturbine Jorge; "Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala" : s.n., 2002.

Cusquiiban, Ocas Wilder Danny; "Utilización de caucho granular de neumatico para el mejoramiento de suelos arcillosos para fines constructivos. Cajamarca" : s.n., 2014.

Elaplas sitio web de aceros disponible en "<https://acortar.link/thCAr>". [En línea] 2020.

Gomez, Betancourt Edgar. "Ingenieria de Pavimentos para Carreteras. Colombia : Edificaciones y Publicaciones", 2002.

Gradise, Tesema. "Expansive soil stabilization by sugare cane molasses. Etiopía" : s.n., 2016.

Guillermo, Paucar Michael Cristhian y Ingaroca, Gómez Julinho. "Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones. Lima" : s.n., 2020.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. "Metodología de la Investigación. Mexico : McGraw Hill", 1991.

Huisa, Huahuasoncco Elard Washington. "Manejo de los residuos de la construcción y demoliciones para su reciclado y empleo en construcciones de vías de la ciudad de Juliaca. Juliaca" : s.n., 2015.

LENNTECH. Sitio web de elementos de metal y aceros "<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/sn.htm>. [En línea] ", 2001.

López, Sumarriva Jose Johel y Ortiz, Pinares Grely.. "Suelos arcillosos estabilizados con cal para tratar la subrasante en las calles de la urbanizacion San Luis de la ciudad de Abancay. Abancay" : s.n., 2018.

Mohammed, Abdulsattar Zaid. "Soil stabilization with rice husk ash and cemente. Kuala Lumpur - Malasia" : s.n., 2015.

Monje Alvarez, Carlos Arturo. "Guia didactica de la metodologia de la investigacion cuantitativa y cualitativa. Colombia" : s.n., 2011.

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. "Manual de carreteras - Especificaciones tecnicas generales para construccion. Lima" : s.n., 2013.

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Direccion General de Caminos y Ferrocarriles. "Manual de ensayo de materiales. LIMA" : s.n., 2016.

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Direccion General de Caminos y Ferrocarriles. "Manual de carreteras; suelos; geologia; geotecnia y pavimentos. Lima" : s.n., 2014.

Mundo de latas.com. sitio web de acero estaño disponible en "<https://acortar.link/JVSfG>". [En línea]

Ñaupas, Humberto Paitan, y otros. "Metodología de la investigación , Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá - Mexico : Ediciones de la U", 2013.

Onur, Tastan Erdem. "Stabilization of organic soils using fly ash. Madison" : s.n., 2005.

Oседа Gago, Dulio, y otros. "Metodología de la Investigación. Lima : Pirámide", 2015.

Parra, Gomez Gerardo Manuel. "Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Bogotá" : s.n., 2018.

Patrone, Julio y Enrique, Prefuno José. "La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones. Métodos de prevención y Control. Uruguay! : s.n., 2019.

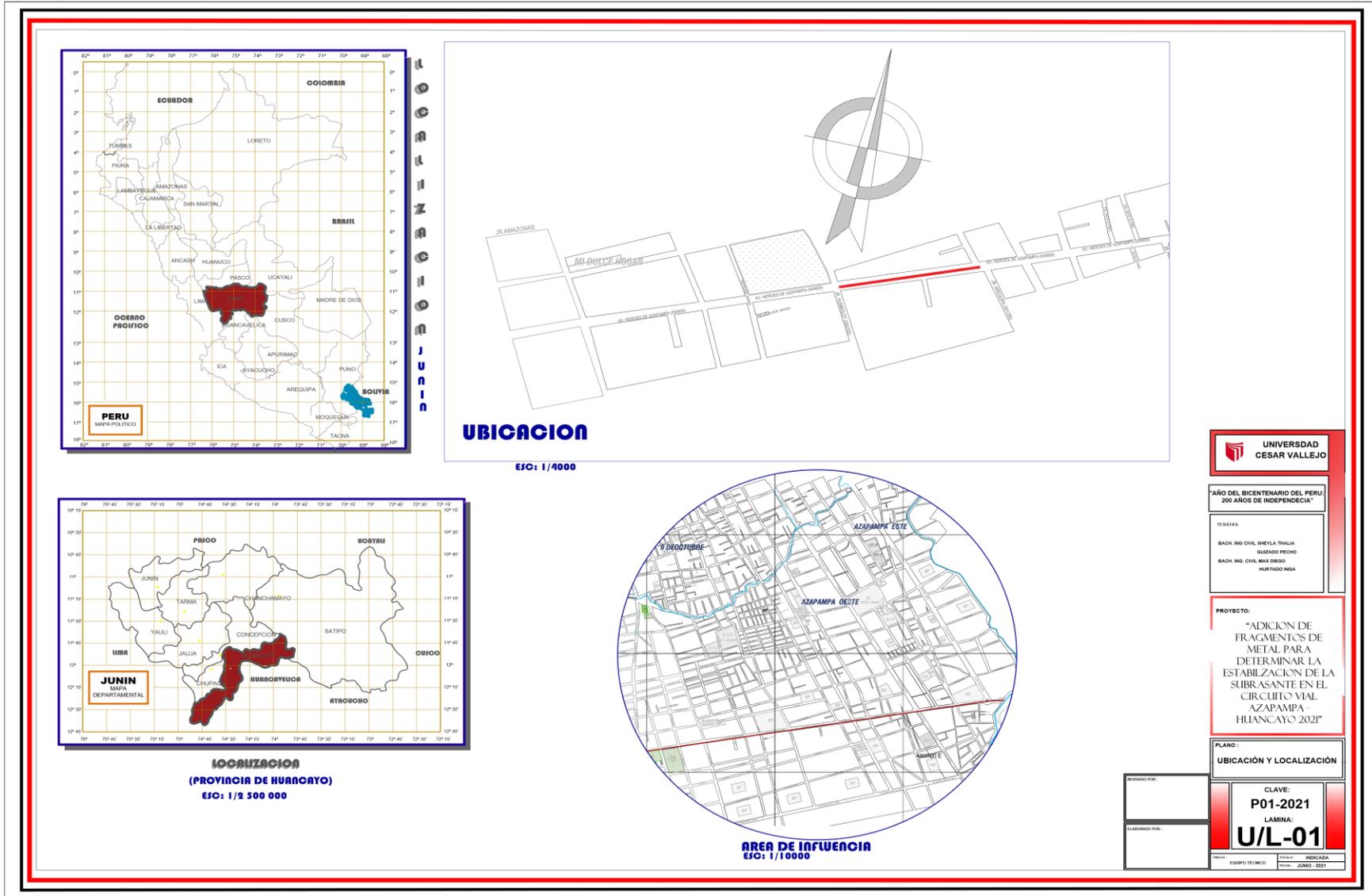
Sabino, Carlos A. "El proceso de la invetigación. Buenos Aires-Argentina" : s.n., 1992.

Surichaqui, Cuadros María Claudia. "Mejoramamiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una via afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estailización química con oxido de calcio. HUANCAYO" : s.n., 2016.

Vasquez, Cabrera Alexander Mauricio. "Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la Vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de subrasante. Chimbote : Universidad San Pedro", 2018.

ANEXOS

ANEXO Nº 1: Plano de ubicación y localización.



ANEXO N° 2: Matriz de Consistencia:

“Adición de Fragmentos de Metal Reciclado para determinar la estabilización de la subrasante del Circuito Vial Azapampa - Huancayo 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p><u>Problema General</u> ¿Cómo la adición de fragmentos de metal reciclado determinaría la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa-Huancayo,2021?</p> <p><u>Problemas Específicos</u> - ¿Cuál será el nivel de intervención de la adición de fragmentos de metal reciclado en la subrasante en el CBR cuando la penetración es de 1.00 in (2.54 cm) en el circuito vial Azapampa? -¿Cuál es el efecto de la adición de fragmentos de metal reciclados en su Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad para estabilizar la subrasante del circuito vial Azapampa?</p>	<p><u>Objetivo General</u> Determinar la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa utilizando la adición de fragmentos de metal reciclado.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u> -Analizar como interviene la adición de fragmentos de metal reciclado en el CBR cuando la penetración es de 1.00 in (2.54 cm) en la subrasante del circuito vial Azapampa. -Evaluar el efecto de la adición de fragmentos de metal reciclado para su compactación en su Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad para estabilizar la subrasante del circuito vial Azapampa.</p>	<p><u>Hipótesis General</u> La adición de fragmentos de metal reciclados determinará la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa.</p> <p><u>Hipótesis Específicos</u> -La adición de fragmentos de metal reciclado interviene significativamente en la presión de la penetración en la subrasante del circuito vial Azapampa. -Con la adición de fragmentos de metal reciclado se obtendrá algún efecto en la compactación en su Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad de la subrasante en el circuito vial Azapampa.</p>	<p><u>V1:</u> Estabilización de la subrasante.</p> <p><u>V2:</u> Fragmentos de Metal Reciclado.</p>	<p>D1: Clasificación</p> <p>D2: CBR</p> <p>D3: Grado de Compactación</p> <p>D1: Peso Especifico</p> <p>D2: Porcentajes de fragmentos de metal reciclado</p>	<p>I1: Granulometría I2: Perfil Estratigráfico. I3: SUCS - AASHTO I4: Límites De Atterberg.</p> <p>I1: Presión De Penetración.</p> <p>I1: Contenido de Humedad. I2: Máxima densidad. I3: Energía de compactación.</p> <p>I1: Sumergido.</p> <p>I1: 4% I2: 6% I3: 8%</p>	<p><u>Método</u> Método hipotético deductivo</p> <p><u>Tipo</u> Aplicada</p> <p><u>Nivel</u> Correlacional, explicativo.</p> <p><u>Diseño</u> Diseño experimental.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>Experimental Gc (a): Y1 → X → Y2 Ge (a): Y3 → X' → Y4 Gc: sin adición de A.E. Gc: con adición de A.E.</p> </div> <p><u>Población</u> Av. 31 de octubre Azapampa – Huancayo, 2021.</p> <p><u>Muestra</u> Av.31 de octubre Azapampa - Huancayo, 2021.</p> <p><u>Muestreo</u> No probabilístico-intencional.</p> <p><u>Técnica</u> Observación directa.</p> <p><u>Instrumento</u> Ficha de recopilación de datos, croquis de ubicación, ficha técnica validada por el especialista.</p>

ANEXO Nº 3: Resumen de antecedentes

Nº	TIPO	TITULO	AUTOR (ES)	LUGAR	AÑO	ESTABILIZADOR
ANTECEDENTES INTERNACIONALES						
1	Tesis	Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante.	Parra Gómez Manuel Gerardo	Bogotá	2018	Cal y cenizas volantes.
2	Tesis	Estabilización de suelo expansivo mediante melaza de caña de azúcar.	Gradise Tesema	Etiopia	2016	Melazas de caña de azúcar.
3	Tesis	Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro de Pegón, Potosí, Rivas.	Altamirano Navarro Genaro José & Días Sandino Axel Exequiel	Potosí	2015	Cal
4	Tesis	Estabilización de suelos con cenizas de cascarilla de arroz y cemento	Mohamed Abdulsattar Zaid	Kuala Lumpur – Malasia	2015	Cenizas de cascara de arroz y cemento
5	Tesis	Reciclado en frío in situ en la rehabilitación de pavimentos flexibles con asfalto espumado y recomendación de especificaciones técnicas en construcción Guatemala.	Cancinos Sazo Gustavo Adolfo	Guatemala	2013	Asfalto espumado
6	Tesis	Estabilización de suelos orgánicos con cenizas volantes.	Erdem Onur Tastan	Madison	2005	Cenizas volantes
ANTECEDENTES NACIONALES						
1	Tesis	Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de subrasante.	Vasquez Cabrera Alexander Mauricio	Chimbote	2018	Carbón y cal
2	Tesis	Estabilización de suelos arcillosos con cal para tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay.	López Sumarriva José Johel & Ortiz Pinares Grelly	Abancay	2018	Cal
3	Tesis	Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional.	Calle Lactahuamaní Solanchs Estefany & Arce Huahuachampi Moisés Gonzalo.	Arequipa	2018	Polímero acrílico
4	Tesis	Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín, mediante la estabilización química con óxido de calcio.	Surichaqui Cuadros María Claudia.	Huancayo	2016	Oxido de calcio
5	Tesis	Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento.	Cusquisiban Ocas Wilder Danny	Cajamarca	2014	Caucho granular de neumático reciclado.

ANEXO N° 4: Recolección de datos – Trabajo de campo



Figura 18: Metal reciclado (chapas).



Figura 19: Identificación del extendido de redes de agua y desagüe.



Figura 20: Identificación del extendido de redes principales.



Figura 21: Recolección de datos de la calicata.

ANEXO Nº 5: Panel fotográfico – Granulometría.



Figura 22: Proceso de lavado (antes).



Figura 23: Proceso de lavado (después).



Figura 24: Proceso de tamizado.

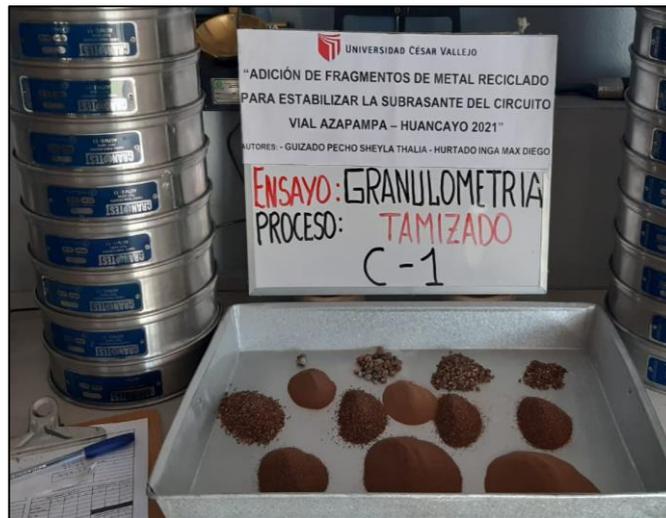


Figura 25: Material tamizado - calicata.

ANEXO N° 6: Panel fotográfico - Límites de Atterberg.

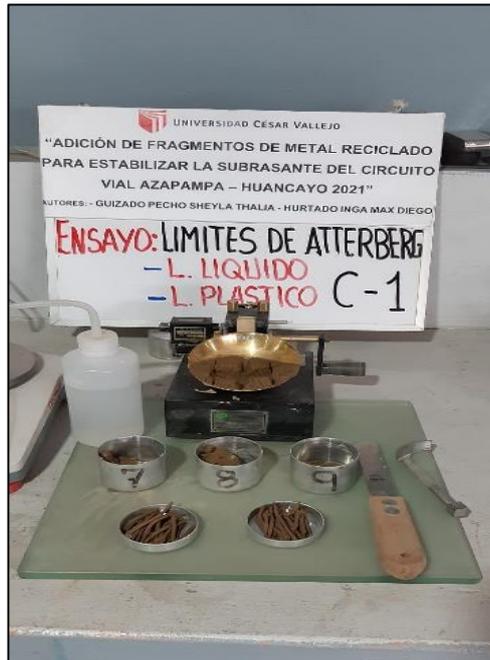


Figura 26: Límites de consistencia

ANEXO N° 7: Panel fotográfico - Proctor Modificado.



Figura 27: Proceso de compactado muestra patrón.



Figura 28: Enrasamiento de la muestra patrón.

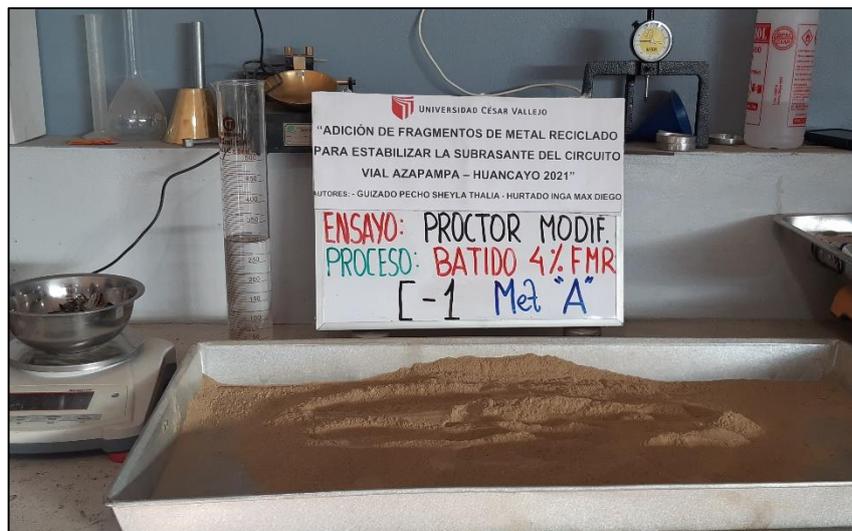


Figura 29: Batido con el 4% de FMR.



Figura 30: Peso del espécimen con el 4% de FMR.



Figura 31: Compactado del espécimen con el 4% de FMR.

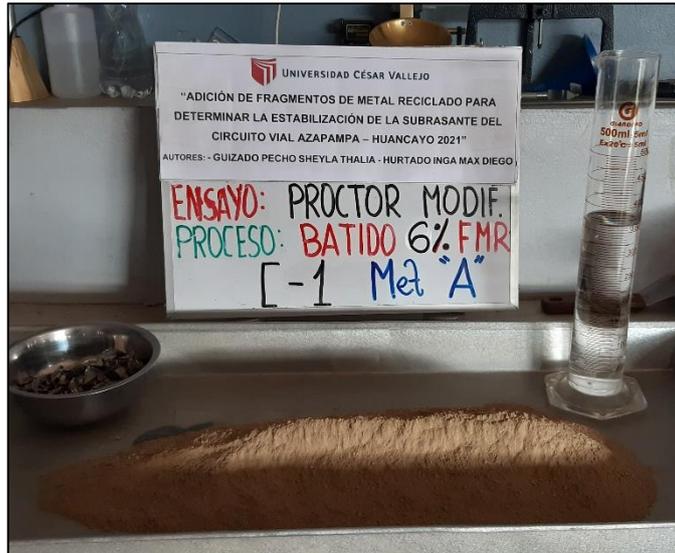


Figura 32: Batido con el 6% de FMR.



Figura 33: Compactado con el 6% de FMR.

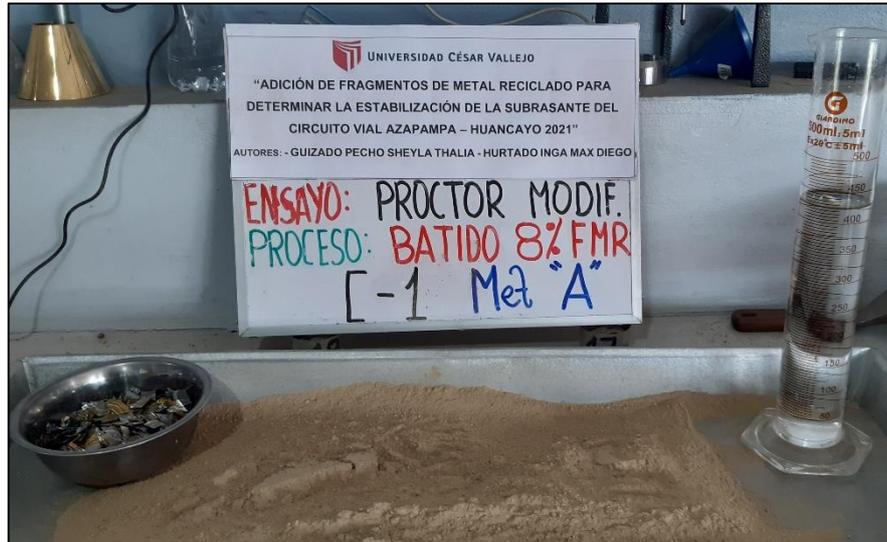


Figura 34: Batido con el 8% de FMR.



Figura 35: Compactado con el 8% de FMR.

ANEXO N° 8: Panel fotográfico – CBR.



Figura 36: Penetración del espécimen - 12 golpes



Figura 37: Penetración del espécimen - 25 golpes



Figura 38: Penetración del espécimen – 56 golpes.



Figura 39: Especimen después de la penetración.



Figura 40: Batido de material con 4% de FMR.



Figura 41: Penetración con el 4% de FMR - 12 golpes.



Figura 42: Penetración con el 4% de FMR – 25 golpes.



Figura 43: Penetración con el 4% FMR – 56 golpes.



Figura 44: Espécimen con el 4% FMR después de la penetración.



Figura 45: Batido con el 6% de FMR.



Figura 46: Compactado - CBR con el 6% de FMR.



Figura 47: Penetración con el 6% de FMR – 12 golpes.



Figura 48: Penetración con el 6% de FMR - 25 golpes.



Figura 49: Penetración con el 6% de FMR - 56 golpes.



Figura 50: Espécimen penetrado con 6% de FMR.



Figura 51: Batido con el 8% de FMR.



Figura 52: Compactado – CBR con el 8% de FMR.



Figura 53: Penetración con el 8% de FMR - 12 golpes.



Figura 54: Penetración con el 8% de FMR - 25 golpes.



Figura 55: Penetración con el 8% de FMR - 56 golpes.



Figura 56: Especimen penetrado con 8% de FMR.

ANEXO 09: Peso específico de los FMR.



Figura 57: Peso unitario de los FMR.



Figura 58: Peso sumergido de los FMR.

ANEXO 10: FICHA DE VALIDEZ Y RECOPIACION DE DATOS

FORMATO DE ESTUDIO DE SUELOS			
NOMBRE DEL PROYECTO : _____			
FECHA DE INICIO : _____			
TEC. RESPONSABLE : _____			
MET. MTC	Pesos	% Acumul	% Aplicac
2"			
3/4"			
3/8"			
Malla N° 04			
< N° 04			
Met. Proctor Estandar Modificado			
ANALISIS GRANULOMETRICO - MTC E 107			
	1	2	3
P HUMEDO			
P SECO			
Peso Correg.			
3"			
2 1/2"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"			
N° 4			
N° 6			
N° 8			
N° 10			
N° 16			
N° 20			
N° 30			
N° 40			
N° 50			
N° 80			
N° 100			
N° 200			
HUMEDAD NATURAL - MTC E - 108			
MUESTRA	1	2	
N° TARA			
PESO DE TARA			
PT + SH			
PT + SS			
LIMITE LIQUIDO 1 - MTC E 110			
	1	2	3
N° TARA			
PESO DE TARA			
PT + SH			
PT + SS			
N° GOLPES			
LIMITE LIQUIDO 2 - MTC E 110			
	1	2	3
N° TARA			
PESO DE TARA			
PT + SH			
PT + SS			
N° GOLPES			
LIMITE LIQUIDO 3 - MTC E 110			
	1	2	3
N° TARA			
PESO DE TARA			
PT + SH			
PT + SS			
N° GOLPES			
LIMITE LIQUIDO 4 - MTC E 110			
	1	2	3
N° TARA			
PESO DE TARA			
PT + SH			
PT + SS			
N° GOLPES			
LIMITE PLASTICO - MTC E 111			
	1	2	3
N° TARA			
PESO DE TARA			
PT + SH			
PT + SS			
N° GOLPES			


Bach. Juan A. Huanca Topara
 Laboratorio de Suelos y Materiales


Ing. Christian R. Alvarez Paitampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107015

	LABORATORIO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y MATERIALES.	Informe N° :	
		Fecha de Emisión :	29/05/2021
		Páginas :	
		Realizado por :	J. A. H. T.
		Revisado por :	C. R. A. P.

FICHA DE PROPIEDADES DE MATERIAL

ANÁLISIS DE MATERIALES

FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE MATERIAL

Descripción : FRAGMENTO DE METAL RECICLADO (CHAPAS)
 Material : ESTAÑO DE BAJO RECUBRIMIENTO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Propiedades:

- | | | |
|----------------------------------|---|--|
| -Minerales de los que se obtiene | : | Casiterita |
| -Composición | : | Acero de base laminado
Ligera capa de estaño inferior a 2 g/cm ²
Óxido de cromo |
| -Peso Específico | : | 1.98 g/cm ³ |
| -Punto de Fusión | : | 231.93 °C |
| -Punto de Ebullición | : | 2270 |
| -Dureza (escala de Mohs) | : | 1.5 |
| -Resistencia a la tracción | : | 5 kg/cm ² |
| -Colores | : | Blanco y Gris |
| -Características | : | . Es maleable
. Presenta alta plasticidad
. Resistencia a la corrosión
. Fluidez y flexibilidad |


Ingeniero Juan A. Huanca Tapara
 Laborantista de Suelos y Materiales


Ingeniero Christian R. Alvarez Paltaongana
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107015

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

Nombre de la Tesis: "Adición de fragmentos de metal reciclado para determinar la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa – Huancayo 2021"

Instrumentos de evaluación: Limite de Atterberg, Proctor Modificado, CBR

INDICADORES	CRITERIOS	1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y libre de ambigüedad					✓
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables			✓		
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia-tecnología-conciencia ambiental				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización logica			✓		
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				✓	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio					✓
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos técnicos -científicos y del tema de estudio					✓
8. COHERENCIA	Entre los indices, indicadores, dimensiones y variables.					✓
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al proposito del estudio					✓
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					✓
1= Muy deficiente; 2= Deficiente; 3=Acceptable; 4= Buena; 5= Excelente						
SUB TOTAL		8.6				
TOTAL		0.86				

OPINION DE APLICABILIDAD

La confiabilidad es excelente

Huancayo, 29 de mayo del 2021

Dr. Deyvis Alberto Palomares
Especialista en Geotecnia
CIP: 107015

Firma y posfirma del experto

ANEXO 11: CERTIFICADOS DE LABORATORIO

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	Informe : Realizado por : J. A. H. T. Revisado por : C. R. A. P.
PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021		Registro N° : :
UBICACIÓN : AV. DE OCTUBRE		Fecha : 29/05/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : km 01+500	TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
CALICATA : C-001	LADO : DERECHA
MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA	
PROFUND. : 0.00-1.50	

N° DE ENSAYOS	1	2	3
N° Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	2845.0		
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	2415.0		
Peso Tara (gr.)	0.0		
Peso Agua (gr.)	430.0		
Peso Suelo Seco (gr.)	2415.0		
Contenido de Humedad (gr.)	17.81		
Promedio (%)	17.81		

Observaciones:



Dr. Juan A. Huancá Tapora
 Laboratorio de Suelos y Materiales



Ing. Christian R. Alvarez Paitampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107019

	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : _____
		Fecha de Emisión : 29/05/2021
		Páginas : _____
		Realizado por : J. A. H. T.
		Revisado por : C. R. A. P.

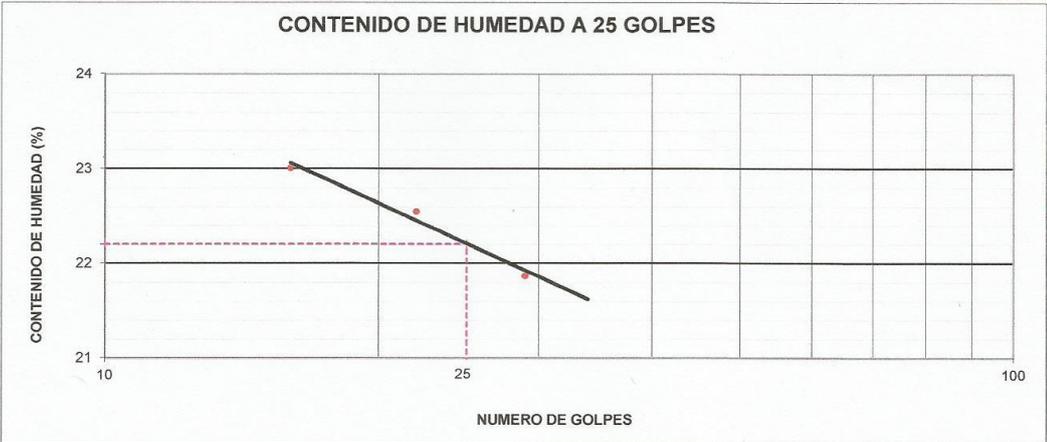
LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO	: ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021		
TRAMO	: AV. DE OCTUBRE		
MATERIAL	: EXISTENTE DE PLATAFORMA		
UBICACIÓN	: km 01+500	LADO:	DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-01
MUESTREO	: M-01
PROF. (m)	: 0.00-1.50

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		9	8	7
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	44.10	41.25	40.02
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	39.00	36.30	35.27
PESO DE AGUA	(g)	5.10	4.95	4.75
PESO DEL TARRO	(g)	15.68	14.35	14.63
PESO DEL SUELO SECO	(g)	23.32	21.95	20.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	(g)	21.87	22.55	23.01
NUMERO DE GOLPES		29	22	16

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	20.25	20.49	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.49	18.91	
PESO DE AGUA	(g)	1.8	1.6	
PESO DEL TARRO	(g)	8.94	10.41	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	9.55	8.50	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD		18.43	18.59	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	22.24
LIMITE PLASTICO	18.51
INDICE DE PLASTICIDAD	3.73

OBSERVACIONES

Bach. Juan A. Huanca Tapara
 Laboratorio de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Poitampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107015



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N° :
 Fecha de Emisión : 29/05/2021
 Páginas :
 Realizado por : J. A. H. T.
 Revisado por : C. R. A. P.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

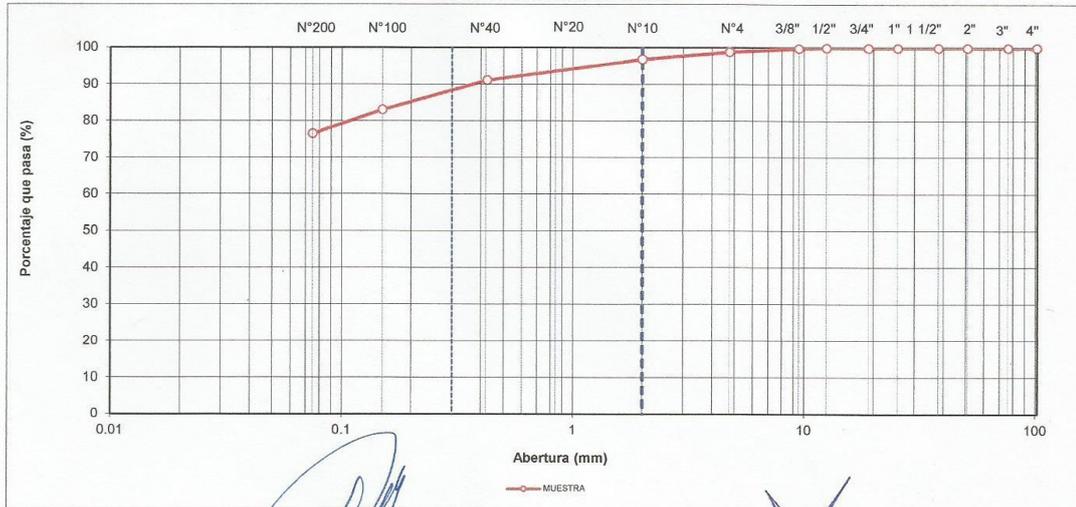
PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021
 TRAMO : AV. DE OCTUBRE
 MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA
 UBICACIÓN : km 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01 TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 MUESTRA : M-01 Peso inicial seco : 2415.0 g
 PROF. (m) : 0.00-1.50 Peso lavado seco : 561.8 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	101.600						Contenido de Humedad (%) : 17.81
2 1/2"	76.200						Límite Líquido (LL) : 22.24
2"	50.800						Límite Plástico (LP) : 18.51
1 1/2"	38.100						Índice Plástico (IP) : 3.73
1"	25.400						Clasificación (SUCS) : ML
3/4"	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-4 (
1/2"	12.500				100.00		Índice de Grupo : 1)
3/8"	9.500	2.04	0.08	0.08	99.92		Descripción (AASHTO) : REG-MALO
Nº 4	4.750	24.00	0.99	1.08	98.92		Descripción (SUCS) : Limo de baja plasticidad con arena
Nº 8	2.360	34.11	1.41	2.49	97.51		
Nº 10	2.000	13.05	0.54	3.03	96.97		Índice de Liquidez:
Nº 16	1.190	44.14	1.83	4.86	95.14		Estado del Suelo:
Nº 20	0.840	30.09	1.25	6.10	93.90		Índice de Consistencia:
Nº 30	0.600	27.43	1.14	7.24	92.76		Estado del Suelo:
Nº 40	0.425	35.65	1.48	8.72	91.28		OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300	43.81	1.81	10.53	89.47		Bolonería > 3" : 0.0
Nº 80	0.177	126.87	5.25	15.78	84.22		Grava 3" - Nº 4 : 1.1
Nº 100	0.150	25.46	1.05	16.84	83.16		Arena Nº4 - Nº 200 : 22.2
Nº 200	0.075	155.17	6.43	23.26	76.74		Finos < Nº 200 : 76.7
< Nº 200	FONDO	1853.18	76.74	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMETRICA



Bach. Juan A. Huanca Tapara
 Laboratorista de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paizampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107015

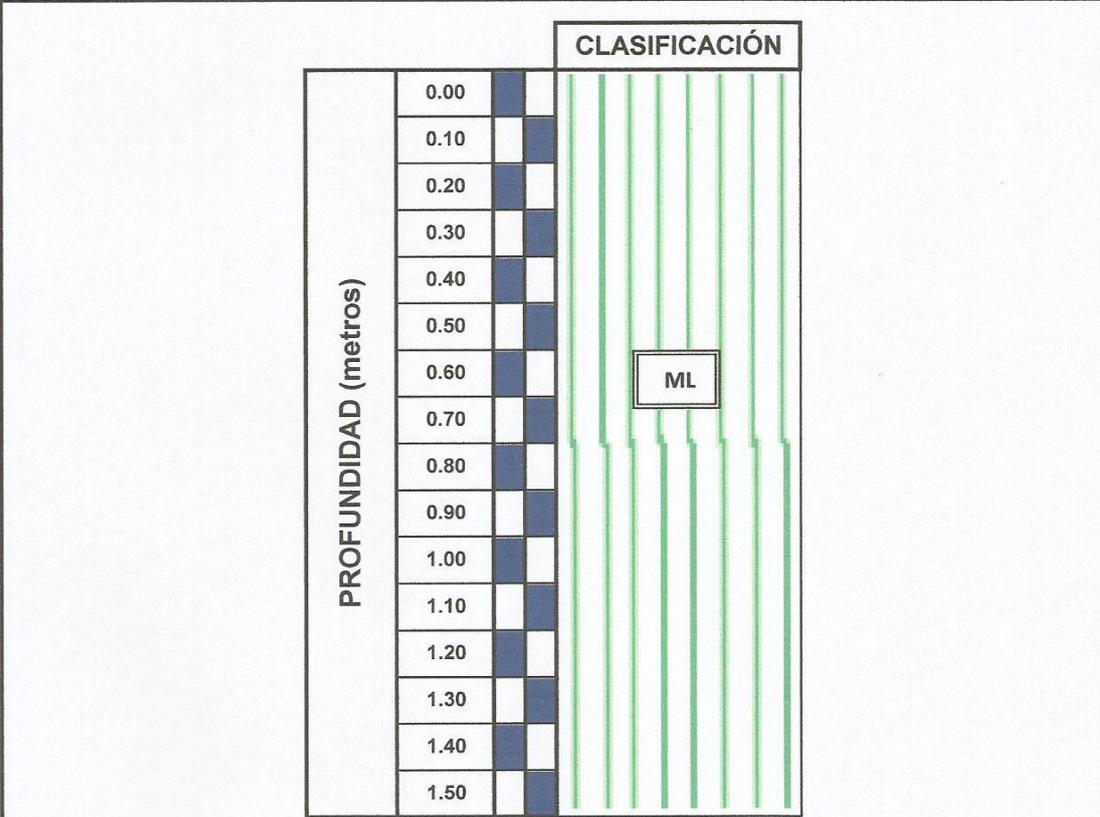
 <p>APOL S.A.C. LABORATORIO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTO</p>	<p>LABORATORIO DE ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.</p> <p>DIRECCIÓN. Jr. La Florida N2 335, Lote N° 02, Barrio Pichcus, Distrito y Provincia de Huancayo</p> <p>CORREO: APOLOCMCONSTRUC@GMAIL.COM CEL.: 945404317 - 991696981</p>	
--	--	---

PROYECTO : Adición de fragmentos de metal reciclado para determinar la estabilización de la subrasante del circuito vial Azapampa – Huancayo 2021

SOLICITA : Bach. Guizado Pecho, Sheyla Thalia
Bach. Hurtado Inga, Max Diego

UBICACIÓN : Av. 31 de Octubre
CALICATA : 01 - ESTR 01

PERFIL ESTATRIGRAFICO




Bach. Juan A. Huanca Tapara
 Laboratorista de Suelos y Materiales


Ing. Christian R. Alvarez Patampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107015



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N°
Fecha de Ems. : 29/05/2021
Páginas
Realizado por J. A. H. T.
Revisado por C. R. A. P.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANGAYO 2021

TRAMO : AV. DE OCTUBRE

MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA

UBICACIÓN : km 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01

MUESTREO : M-01

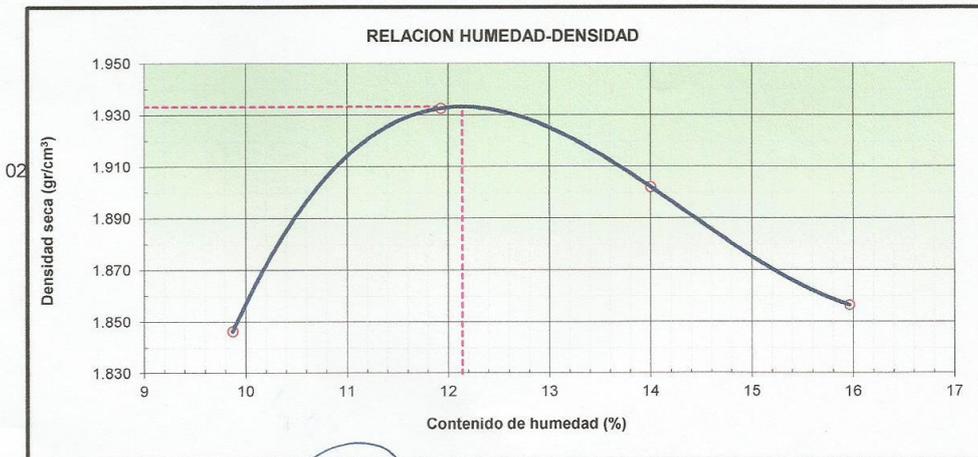
PROF. (m): 0.00-1.50

CLASF. (SUCS) : ML

CLASF. (AASHTO) : A-4 ((1))

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	3845.0	3975.0	3980.0	3965.0	
Peso molde	gr	1885.0	1885.0	1885.0	1885.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1960.0	2090.0	2095.0	2080.0	
Volumen del molde	cm ³	966.06	966.06	966.06	966.06	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.029	2.163	2.169	2.153	
Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	76.89	74.50	87.75	76.17	
Peso del suelo seco + tara	gr	71.36	68.26	78.86	67.82	
Tara	gr	15.34	15.94	15.36	15.51	
Peso de agua	gr	5.53	6.24	8.89	8.35	
Peso del suelo seco	gr	56.02	52.32	63.50	52.31	
Contenido de agua	%	9.87	11.93	14.00	15.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.847	1.933	1.902	1.857	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.933
Humedad óptima (%)						12.1



Bach. Juan A. Huancá Tapara
 Laboratorio de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paizampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107015

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021

TRAMO : AV. DE OCTUBRE

MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA

UBICACIÓN : KM 1+500 LADO: DERECHA

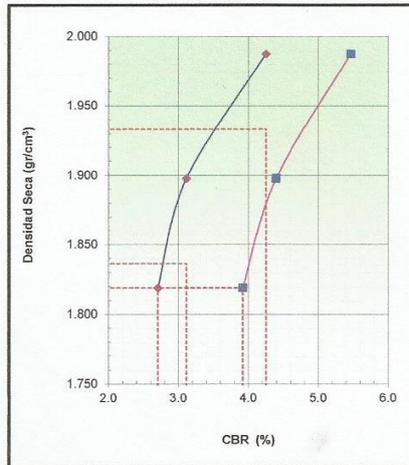
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01

MUESTREO : M-01

PROF. (m): : 0.00-1.50

CLASF. (SUCS) : **ML**
CLASF. (AASHTO) : **A-4 (1)**



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.933

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.1

95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.837

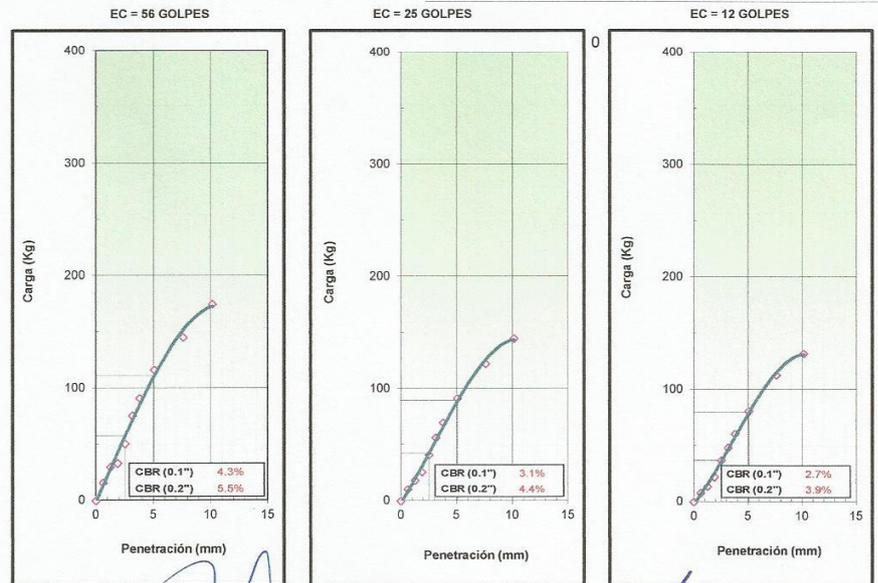
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	4.3	0.2":	5.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	3.1	0.2":	4.4

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **4.3 (%)**

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **3.1 (%)**

OBSERVACIONES:



Bach. Juan A. Huanca Tapara
Laboratista de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paitampoma
Especialista en Geotecnia
CIP: 107015



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N°
Fecha de Ems. : 29/05/2021
Páginas
Realizado por J. A. H. T.
Revisado por C. R. A. P.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

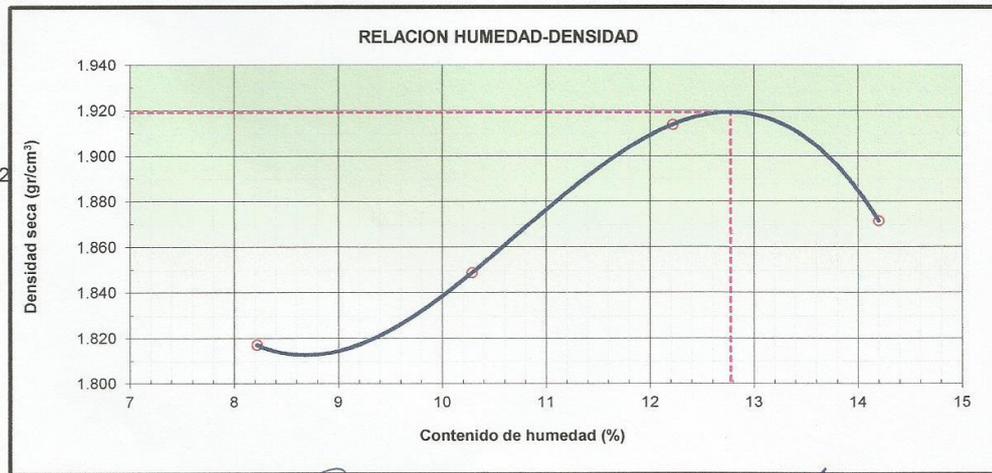
PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021
TRAMO : AV. DE OCTUBRE
MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA - 4% FMR
UBICACIÓN : km 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTREO : M-01 CLASF. (SUCS) : ML
PROF. (m): 0.00-1.50 CLASF. (AASHTO) : A-4 ((1))

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	3785.0	3855.0	3960.0	3950.0	
Peso molde	gr	1885.0	1885.0	1885.0	1885.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1900.0	1970.0	2075.0	2065.0	
Volumen del molde	cm ³	966.06	966.06	966.06	966.06	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.967	2.039	2.148	2.138	
Recipiente N°		4	12	10	15	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	80.12	72.45	64.03	80.82	
Peso del suelo seco + tara	gr	75.20	67.18	58.75	72.70	
Tara	gr	15.34	15.94	15.53	15.51	
Peso de agua	gr	4.92	5.27	5.28	8.12	
Peso del suelo seco	gr	59.86	51.24	43.22	57.19	
Contenido de agua	%	8.22	10.28	12.22	14.20	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.817	1.849	1.914	1.872	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.919
					Humedad óptima (%)	12.8



Bach. Juan A. Huanca Tapara
Laboratorista de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paitanpoma
Especialista en Geotecnia
CIP: 107013



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

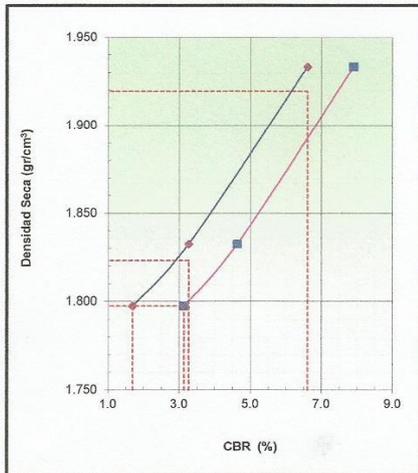
Informe N° :
Fecha de Emis. : 29/05/21
Páginas :
Realizado por : J. A. H. T.
Revisado por : C. R. A. P.

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021
TRAMO : AV. DE OCTUBRE
MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA - 4% FMR
UBICACIÓN : KM 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTREO : M-01
PROF. (m): 0.00-1.50
CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (1)

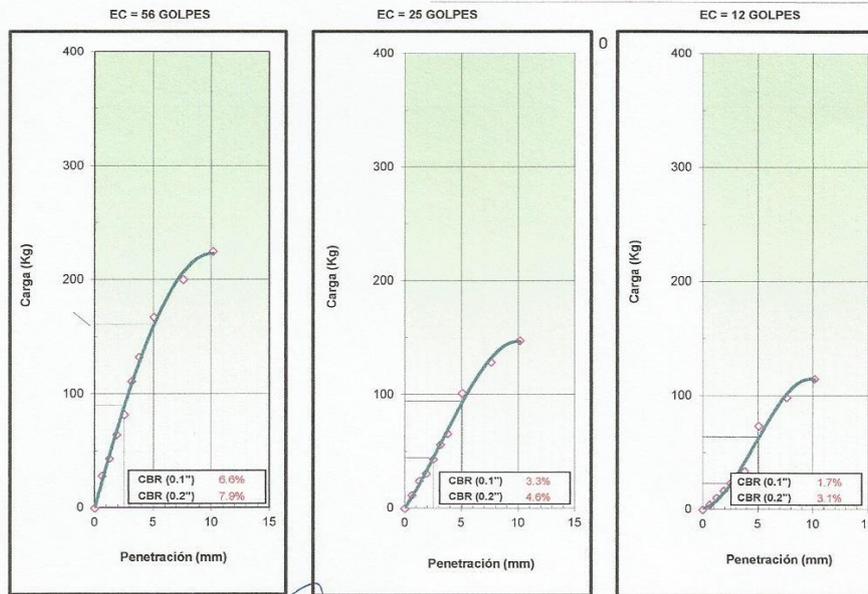


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.919
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.824

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 6.6	0.2": 7.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 3.3	0.2": 4.6

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.6 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 3.3 (%)

OBSERVACIONES:



POL
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Bach. Juan A. Huanca Tapara
Laboratorista de Suelos y Materiales

POL
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Ing. Christian R. Alvarez Patampoma
Especialista en Geotecnia
CIP: 107015



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N°
Fecha de Ems. : 29/05/2021
Páginas
Realizado por J. A. H. T.
Revisado por C. R. A. P.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021
TRAMO : AV. DE OCTUBRE
MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA - 6% FMR
UBICACIÓN : km 1+500 LADO: DERECHA

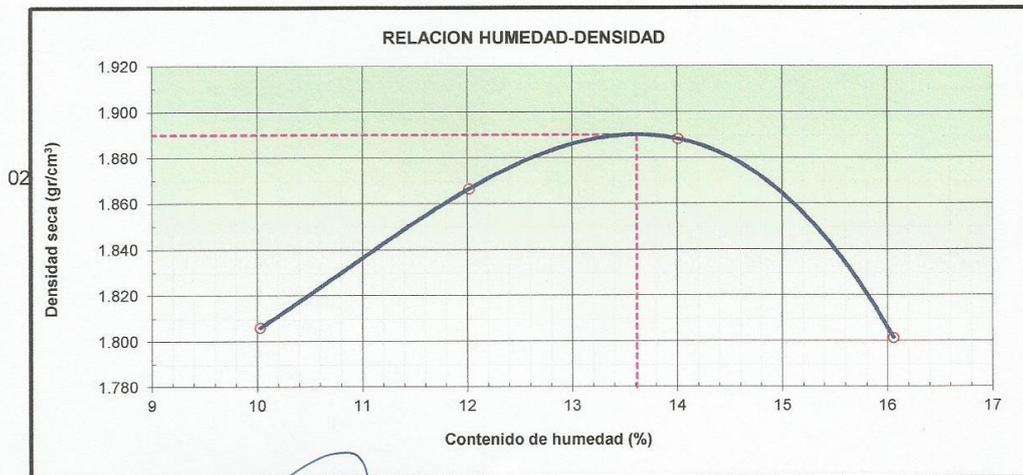
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTREO : M-01 CLASF. (SUCS) : ML
PROF. (m): : 0.00-1.50 CLASF. (AASHTO) : A-4 ((1))

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	3805.0	3905.0	3965.0	3905.0
Peso molde	gr	1885.0	1885.0	1885.0	1885.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1920.0	2020.0	2080.0	2020.0
Volumen del molde	cm ³	966.06	966.06	966.06	966.06
Peso volumétrico húmedo	gr	1.987	2.091	2.153	2.091
Recipiente N°		16	17	18	20
Peso del suelo húmedo+tara	gr	95.12	80.92	71.86	71.96
Peso del suelo seco + tara	gr	87.85	73.95	64.94	64.15
Tara	gr	15.34	15.94	15.53	15.51
Peso de agua	gr	7.27	6.97	6.92	7.81
Peso del suelo seco	gr	72.51	58.01	49.41	48.64
Contenido de agua	%	10.03	12.02	14.01	16.06
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.806	1.867	1.889	1.802

Densidad máxima (gr/cm³) : 1.890
Humedad óptima (%) : 13.6



Bochi Juan A. Huanca Tapara
Laboratorista de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paitampoma
Especialista en Geotecnia
CIP: 107013



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° Fecha de Emis. : 29/05/2021 Páginas Realizado por J. A. H. T. Revisado por C. R. A. P.
--	---

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021		
TRAMO	AV. DE OCTUBRE		
MATERIAL	EXISTENTE DE PLATAFORMA - 6% FMR		
UBICACIÓN	Km 1+500 LADO: DERECHA		

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01		
MUESTREO	: M-01		
PROF. (m):	: 0.00-1.50		
	CLASF. (SUCS)	: ML	
	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (1)	

COMPACTACION						
Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8685.0		8440.0		8335.0	
Peso de molde (g)	3940.0		3940.0		3940.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4745.0		4500.0		4395.0	
Volumen del molde (cm³)	2121.0		2114.0		2165.0	
Densidad húmeda (g/cm³)	2.237		2.129		2.030	
Tara (N°)	18		19		17	
Peso suelo húmedo + tara (g)	89.08		85.79		90.17	
Peso suelo seco + tara (g)	80.12		77.42		81.18	
Peso de tara (g)	14.52		15.73		15.35	
Peso de agua (g)	9.0		8.4		9.0	
Peso de suelo seco (g)	65.6		61.7		65.8	
Contenido de humedad (%)	13.66		13.57		13.66	
Densidad seca (g/cm³)	1.968		1.874		1.786	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kn	kg/cm2	kg	%	kn	kg/cm2	kg	%	kn	kg/cm2	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		0.147	14.99			0.140	14.3			0.137	14.0		
1.270		0.352	35.89			0.246	25.1			0.201	20.5		
1.905		0.619	63.12			0.385	39.3			0.287	29.3		
2.540	70.5	0.935	95.34	103.8	7.7	0.533	54.4	57.3	4.2	0.365	37.2	39.0	2.9
3.180		1.305	133.07			0.692	70.6			0.435	44.4		
3.810		1.677	171.00			0.896	91.4			0.568	57.9		
5.080	105.7	2.199	224.23	204.1	10.0	1.204	122.8	113.1	5.6	0.787	80.3	74.4	3.7
7.620		2.514	256.35			1.442	147.0			0.993	101.3		
10.160		3.144	320.59			1.810	184.6			1.250	127.5		

Bochi Juan A. Huancu Tapara
 Laboratorio de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Poitampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107013



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

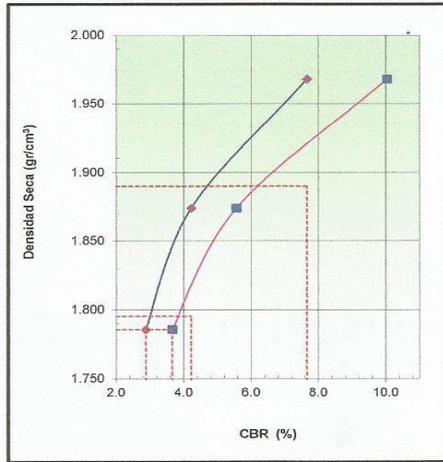
Informe N° :
Fecha de Emis. : 29/05/21
Páginas :
Realizado por : J. A. H. T.
Revisado por : C. R. A. P.

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021
TRAMO : AV. DE OCTUBRE
MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA - 6% FMR
UBICACIÓN : KM 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTREO : M-01
PROF. (m): : 0.00-1.50
CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (1)

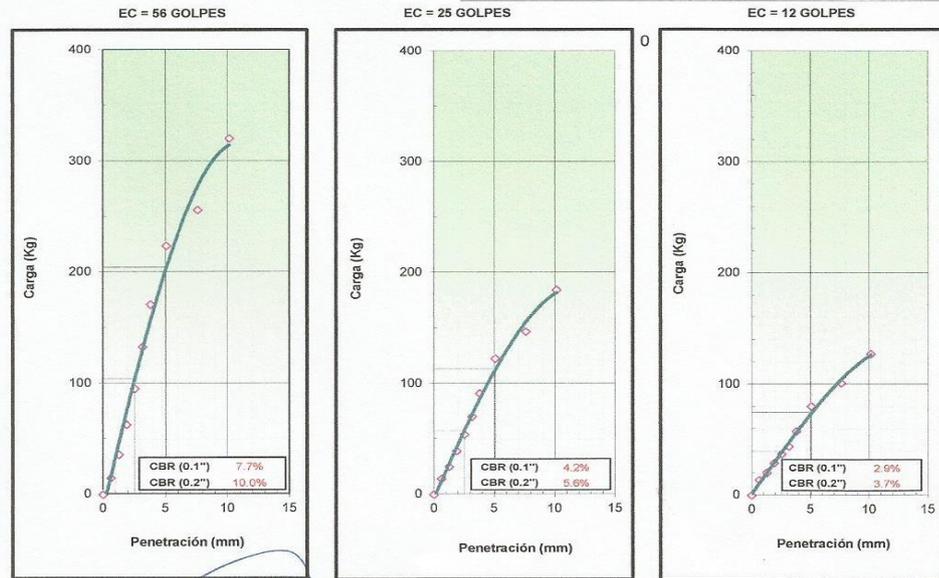


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.890
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.796

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 7.7	0.2": 10.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 4.2	0.2": 5.6

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 7.7 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.2 (%)

OBSERVACIONES:



Bach. Juan A. Huanca Tapara
Laboratorista de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paitompoma
Especialista en Geotecnia
CIP: 107015



**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Informe N°
Fecha de Ems. : 29/05/2021
Páginas
Realizado por J. A. H. T.
Revisado por C. R. A. P.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021

TRAMO : AV. DE OCTUBRE

MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA - 8% FMR

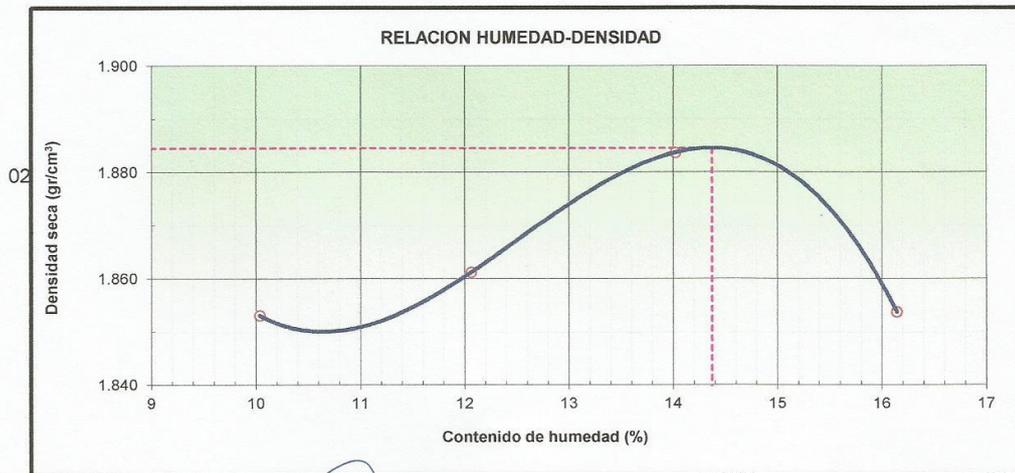
UBICACIÓN : km 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTREO : M-01 CLASF. (SUCS) : ML
PROF. (m): : 0.00-1.50 CLASF. (AASHTO) : A-4 ((1))

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	3855.0	3900.0	3960.0	3965.0	
Peso molde	gr	1885.0	1885.0	1885.0	1885.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1970.0	2015.0	2075.0	2080.0	
Volumen del molde	cm ³	966.06	966.06	966.06	966.06	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.039	2.086	2.148	2.153	
Recipiente N°		14	15	16	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	102.26	82.84	75.85	74.94	
Peso del suelo seco + tara	gr	94.26	75.64	68.40	66.74	
Tara	gr	14.53	15.94	15.26	15.94	
Peso de agua	gr	8.00	7.20	7.45	8.20	
Peso del suelo seco	gr	79.73	59.70	53.14	50.80	
Contenido de agua	%	10.03	12.06	14.02	16.14	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.853	1.861	1.884	1.854	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.885
Humedad óptima (%)						14.4



Bach. Juan A. Huanca Tapara
 Laboratorista de Suelos y Materiales

Ing. Christian R. Alvarez Paizampoma
 Especialista en Geotecnia
 CIP: 107013



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

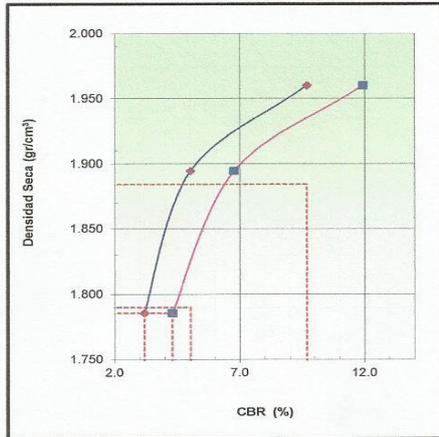
Informe N° :
Fecha de Emis. : 29/05/21
Páginas :
Realizado por : J. A. H. T.
Revisado por : C. R. A. P.

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : ADICION DE FRAGMENTOS DE METAL RECICLADO PARA DETERMINAR LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DEL CIRCUITO VIAL AZAPAMPA - HUANCAYO 2021
TRAMO : AV. DE OCTUBRE
MATERIAL : EXISTENTE DE PLATAFORMA - 8% FMR
UBICACIÓN : KM 1+500 LADO: DERECHA

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTREO : M-01
PROF. (m): 0.00-1.50
CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (1)

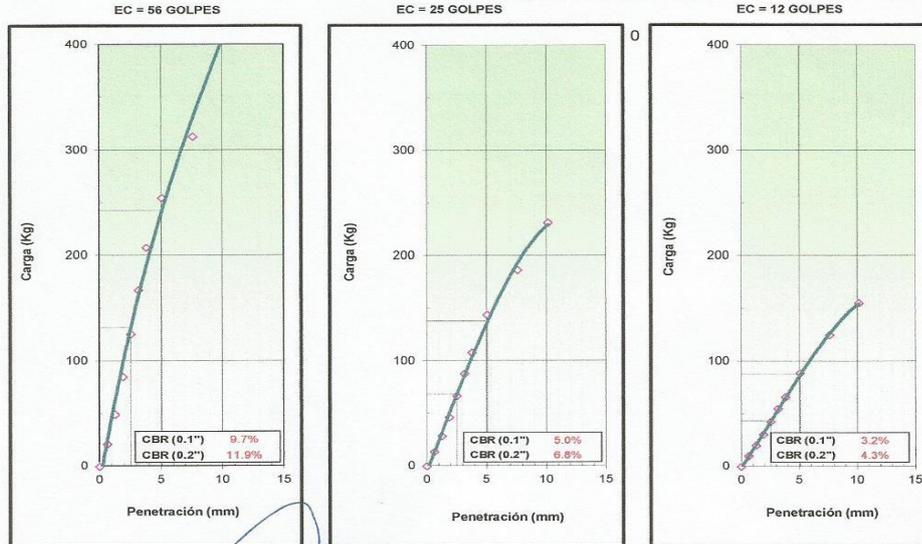


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.885
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.790

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 9.7	0.2": 11.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 5.0	0.2": 6.8

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 9.7 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.0 (%)

OBSERVACIONES:



POL
LABORATORIO DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Bach. Juan A. Huanca Tapara
Laboratorista de Suelos y Materiales

POL
LABORATORIO DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Ing. Christian R. Alvarez Puitompoma
Especialista en Geotecnia
CIP: 107015

ANEXO 12: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPO DE LABORATORIO



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-23014-003 R0

Page / Pág. 1 de 5

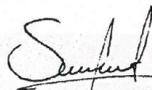
Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y CBR	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	PS-25	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	366	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No Presenta	
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	50 kN	
Solicitante <i>Customer</i>	APOLO CM SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
Dirección <i>Address</i>	Jirón La Florida 335 - El Tambo - Huancayo	
Ciudad <i>City</i>	Huancayo - Perú	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2021 - 03 - 11	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 31	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


 Ing. Sergio Iván Martínez
 Director Laboratorio de Metrología


 Tec. Francisco Durán Romero
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

LIA-FC05-F-01 R12.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #10314-72 | FBX 57 (1) 746 4565 - 3174033641 | inform@tecnologia.pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO

Escaneado con CamScanner



DATOS TÉCNICOS

Instrumento Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
Clase	3.0	Instrumento	Transductor de Fuerza de 50 kN
Dirección de Carga	Compresión	Modelo	14711,00
Tipo de Indicación	Digital	Clase	0.0
División de Escala	0.1 kN	Número de Serie	620,00
Resolución	0.1 kN	Certificado de Calibración	4277 del INM
Intervalo de Medición Calibrado	Del 10 % al 100 % de la carga máxima.	Próxima Calibración	2021-12-11
Límite Inferior de la Escala	10 kN		

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ABNT NBR 8197:2012 Materiais Metálicos - Calibração de Instrumentos de Medição de Força de Uso Geral, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 18°C a 28°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general del equipo y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.
Indicaciones como se recibió y se entregó el equipo después de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S _{1, 2 y 3}
	S ₁	S ₂	S ₂ '	S ₃	S ₄		
%	kN	Ascendente kN	Ascendente kN	No Aplica	Ascendente kN	No Aplica	kN
20	10,0	10,033	10,092	---	10,070	---	10,065
30	15,0	15,051	15,059	---	15,057	---	15,055
40	20,0	20,069	20,069	---	20,070	---	20,069
50	25,0	25,086	25,090	---	25,086	---	25,088
60	30,0	30,106	30,106	---	30,101	---	30,104
70	35,0	35,115	35,121	---	35,113	---	35,116
80	40,0	40,134	40,144	---	40,139	---	40,139
90	45,0	45,152	45,154	---	45,156	---	45,154
100	50,0	50,165	50,173	---	50,169	---	50,169

LM-PC-05-F-01 R12.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



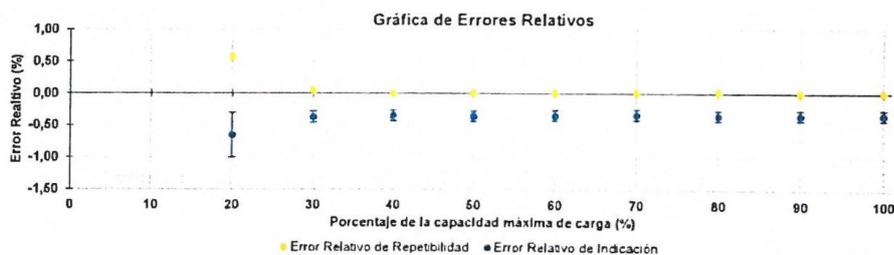
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 2.
Error relativo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,s1}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s3}$ %	$f_{0,s4}$ %
0,000	0,000	—	0,000	—

Tabla 3.
Resultados de la Calibración del instrumento para medición de fuerza.

Indicación del IBC	Errores Relativos				Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad			U		
	q %	b %	v %	a %		kN	%	
20	10,000	-0,65	0,58	—	1,000	0,035	0,35	2,01
30	15,000	-0,367	0,053	—	0,667	0,014	0,091	2,02
40	20,000	-0,345	0,005	—	0,500	0,017	0,084	2,01
50	25,000	-0,350	0,016	—	0,400	0,021	0,085	2,01
60	30,000	-0,346	0,017	—	0,333	0,025	0,085	2,01
70	35,000	-0,331	0,023	—	0,286	0,030	0,085	2,01
80	40,000	-0,347	0,025	—	0,250	0,034	0,085	2,01
90	45,000	-0,341	0,009	—	0,222	0,038	0,084	2,01
100	50,000	-0,336	0,016	—	0,200	0,042	0,085	2,01



CONDICIONES AMBIENTALES

La Calibración fue ejecutada en el laboratorio de Metrología de Pinzuar en su laboratorio de fuerza ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. - Colombia. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 20,4 °C Temperatura Ambiente Mínima: 19,8 °C
 Humedad Relativa Máxima: 56 % HR Humedad Relativa Mínima: 55 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #103B-72 | Ffex: 57 (1) 746 4555 | F: 7420364 | Email: info@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.CO.UK





RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R², el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	—	R ²
-3,22667 E-02	1,00890 E00	-2,15501 E-04	2,40093 E-06		1,000 E00

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

Tabla 5.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación kN	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
10,0	10,038	10,540	11,043	11,545	12,048
12,5	12,550	13,052	13,555	14,057	14,559
15,0	15,061	15,563	16,065	16,567	17,069
17,5	17,570	18,072	18,574	19,076	19,577
20,0	20,079	20,580	21,082	21,583	22,085
22,5	22,586	23,088	23,589	24,090	24,592
25,0	25,093	25,594	26,096	26,597	27,098
27,5	27,599	28,101	28,602	29,103	29,604
30,0	30,106	30,607	31,108	31,609	32,111
32,5	32,612	33,113	33,614	34,116	34,617
35,0	35,118	35,620	36,121	36,622	37,124
37,5	37,625	38,126	38,628	39,129	39,631
40,0	40,133	40,634	41,136	41,638	42,139
42,5	42,641	43,143	43,645	44,147	44,649
45,0	45,151	45,653	46,155	46,657	47,159
47,5	47,662	48,164	48,666	49,169	49,671
50,0	50,174				

Tabla 6.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
10,0	10,065	10,038	0,0
15,0	15,055	15,061	0,0
20,0	20,069	20,079	0,0
25,0	25,088	25,093	0,0
30,0	30,104	30,106	0,0
35,0	35,116	35,118	0,0
40,0	40,139	40,133	0,0
45,0	45,154	45,151	0,0
50,0	50,169	50,174	0,0

LM-PC-05-F-01 R12.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038-72 | Ffpx, 57 (1) 745 4255 | 5174233543 | inform@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k = 2,019$ y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL EQUIPO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una clase de instrumento de medición de fuerza de acuerdo con la sección 8 de la Norma ISO 376:2011

Clase	Reproducibilidad	Repetibilidad	Cero	Reversibilidad
0	0,05	0,025	0,012	0,07
0,5	0,1	0,05	0,025	0,15
1	0,2	0,1	0,05	0,3
2	0,4	0,2	0,1	0,5

OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, el equipo debe calibrarse si se somete a ajustes o reparaciones importantes.
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-23014-003

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

laboratorio de Metrología | Cl. 19 # 1033-72 | RR. 57 (1) 746 4506 - 3174203241 | correo@pinzuarmetrologia.com | WWW.PINZUAR.MCO

