



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Adición de escoria de acero para estabilizar la subrasante en la  
Carretera Tramo Puente Blanco - Chunchuquillo, Colasay – Jaén –  
Cajamarca - 2021.**

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

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Ocupa Meza Suleida Darixsa (ORCID: 0000-0001-5217-4684)

Troyes Mego Heraldinne (ORCID: 0000-0002-5180-4872)

**ASESOR:**

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi hermano LITMAN ALECIS, por ser el primer ejemplo de éxito a seguir. A mis padres YSMAEL OCUPA y GLORIA MEZA quienes gracias a sus esfuerzos he llegado a mi primera meta trazada y a mis Hermanos Wilin Jenner, Ingrid Sheila, Yali Lizeth por el apoyo. Ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino y a las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo.

**Ocupa Meza, Suleida Darixsa.**

Esta tesis se la dedico a mis padres, María D. Mego y Felipe Troyes por haber sido mi apoyo principal para lograr mi meta como persona y como futura profesional, por todos sus sacrificios es que he logrado llegar hasta aquí, A mis hermanos, Edson y Filipino por su apoyo incondicional, a mi hijo Dylan E. Vargas Troyes porque él es mi fuerza para seguir luchando por mis metas tan anheladas y por ser mi principal motivación y a mi compañera de tesis quien me dio la motivación y la ayuda para culminar nuestro proyecto.

**Troyes Mego, Heraldinne.**

## **Agradecimiento**

El presente trabajo agradecemos a Dios por ser guía y compañero en el transcurso de nuestras vidas, brindándonos paciencia y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

A nuestros padres, hermanos y amigos quienes son nuestro gran motivo, por el amor y confianza que han demostrado hacia nosotras a lo largo nuestra vida universitaria.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

Agradecemos a la universidad cesar vallejo por habernos aceptado ser parte de su institución y permitirnos realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	15
III. METODOLOGÍA .....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	28
3.2. Variables y operacionalización .....	28
3.3. Población, muestra y muestreo .....	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
3.5. Procedimientos.....	32
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos .....	33
IV. RESULTADOS .....	34
IV. DISCUSIONES .....	68
V. CONCLUSIONES .....	73
VI. RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS .....	76
ANEXOS.....	79
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	79
ANEXO 02: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	80
ANEXO 03: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS.....	111

## Índice de tablas

Tabla 1 Fase de compactación del CBR .....	22
Tabla 2 Fase de inmersión del CBR .....	23
Tabla 3 Fase de penetración del CBR.....	23
Tabla 4 Fase de agua absorbida del CBR.....	24
Tabla 5 Fase de expansión del CBR .....	24
Tabla 6 Operacionalización de variables.....	29
Tabla 7 Análisis granulométrico de C-01 .....	35
Tabla 8 Características del suelo de C-01.....	36
Tabla 9 Análisis granulométrico de C-02.....	37
Tabla 10 Características del suelo de C-02.....	38
Tabla 11 Contenido de humedad de C-01.....	39
Tabla 12 Contenido de humedad de C-02.....	39
Tabla 13 Índice de plasticidad de la Calicata C-01 .....	40
Tabla 14 Índice de plasticidad de la Calicata C-02.....	41
Tabla 15 Proctor modificado de la Calicata C-01 .....	42
Tabla 16 Proctor modificado de la Calicata C-01+3% escoria.....	43
Tabla 17 Proctor modificado de la Calicata C-01+6% escoria.....	44
Tabla 18 Proctor modificado de la Calicata C-01+12% escoria.....	45
Tabla 19 Proctor modificado de la Calicata C-02 .....	46
Tabla 20 Proctor modificado de la Calicata C-02+3% escoria.....	47
Tabla 21 Proctor modificado de la Calicata C-02+6% escoria.....	48
Tabla 22 Proctor modificado de la Calicata C-02+12% escoria.....	49
Tabla 23 CBR de la Calicata C-01.....	50
Tabla 24 CBR de la Calicata C-01+ 3% escoria de acero .....	52
Tabla 25 CBR de la Calicata C-01+ 6% escoria de acero .....	54
Tabla 26 CBR de la Calicata C-01+ 12% escoria de acero .....	56
Tabla 27 CBR de la Calicata C-02.....	58
Tabla 28 CBR de la Calicata C-02+ 3% escoria de acero .....	60
Tabla 29 CBR de la Calicata C-02 + 6% escoria de acero .....	62
Tabla 30 CBR de la Calicata C-02+ 12% escoria de acero .....	64

Tabla 31 CBR de las muestras de estudio .....	67
Tabla 32 Matriz de consistencia. ....	79

## Índice de figuras

Figura 1 Origen y formación de los suelos. ....	20
Figura 2 Capa doble difusa de partículas de la arcilla. ....	21
Figura 3 Muestra de escoria de acero. ....	25
Figura 4 Procedimiento del desarrollo de esta investigación.....	32
Figura 5 Curva granulométrica de C-01 .....	36
Figura 6 Curva granulométrica de C-02 .....	38
Figura 7 Gráfica del número de golpes y contenido de humedad de C-01.....	41
Figura 8 Gráfica del número de golpes y contenido de humedad de C-02.....	42
Figura 9 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01.....	43
Figura 10 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01+3% escoria. ....	44
Figura 11 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01+6% escoria. ....	45
Figura 12 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01+12% escoria. ...	46
Figura 13 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02.....	47
Figura 14 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02+3% escoria. ....	48
Figura 15 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02+6% escoria. ....	49
Figura 16 Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02+12% escoria. ...	50
Figura 17 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01. ....	51
Figura 18 Gráfica de penetración vs carga a los 56, 25 y 12 golpes en C-01. ....	52
Figura 19 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01+ 3% escoria. ....	53
Figura 20 Gráfica de penetración vs carga en la C-01+3% escoria. ....	54
Figura 21 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01+ 6% escoria. ....	55
Figura 22 Gráfica de penetración vs carga en la C-01+6% escoria. ....	56
Figura 23 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01+ 12% escoria. ....	57
Figura 24 Gráfica de penetración vs carga en la C-01+12% escoria. ....	58
Figura 25 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02. ....	59
Figura 26 Gráfica de penetración vs carga a los 56, 25 y 12 golpes en C-02. ....	60
Figura 27 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02+ 3% escoria. ....	61
Figura 28 Gráfica de penetración vs carga en la C-01+3% escoria. ....	62
Figura 29 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02+ 6% escoria. ....	63
Figura 30 Gráfica de penetración vs carga en la C-02+6% escoria. ....	64

Figura 31 Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02+ 12% escoria. .... 65

Figura 32 Gráfica de penetración vs carga en la C-02+12% escoria. .... 66

## Resumen

Hoy en día se presenta una gran problemática que impacta negativamente en nuestro medio ambiente, la cual está relacionada a la acumulación de residuos como escoria de acero, así como también la presencia de suelos arcillosos en malas condiciones con bajas resistencias al esfuerzo por corte, deformaciones y asentamientos, por lo que se busca procesos de estabilización costosos que impacta de manera desfavorable a la sociedad. Por ello, esta investigación tiene como objetivo general el evaluar la influencia de la adición de escoria de acero en la subrasante de la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca, considerándose una investigación de tipo descriptiva, con un diseño experimental, presentando como variable independiente a la escoria de acero y variable dependiente a la estabilización de subrasante. Obteniendo como resultados de la caracterización de los suelos a un suelo clasificado como GC según SUCS y suelo A-2-4 (0) según AASHTO. Asimismo, se obtuvo un CBR al 95% de la M.D.S. a 0.1”, en las muestras de suelo natural un valor promedio de 29.60%, y para el suelo con adición del 3%, 6% y 12% escoria de acero, alcanzaron valores promedios de 45.35%, 47.50% y 63.45% respectivamente. De esta manera, se concluyó que, la incorporación de escoria de acero mejora las condiciones mecánicas de un suelo arcilloso, sin embargo, el porcentaje más óptimo fue de la adición del 12% de escoria de acero, al presentar un CBR mayor.

**Palabras clave:** estabilización, escoria de acero, suelos, suelo arcilloso.

## Abstract

Today there is a great problem that negatively impacts our environment, which is related to the accumulation of residues such as steel slag, as well as the presence of clay soils in poor condition with low resistance to shear forces, deformations and settlements, for which costly stabilization processes are sought that adversely impacts society. For this reason, this research has the general purpose of evaluating the influence of the addition of steel slag in the subgrade of the Puente Blanco - Chunchuquillo Colasay - Jaén - Cajamarca highway, considering a descriptive research, with an experimental design, presenting as a variable independent of steel slag and variable dependent on subgrade stabilization. Obtaining as results of the characterization of the soils to a soil classified as GC according to SUCS and soil A-2-4 (0) according to AASHTO. Likewise, a 95% CBR of the M.D.S. at 0.1 ", in the natural soil samples an average value of 29.60%, and for the soil with addition of 3%, 6% and 12% steel slag, they reached average values of 45.35%, 47.50% and 63.45% respectively. In this way, it was concluded that the incorporation of steel slag improves the mechanical conditions of a clay soil, however, the most optimal percentage was the addition of 12% of steel slag, as it presented a higher CBR.

**Keywords:** stabilization, steel slag, soils, clay soil.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial, en las últimas dos décadas se ha evidenciado el incremento de interés por el empleo de diversos materiales con la finalidad de generar un impacto positivo a nuestro medio ambiente, mediante la reutilización de residuos o uso de recursos naturales para la mejora de propiedades del suelo, evitando su incremento de estos residuos, las cuales terminan siendo eliminadas en escombreras, provocando así impactos ambientales negativos (Rondón, y otros, 2018, pág. 83).

En el Perú, existen suelos con condiciones o características desfavorables, por lo que requieren de un proceso de estabilización, para mejorar su resistencia al esfuerzo por corte, su deformación o compresibilidad, asentamientos, la estabilidad volumétrica, entre otros. Por ello, se busca que un suelo presente un buen comportamiento ante un esfuerzo de deformación, a las solicitaciones de carga y que perduren en su vida útil a las infraestructuras que sean construidas sobre esta misma (Ministerio Economía y Finanzas [MEF], 2016).

En la fabricación de acero, se genera un residuo denominado escoria de acero, la cual puede convertirse en un residuo reemplazo de agregados minerales de mezclas asfálticas, donde son limitadas estas fuentes de estos materiales o en donde existen plantas de producción de acero y la inexistencia de botaderos formales para su disposición final (Morcote 2019). Estos desechos que terminan en escombreras cuentan con óptimas propiedades físicas y químicas, por ello, puede ser utilizado en construcción o mantenimiento de carreteras.

En el departamento de Cajamarca, existen diferentes vías de comunicación, las cuales son consideradas de total importancia, a pesar de ello, estas vías se encuentran en condiciones desfavorables, necesitando un mejoramiento y mantenimiento correcto de manera continua. Desde muchos años atrás se han venido realizando proyectos de carreteras, pero no toman en cuenta la normatividad vigente, dentro de ello, se realiza un diseño geométrico que no cumple con todos los parámetros y especificaciones, así como también un estudio de suelos; además de mejorar los suelos por presentar una baja resistencia a las solicitaciones de carga que transitarán en ella.

En la provincia de Jaén, sucede lo mismo, existe la necesidad de mejorar las vías principales como secundarias, al encontrarse también en mal estado e intransitable, siendo estas esenciales medio de comunicación y desarrollo de las poblaciones.

El tramo puente Blanco - Chunchuquillo, Colasay – Jaén, se ha considerado objeto de estudio en esta investigación, planteando el desarrollo de un procedimiento experimental, en la cual se plantea adicionar escoria de acero a un suelo a nivel de subrasante, en los porcentajes indicados, y así evaluar su comportamiento en su estado natural frente al suelo con porcentaje de adición de este residuo, con el fin de obtener el porcentaje óptimo para el mejoramiento de sus propiedades y resistencia del suelo.

Por ello, la presente investigación realiza la siguiente formulación del problema general ¿De qué manera influye la adición de escoria de acero en la subrasante de la Carretera tramo Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021?, y como problemas específicos a los siguientes:

i) ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo en la carretera Puente Blanco – Chunchuquillo?; ii) ¿Cuál es la variación en el CBR de las muestras de suelo con adición de escoria de acero frente al suelo en su estado natural de la carretera Puente Blanco- Chunchuquillo?; iii) ¿Cuál es el porcentaje óptimo de escoria de acero para la estabilización de suelo de subrasante de la carretera Puente Blanco- Chunchuquillo?

Para dar respuesta a cada problema planteado, se considera como objetivo general: Evaluar la influencia de la adición de escoria de acero en la subrasante de la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021, y como objetivos específicos a los siguientes:

i) Evaluar las propiedades físicas del suelo en la carretera Puente Blanco- Chunchuquillo; ii) Determinar la variación del CBR entre las muestras de suelo con adición de escoria de acero frente al suelo en su estado natural de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo; iii) Obtener el porcentaje óptimo de adición de escoria de acero para la estabilización del suelo en la subrasante de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo.

La presente tesis se justifica, porque permite realizar la estabilización de la subrasante en la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo, en donde se plantea estabilizarlo al suelo, con la adición de escoria de acero con el fin de mejorar sus condiciones,

permitiendo así garantizar mejor calidad de vida para la población mediante la seguridad de infraestructuras, ya que, en el tramo de la vía, no se ha realizado ningún tipo de estabilización.

En lo técnico; las nuevas técnicas en estabilización pueden ayudar a las entidades públicas y privadas, que realizan obras de pavimentación, proponiendo mejoras en las diferentes propiedades mecánicas de los diferentes tipos de suelos.

En el aspecto económico, siempre existen problemas que nacen desde el suelo de fundación y en las demás capas superpuestas, dentro de ellos los costos del proceso constructivo, operación y mantenimiento, la cual aumentan a lo largo de la vida útil del proyecto. Por ello con la investigación se pretende reducir los costos, además disminuir los espesores de pavimento en lo que se refiere a capa base y subbase, mejorando la capacidad de soporte de los mismos.

En la parte ambiental; el desafío radica en el compromiso de poder realizar la estabilización sin el deterioro del ecosistema y recursos naturales, siendo objetivo de investigación, el análisis de distintas variables ambientales que se involucran a la hora de realizar la estabilización del suelo a nivel de subrasante, para este caso es con escoria de acero, donde se mitigara la contaminación.

En el aspecto científico; se plantea de manera práctica y experimental, teniendo como resultado un nuevo conocimiento, en lo referente a la estabilización de suelos, para la estabilización de suelo con escoria de acero, además los resultados que se obtengan, servirán para estudios posteriores que se realicen en la estabilización de suelos.

Finalmente, se plantea la siguiente hipótesis general: La adición de escoria de acero estabiliza la subrasante de la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021; y las siguientes hipótesis específicas:

i) El suelo en la carretera Puente Blanco se clasifica como CL, limos orgánicos y arcillas limosas de baja plasticidad con una máxima densidad seca de 90 a 105 lb/pie<sup>3</sup> y un CBR menor de 5%; ii) La variación del CBR obtenido de las muestras de suelo con escoria de acero es del 5% frente a la muestra del suelo en su estado natural de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo; iii) El porcentaje óptimo de adición de escoria de acero es de 3% en la estabilización de suelos en subrasante de la carretera de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo

## II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los **antecedentes internacionales**, podemos encontrar a los siguientes:

Ospina, Chaves y Jimenez (2020), en su artículo en la Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, tuvo como **objetivo** general caracterizar los materiales de escoria de acero para su adición en suelos arcillosos con el fin de realizar una dosificación correcta y evaluar las propiedades que adapta esta mezcla, mediante el desarrollo de una **metodología** experimental y cuantitativa. Obteniendo como **resultados**, de las dosificaciones de 0%, 25%, 50% y 75% de escoria de acero, una humedad óptima de 20.20%, 20.50%, 14.30% y 10.80% respectivamente, máxima densidad seca de 0.159 kg/m<sup>3</sup>, 0.164 kg/m<sup>3</sup>, 0.168 kg/m<sup>3</sup> y 0.155 kg/m<sup>3</sup>, CBR de 7.97%, 9.13%, 18.57% y 30.20%, logrando evidenciar un incremento significativo. De esta manera, se **concluyó** que, la escoria de acero tiene un gran efecto en materiales cohesivos, al permitir la reducción de su plasticidad hasta en un 0% en el caso del porcentaje de adición del 75% y el incremento de su CBR en un 30.20%, convirtiéndose así en un complemento efectivo que mejora las propiedades físicas y mecánicas de una subrasante de suelos arcillosos, brindando un mejor comportamiento y por ende, mejor calidad para construcción.

Rondón, y otros (2018), en su artículo científico de la Revista Ingeniería de Construcción, Colombia. Esta investigación tuvo como **objetivo** identificar posibles usos de BFS para sustituir MGN en proyectos viales, la conformación de capas granulares de afirmados, subbase, base, y como agregados pétreos para la fabricación de mezclas asfálticas, mediante una **metodología** experimental. Obteniendo como **resultados**, una resistencia en la máquina de Los Ángeles de 49.2%, un equivalente de arena de 62%, sin presentar plasticidad, al presente un índice de alargamiento de 10.62% y un índice de aplanamiento de 5.62%. De esta manera, se **concluyó** que, la BFS analizada, al estar conformada por cuarzo, es decir, sílice, se convierte en un material de alta dureza, con una buena resistencia al desgaste por abrasión, permite adoptar buenas características y propiedades al suelo.

Leiva, Montenegro y Ponce (2017), en su investigación en la Universidad Católica de la Santísima Concepción en Chile, tuvo como **objetivo** general obtener

las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso sin adición y con adición de escoria blanca proveniente de la siderurgia integral en dos dosificaciones de 5% y 10% de adición con respecto a su peso seco de cada mezcla, mediante el desarrollo de una **metodología** experimental. Obteniendo como **resultados**, un índice de plasticidad de 31%, 23% y 20% respectivamente de cada muestra de estudio, un contenido de humedad óptimo de 18%, 17% y 17% respectivamente. En cuanto a su CBR, el suelo natural logró obtener un 5%, mientras que, la mezcla con 5% de escoria obtuvo 7% de CBR y la mezcla con 10% obtuvo un CBR de 8%. **Concluyeron**, que el porcentaje más óptimo de adición de escoria de acero fue del 10%, al presentar mejores propiedades físicas y mecánicas, a pesar de que ambas dosificaciones lograron mejorar su comportamiento mecánico en cuanto a su CBR, la mezcla con 10% fue la que mejor resistencia logró conseguir.

Hidalgo (2016), en su investigación en la Universidad Técnica de Ambato. La presente investigación presenta como **objetivo** general definir los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de subrasante, con una **metodología** experimental. Obteniendo como **resultados** en la identificación de los suelos de la ciudad de Puyo, siendo clasificada como arcilla de alta plasticidad CH para las 2 muestras de estudio como se indica en la tabla SUCS, además se obtuvo un CBR de 3.81% y 2.05% respectivamente, mientras que, con la adición de un agente enzimático como estabilizador de suelos, se logró un CBR de 9.2%. Finalmente, se **concluyó** que, el sistema de estabilización en campo con enzimas orgánicas, logra un beneficio de una subrasante mejorada.

Jurado y Clavijo (2016), en su investigación de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador, tuvo como **objetivo** general mejorar las características físicas y mecánicas del suelo obtenido de la excavación para Talleres y Cocheras de la PLMQ mediante la incorporación de dosificaciones diferentes de cemento tipo MH, mediante una **metodología** experimental. Obteniendo como **resultados**, a partir de muestras representativas del material excavado, se determinó un suelo conformado por limo areno arcilloso de baja plasticidad tipo ML-CL y ML, según su clasificación SUCS y un material fino tipo A-4, presentando aquellas muestras con adición un valor

incrementado hasta en un 16.73% frente al suelo natural con porcentajes del 15% de cemento, un módulo de elasticidad del suelo- cemento incrementado hasta en un 70% para porcentajes del 15% con cemento de tipo MH en comparación al suelo natural. De esta manera, se **concluyó** que se accedió a una mejor compresión del uso y aplicación del cemento indicado (tipo MH), como buen estabilizador en las muestras de suelo tomadas en la zona elegida de estudio, siendo óptimos la adición del 6% al 15% de cemento para lograr la estabilización del suelo natural.

Dentro de los **antecedentes nacionales**, identificamos a los siguientes:

Figueroa y Mamani (2019), en su investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como **objetivo** principal proponer un diseño de afirmado en base al empleo de escorias negras como material sustituto proveniente de la planta de aceros Arequipa, aplicando una **metodología** de trabajo experimental. Obteniendo como **resultados**, una máxima densidad seca de 1.924 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 9.2%, en cuanto a su nivel de compactación no menor de 85%, pero a la adición de escorias logró obtener un nivel de 87.09% de compactación y un CBR en caso de la muestra sin adición obtuvo un mínimo de 40, pero con la adición de escoria negra logró obtener 49.3%, 49.7% y 51.1% en las muestras de estudio con promedio de 50.03%. De esta manera, se **concluyó** que, se logró identificar que estas escorias negras llegan a obtener una mejora significativa en los suelos mediante su adición.

Quezada (2017), en su investigación de la Universidad de Piura, tuvo como **objetivo** general realizar la comparación del uso de concha de pico de pato y concha de abanico trituradas como estabilizadores mecánicos, con el fin de mejora de las propiedades de suelos arcillosos, mediante una **metodología** experimental. Obteniendo como **resultados**, que el tamaño de trituración de las conchas influye en el comportamiento del suelo estabilizado, ya que, al ser muy fina, se obtuvo limitaciones de ganancia de resistencia al corte, pero en un rango de 2 a 0.075mm, existe un rango de reemplazo para obtener una variación significativa del CBR, en la concha de abanico usando el 40% aumenta su CBR del suelo arcilloso, y en la concha de pico de pato se produce este cambio con el uso del 60% de adición. De esta

manera, se **concluyó** que, el uso de valvas de molusco en general brinda mejoras positivas al estabilizar una subrasante de un pavimento, pero a mayor porcentaje de adición, incrementa su densidad seca, reduce su contenido óptimo de humedad para la compactación, plasticidad y absorción capilar, lo que genera este el incremento del CBR del suelo arcilloso y se tenga un suelo menos susceptible del agua.

Salas (2017), en su tesis denominada de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en Juliaca, tuvo como **objetivo** el estabilizar suelos de la carretera con cemento portland ASTM P y aditivo Terrasil con la finalidad de mejorar la base de los kilómetros elegidos de estudio de la carretera, empleando la **metodología** descriptiva. Obteniendo como **resultados**, que la adición de cemento en 4% brindó valores óptimos cumpliendo los recomendados por el MTC, mientras que la incorporación del aditivo terrasil, obtuvo **resultados** mayores a los sugeridos por el MTC. Llegando a la **conclusión** que la incorporación del aditivo terrasil brinda mejores propiedades al suelo en comparación al cemento portland ASTM P, pese a ellos, ambos métodos de estabilización resultan exitosos por cumplir los parámetros recomendados para obtener un suelo de buena calidad.

Angulo y Rojas (2016), en su investigación de la Universidad Científica del Perú, tuvo como **objetivo** general determinar los ensayos de fiabilidad, utilizando el aditivo PROES, para estabilizar los suelos de la Carretera de penetración al AA. HH. El Milagro, mediante el empleo de una **metodología** experimental. Como **resultados** se indica; para las muestras de suelos obtenidos de 85% A – 2 – 4(0) y 15% A – 7 – 5(9), se alcanzó un CBR de 102% de manera natural, 25.5% con 2% de cemento y 36.1%, con 2% de cemento + 0.3lt/m<sup>3</sup> de aditivo. Se utilizó la cantidad óptima de aditivo PROES, para los suelos de la carretera en mención fue de 0.30lt/m<sup>3</sup>, con una dosificación de cemento de 2%, donde se alcanzó CBR de 43.2% y 102%. Como **conclusión** se planteó, que el uso del aditivo química PROES, mejora la resistencia del suelo, la cual uniformiza las características mecánicas, como las físicas del suelo de manera general, garantizando un buen desenvolvimiento en términos de niveles de servicio.

Bonifacio y Sánchez (2015), en su investigación de la Universidad Señor de Sipán, tuvo como **objetivo** general realizar un estudio comparativo técnico y económico para evaluar la estabilidad de carreteras no pavimentadas usando el cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento, la cual mediante una **metodología** experimental, obtuvo como **resultados** en la incorporación de cloruro de calcio y cloruro de magnesio en peso no obtuvieron resultados favorables, con CBR de 2% y 4% respectivamente, determinando también que por 1 m<sup>3</sup> de afirmado estabilizado con 3 aditivos, se determinó que aquella estabilización con cemento presentó un CBR entre 8% a 9%. De esta manera, se **concluyó** que, la mejor estabilización realizada fue con cemento, al obtener un CBR mayor a las otras mezclas con adición de cloruro de calcio y magnesio, pero no solo ello, se determinó que esta opción no solo es la más óptima sino también se considera la más costosa con un precio de 50.09 Soles.

Dentro de sus **bases teóricas**, podemos determinar lo siguiente:

El suelo es un elemento de nuestra naturaleza que está formado por agua, gases, minerales y material orgánico, el cual tiene procedencia de la combinación de factores geológicos, climáticos, biológicos, siendo las partículas que componen el suelo deben su origen a la erosión de los tipos de rocas preexistentes (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2015).

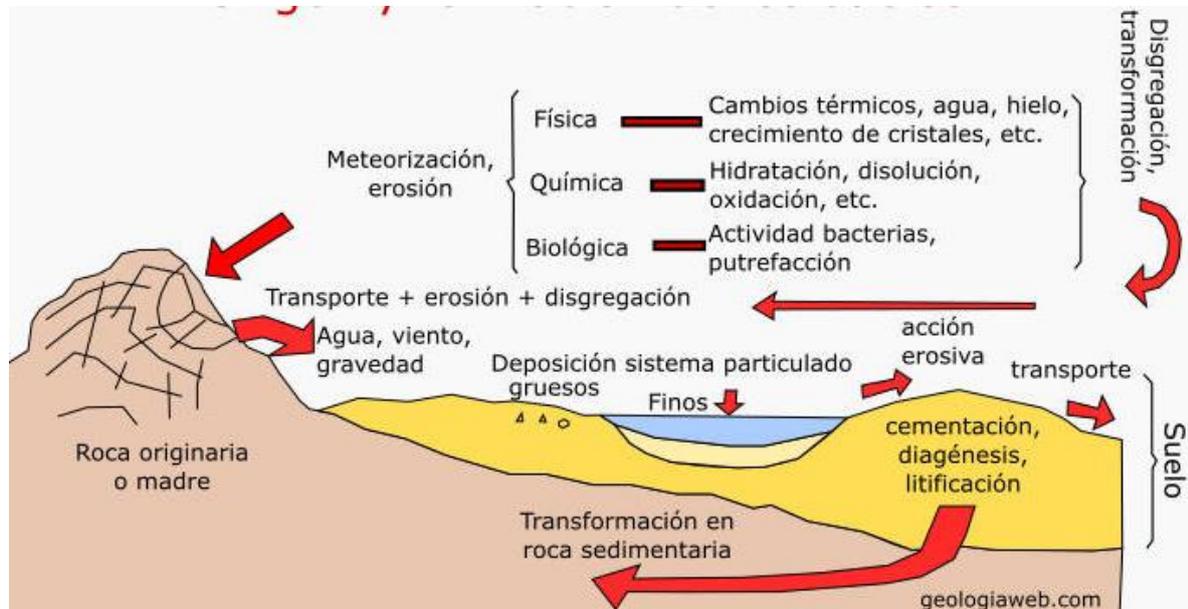
Según Crespo (2015), este también se define como el medio natural de gran importancia para el crecimiento de las plantas, siendo así un cuerpo natural compuesto por capas de suelo, materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, agua y aire.

Asimismo, este suelo se considera una capa superficial de la corteza terrestre, la cual está compuesta por partículas orgánicas y minerales, dando origen también a formaciones vegetales, influencia en el clima, nutrientes y ser el soporte de las civilizaciones y sus construcciones (Leiva et al., 2017).

Rivera et al. (2020) Afirma que el suelo, como un elemento portante, juega un rol de total importancia, al ser parte esencial en una estructura, por lo que la seguridad de estas dependerá de la calidad del suelo, ya que es aquel que recibirá las cargas transmitidas de toda la estructura, generando tensiones y deformaciones, las cuales

dependerán de la magnitud de la carga aplicada y de las propiedades del terreno de soporte.

**Figura 1**  
Origen y formación de los suelos.



Fuente: *Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales* (p. 54), por Figueroa y Mamani, 2019, Universidad Alas Peruanas.

Muñoz (2016) afirma, que los suelos tienen su origen de la acción de desintegración de los macizos rocosos existentes o también llamadas rocas madres debido a diversos factores ambientales, sean procesos de erosión o procesos de meteorización in situ. Se puede determinar que los suelos, cuentan con diversas clasificaciones, considerando principalmente el clima predominante y un tiempo suficiente para el desarrollo de los suelos considerando así a los suelos de climas húmedos, de climas secos y de climas templados (Caballero, 2016).

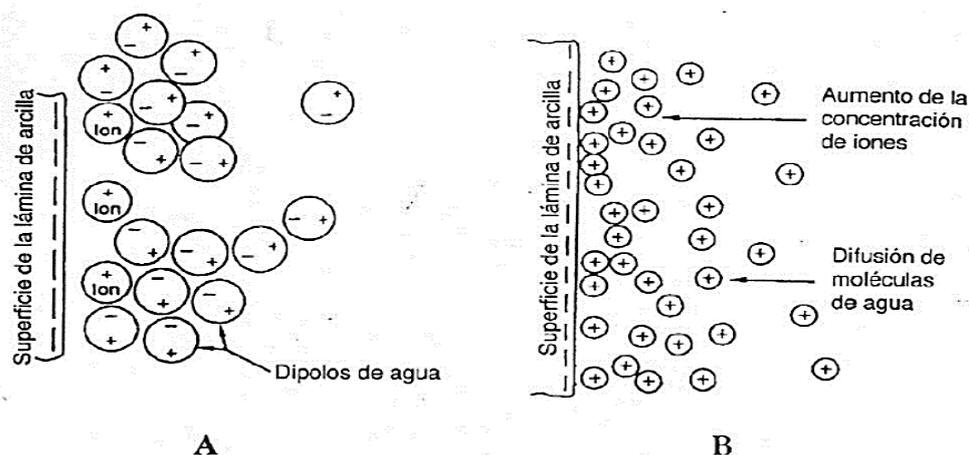
Los Limos, es un tipo de suelo que contiene partículas finas con plasticidad regular, partículas con diámetros que varía entre 0.05mm a 0.005mm (Crespo, 2015, pág. 150). Este tipo de suelo, pueden ser inorgánicos u orgánicos, siendo este el que tiene características más plásticas debido a su contenido de materia orgánica.

Las arcillas, es un tipo de suelo que están conformadas por partículas con un diámetro menor a 0.005mm, la cual contiene propiedades plásticas al entrar en contacto con el agua (Crespo, 2015, pág. 151).

Las arcillas están compuestas por partículas con una extensa superficie y forma laminar, las cuales en estado natural suelen encontrarse cargadas negativamente debido a la sustitución de átomos de silicio o aluminio de su estructura básica por otros de menor valencia positiva, así como la rotura de enlaces de borde de las láminas, esto genera atracción entre sus moléculas dipolares u otros cationes, para conseguir su estabilidad química, dando origen a una doble capa difusa de partículas (Leiva et al., 2017).

### Figura 2

*Capa doble difusa de partículas de la arcilla.*



Fuente: *Caracterización de un suelo arcilloso y su mezcla con escoria blanca proveniente de la siderurgia integral* (p. 104), por Leiva et al, 2017.

**La estabilización**, es un procedimiento que tiene como fin mejorar las propiedades del suelo por densificación y mediante la variación de sus características granulométricas, mediante la mezcla con otro material que puede ser ejecutado con el empleo de maquinarias como motoniveladora, rodillo compactador y/o tractores (Mendez, 2016, pág. 142). Esta es una técnica que tiene como finalidad de generar modificaciones en las características de un suelo, agregando un conglomerante sea cemento y/o cal (Becerra y Herrera, 2019).

Según Azilah, Byung-Tae, Hyeop-Jo, & Kyoung-Woong (2018) afirman que “la estabilización del suelo es una técnica correctiva que reduce la exposición del

ambiente del suelo a los contaminantes del suelo. Su eficacia puede evaluarse determinando si la disponibilidad ambiental de un contaminante disminuye después del tratamiento” (p.447).

Según el MTC (2013), la estabilización de suelo, debe realizarse de manera obligatoria, para aquellos suelos que presenten un CBR menor de 6%, ya que, este parámetro representa su resistencia, demostrando este CBR que se tratan de suelos de mala calidad, es decir suelos blandos o con materia orgánica, pobres o muy compresibles.

Para determinar la mejora o no de un suelo, es necesario el estudio de su CBR.

**Ensayo CBR:** Es aquel ensayo de mayor relevancia del suelo, la cual representa su resistencia como propiedad mecánica, representando así al cálculo de la capacidad de soporte de las muestras de suelo con una humedad óptima y niveles de compactación. Este ensayo tiene como procedimiento tres fases, la primera fase de compactación, inmersión, penetración, agua absorbida y expansión.

**Tabla 1**

*Fase de compactación del CBR*

N°	Procedimiento en la fase de compactación del CBR
1	Se toma en consideración 5 kg por cada molde de CBR.
2	Se determina la humedad óptima y densidad máxima mediante el Proctor y la humedad natural del suelo mediante secado en estufa.
3	Se pesa un molde con su base, se coloca disco y collar sobre el mismo, un disco de papel de filtro grueso que tenga igual diámetro.
4	Preparado el molde, se compacta el espécimen.
5	La prueba se determina dando golpes de 56, 25 y 10 golpes por capa y contenido de agua.

*Nota:* En esta tabla se evidencia el procedimiento de la fase de compactación del ensayo de CBR al suelo.

**Tabla 2***Fase de inmersión del CBR*

<b>N°</b>	<b>Procedimiento en la fase de inmersión del CBR</b>
1	En el molde invertido se coloca la placa perforada sobre ésta, los anillos son necesarios para completar una sobrecarga, en ningún caso será menor de 4,54 kg (10 lb).
2	Se toma la lectura para medir su hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, después se sumerge el molde en el tanque dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. La probeta debe durar 96 horas (4 días).
3	Al final de esa fase, se vuelve a leer el deformímetro para medir su hinchamiento.
4	Después, se saca del molde del tanque, vertiendo su agua retenida en su parte superior del mismo. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos de su posición normal, para ello se retira la sobrecarga y placa perforada.
5	Y se procede a pesar.

*Nota:* En esta tabla se evidencia el procedimiento de la fase de inmersión del ensayo de CBR al suelo.

**Tabla 3***Fase de penetración del CBR*

<b>N°</b>	<b>Procedimiento en la fase de penetración del CBR</b>
1	Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento, no menor a 4,54 kg.
2	Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50 N (5 kg) para que el pistón asiente.
3	Se aplica la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.5 ") por minuto.
4	Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

*Nota:* En esta tabla se evidencia el procedimiento de la fase de penetración del ensayo de CBR al suelo.

**Tabla 4***Fase de agua absorbida del CBR*

<b>N°</b>	<b>Procedimiento en la fase de agua absorbida del CBR</b>
1	Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
2	Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

*Nota:* En esta tabla se evidencia el procedimiento de la fase de agua absorbida del ensayo de CBR al suelo.

**Tabla 5***Fase de expansión del CBR*

<b>N°</b>	<b>Procedimiento en la fase de expansión del CBR</b>
1	La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5 ").

*Nota:* En esta tabla se evidencia el procedimiento de la fase de expansión del ensayo de CBR al suelo.

Ospina et al. (2020), denomina a la subrasante como superficie de una carretera, siendo aquella que, la cual se coloca la estructura del afirmado o pavimento, por lo que, en caso de un colapso, resultaría afectando a toda la pavimentación. Por lo tanto, uno de los parámetros de su evaluación dependerá de la resistencia a la deformación por esfuerzo de corte considerando las cargas de tránsito.

Rondón et al. (2018) afirma que, la escoria de hierro y acero que se genera como subproducto de los procesos de fabricación de hierro y acero pueden ser ampliamente categorizados en escoria de alto horno y escoria de fabricación de acero.

Las escorias de acerería en tiempos pasados fueron catalogadas como un desecho de la producción del acero, pero debido a sus múltiples utilidades en obras civiles, han sido clasificadas ahora como un subproducto de la industria siderúrgica. Leiva et al. (2017) afirma que el empleo de este material, propone un compromiso y un llamado a

la conciencia, acerca del cuidado del medioambiente, con la finalidad de evitar el agotamiento de recursos naturales conservando de esta manera nuestro entorno reduciendo los niveles de contaminación y emanación de gases del efecto invernadero. A su vez la utilización de la escoria conllevaría un beneficio económico a las empresas en la implementación de un nuevo mercado y nuevos puestos de investigación y trabajo.

### Figura 3

*Muestra de escoria de acero.*



Fuente: *Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión* (p.71) por Rondón, Muniz y Reyes, 2018, Revistas Ingenierías.

Como **enfoques conceptuales** de esta investigación tenemos:

**Agua:** Es un líquido sin color, insípido e incoloro, por estar ampliamente distribuido en la naturaleza, este es aquel que conforma el 70% aproximadamente de la superficie de la tierra (MTC, 2013).

**Aire:** Se denomina una capa de gases que cubre La Tierra, la cual está conformada por nitrógeno, oxígeno y gases como vapor de agua, bióxido de carbono y gases inertes (MTC, 2013).

**Aditivos:** Es un producto específico sea mineral o químico que permite modificar una o más propiedades de una mezcla o materiales (MTC, 2013).

**Arcillas:** Es toda partícula con diámetro menor a 0.005mm, la cual presenta propiedades plásticas al entrar en contacto con el agua (Crespo, 2015, pág. 151).

**Arenas:** Es un tipo de suelos que son partículas que logran pasar por la malla N° 4 o 4.75mm, y con partículas que son retenidas por la malla N° 200 (MTC, 2013).

**Base:** Es una capa conformada por material proceso y selecto que fue colocado en la parte superior de una subrasante o subbase y la capa de rodadura (MTC, 2013).

**Calicata:** Esta es una excavación que se realiza en una zona o terreno en específico, que tienen como objetivo mostrar los estratos que conforma el suelo a diversas profundidades (MTC, 2013).

**CBR (California Bearing Ratio):** Es el valor relativo de soporte de un material o suelo, la cual se mide por la penetración dentro de una fuerza de una masa de suelo (MTC, 2013).

**Escoria de acero:** Es un subproducto de los procesos de fabricación de acero que puede ser categorizados escoria de fabricación de acero o escoria de alto horno (Rondón et al., 2018).

**Estabilización:** Es un método o procedimiento que tiene como finalidad la mejora de sus propiedades del suelo en su estado natural mediante la mezcla de otro material adicionante (Mendez, 2016, pág. 142).

**Limos:** Es un tipo de suelo que contiene partículas finas con un diámetro que varía entre 0.05mm a 0.005mm, con plasticidad regular (Crespo, 2015, pág. 150).

**Pavimento:** Es una estructura que está compuesta por capas que se construyen sobre una subrasante de un camino, la cual distribuye los esfuerzos generados por cargas de vehículos (MTC, 2015).

**Subrasante:** Capa sobre el cual se soporta la estructura del pavimento, es aquella que soporta en última instancia las cargas que ocurren por el tránsito (Rivera et al., 2020).

**Suelos:** Es una capa de la corteza terrestre, la cual está compuesta por minerales y partículas orgánicas que desarrolla vida en el planeta (Leiva et al., 2017).

**Suelos estabilizados:** Son suelos inadecuados o pobres que presentan una estabilidad baja, siendo necesario la adición de materiales estabilizadores como aditivos químicos o iónico, cemento o cal (MTC, 2013).

### **III. METODOLOGÍA**

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

Se considera una investigación de tipo Descriptiva, puesto que, se va a basar en la recolección de información general y específica, la cual deberá ser detallada en la realidad de esta zona elegida para llevar a cabo la investigación, y así brindar las características más importantes que servirá durante la ejecución del proyecto.

Esta investigación se considera de diseño Experimental, debido a ser necesario realizar una manipulación de variables con el fin de verificar las hipótesis planteadas, demostrando la misma causa- efecto en el comportamiento de sus variables (Borja, 2012). En este caso, se basa en evaluar el comportamiento que presenta la adición de escoria de acero en suelos de la subrasante en la Carretera Tramo Puente Blanco – Chunchuquillo.

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

***Variable independiente:*** Escoria de acero.

***Variable dependiente:*** Estabilización de subrasante.

**Tabla 6***Operacionalización de variables.*

<b>Variable De estudio</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Variable Independiente</b> Escoria de acero	Según (H. Rondón, y otros, 2018, pág. 83) la escoria de acero es un material que se forma cuando el mineral de hierro, coque y un fundente (ya sea de piedra caliza o dolomita) se funden juntos en un alto horno.	La escoria es subproducto de la fundición del uso de los metales, se considera como una mezcla de óxidos metálicos, sin embargo, pueden contener sulfuros de metal y átomos de metal en forma de elemento.	Dosificación de escoria de acero.	Porcentaje de Mezclado al 3%	Ficha de observación	Razón
				Porcentaje de Mezclado al 6%	Ficha de observación	Razón
				Porcentaje de Mezclado al 12%.	Ficha de observación	Razón
			Características de la escoria de acero.	Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> ).	Ficha de laboratorio	Intervalo
				Humedad Optima (%).	Ficha de laboratorio	Intervalo
				CBR (%)	Ficha de laboratorio	Intervalo

<b>Variable Dependiente</b>  Estabilización de subrasante	Según (Acurio J. R., 2016, pág. 142). La estabilización Consiste en mejorar las propiedades del suelo por densificación y por mejora de sus características granulométricas, mediante la mezcla con otro material	Consiste en mejorar las propiedades de suelo por densificación, además se mejora las características granulométricas, mediante la mezcla con otro material como la escoria de acero.	Propiedades físicas del suelo.	Análisis Granulométrico	Ficha de laboratorio	Intervalo			
				Sistema de Clasificación	Ficha de laboratorio	Intervalo			
				Contenido de Humedad (%)	Ficha de laboratorio	Intervalo			
						Propiedades mecánicas del suelo	Límites de Consistencia	Ficha de laboratorio	Intervalo
							Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> ).	Ficha de laboratorio	Intervalo
							Humedad Óptima (%).	Ficha de laboratorio	Intervalo
							CBR (%)	Ficha de laboratorio	Intervalo

*Nota:* Esta tabla muestra la operacionalización de variables.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

La población, es un grupo de elementos que son motivo de estudio en general, siendo esta en total extensa y costosa para un estudio (Borja, 2012). Por ello, se considera como población a los suelos que conforma los 23 km de la Carretera Tramo Puente Blanco – Chunchuquillo.

La muestra, es la unidad de objeto de estudio que conforma un grupo que representa a una población con características iguales o similares (Borja, 2012). En este proyecto, toma en consideración como muestra 2 calicatas de suelo en el km. 05+800 y km 09+200 elegidos para el estudio en la carretera Tramo Puente Blanco – Chunchuquillo.

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

Dentro de las **técnicas para la recolección de datos** de mayor importancia y consideradas para la presente investigación, son las siguientes:

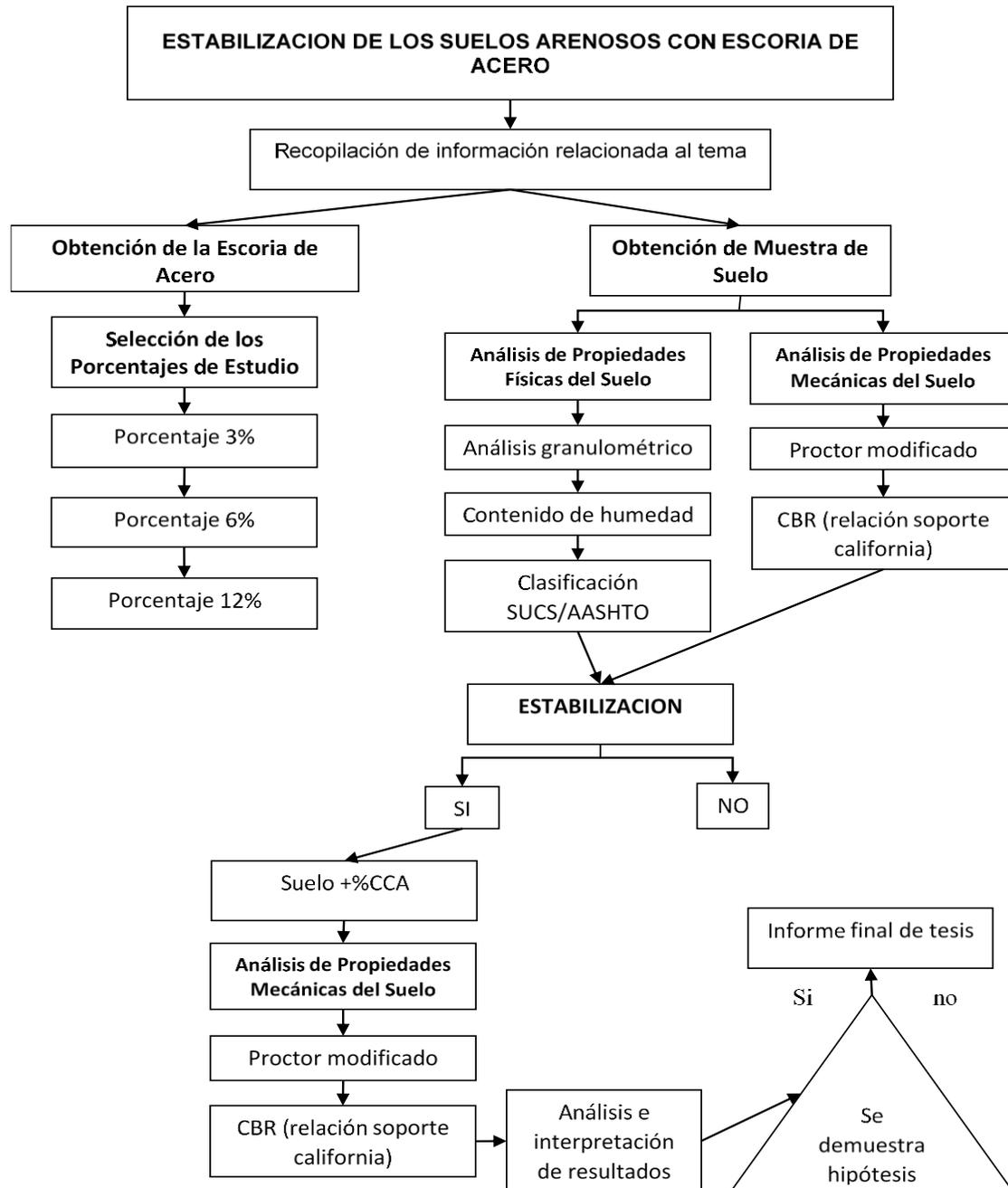
- Observación: La observación es una técnica básica e inicial para llevar a cabo la recolección de datos, específicamente de las características generales que se pueden visualizar en la zona de estudio, siendo necesario así detallar aspectos más relevantes que pueden influenciar en el procesamiento futuro de los resultados (Bernal, 2010).
- Ensayos para EMS: Estas son técnicas estandarizadas bajo las Normas Técnicas Peruanas existentes y actualizadas, de manera que se busca cumplir cada norma, con la finalidad de obtener datos reales y correctos de las características y propiedades de un suelo (Borja, 2012).

Dentro de los **instrumentos o herramientas**, podemos resaltar lo siguiente:

- Ficha de observación: La ficha de observación es un instrumento que se basa a realizar apuntes en una hoja de las características o datos relevantes durante reconocimiento de terreno hecho inicialmente por el investigador (Bernal, 2010).
- Formato de cada ensayo normado del suelo: Estos son instrumentos utilizados durante los ensayos de suelos, para conocer sus propiedades, es importante considerar que el procedimiento y cálculo de cada ensayo debe cumplir cada formato bajo los lineamientos de las Normas Técnicas Peruanas existentes (Borja, 2012).

### 3.5. Procedimientos

**Figura 4**  
*Procedimiento del desarrollo de esta investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra el procedimiento que se realizará para el desarrollo de esta investigación, teniendo en consideración cada propiedad analizada del suelo y los porcentajes de adición de escoria de acero en un suelo.

### 3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis fue descriptivo, considerándose como una de las fases de mayor importancia en una investigación, al presentar como fin la descripción de toda la información de manera detallada, como de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, tanto en las muestras en su estado natural como modificadas con la incorporación de escoria de acero, realizando dicho análisis en hojas de cálculo en Microsoft Office Excel, la cual permita un detalle de sus propiedades así como su comparación entre las mismas muestras.

### 3.7. Aspectos éticos

Los autores de la presente investigación se comprometen a realizar un trabajo con total transparencia, respetando sus valores que presentan como persona y profesional moral y ético. Por ello, se cree indispensable citar los artículos más resaltantes del Código de ética de Ingenieros del Perú y Código de ética para la investigación de la UCV.

- **Código de Ética de Ingenieros del Perú** (Colegio de Ingenieros del Perú, 2018). Basándose del **Artículo 18**, que hace mención que todo ingeniero debe respetar cada ley vigente, disposición y ordenanzas relacionadas a su carrera profesional, buscando que se lleve a cabo actividades ejercidas con honradez.
  
- **Código de ética para la investigación de la Universidad Cesar Vallejo**  
*Principios éticos de la investigación*  
El tesista respetara principios éticos que rigen la investigación en la Universidad mencionados en el código de ética que son: autonomía, responsabilidad y transparencia.

## **IV. RESULTADOS**

Esta investigación realizó sus ensayos de Mecánica de Suelos, con el fin de obtener las propiedades físicas y mecánicas del suelo de estudio en su estado natural, determinando así tratarse de un suelo con malas condiciones para construcción, por ello, se considera necesario el mejoramiento de sus propiedades mediante un proceso de estabilización. En este estudio se plantea la incorporación de porcentajes de escoria de acero, con el fin de evaluar el comportamiento que presenta el suelo ante esta adición en un 3%, 6% y 12%.

La muestra de estudio fueron dos calicatas en su estado natural obteniendo una muestra de estudio en cada calicata, en las cuales fueron extraídas en el km. 05+800 y km 09+200

La empresa que permitió realizar los estudios respectivos fue MAGMA Servicios Generales de Ingeniería S.A.C, en su Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto en Jaén.

A continuación, se mostrará los estudios realizados con respecto a las propiedades físicas del suelo en su estado natural, brindando información de los ensayos de Análisis Granulométrico y Límites de Atterberg, de las dos calicatas realizadas.

### **4.1. Propiedades físicas del suelo**

#### ***Análisis granulométrico de la calicata C-01***

Para el análisis granulométrico, se consideró el empleo de 22 tamices conformados por el tamiz ASTM 4", 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", Nro. 4, Nro. 8, Nro. 10, Nro. 16, Nro. 20, Nro. 30, Nro. 40, Nro. 50, Nro. 80, Nro. 100 y Nro. 200.

En la calicata C-01, se evaluó su muestra M-1 del km 9.20, obteniendo así los pesos retenidos, su porcentaje retenido y así su porcentaje que pasa por cada tamiz de estudio.

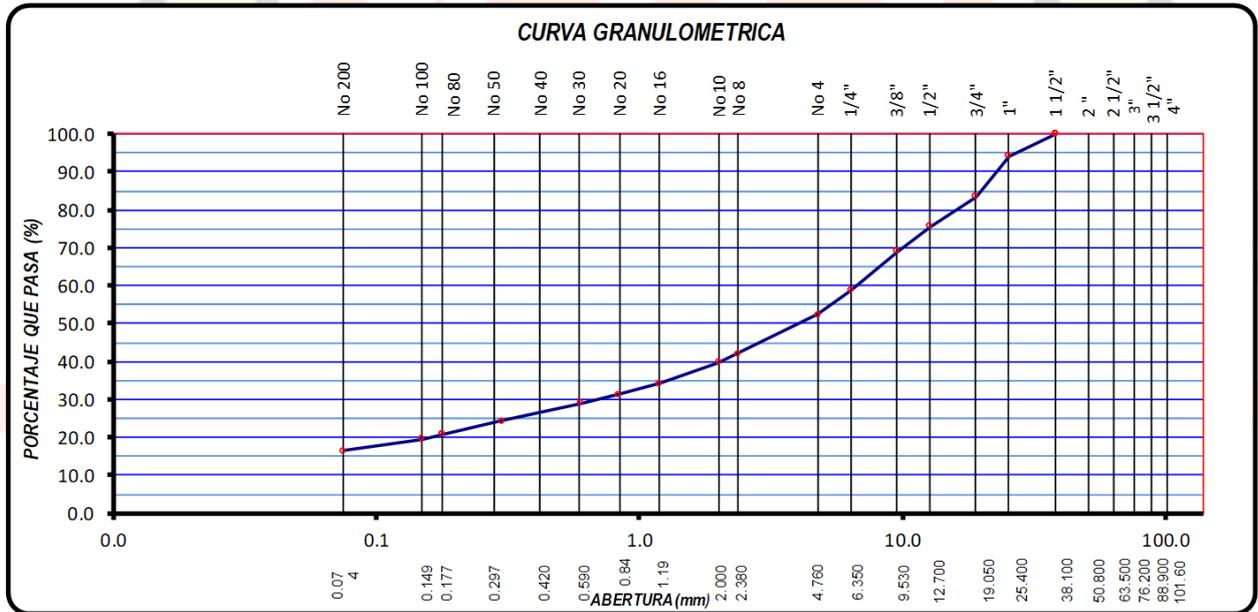
**Tabla 7***Análisis granulométrico de C-01*

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	Porcentaje retenido		Porcentaje que pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3 1/2"	88.900				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400	190.00	5.71	5.7	94.29
3/4"	19.050	357.00	10.73	16.4	83.56
1/2"	12.700	261.00	7.84	24.28	75.72
3/8"	9.525	222.00	6.67	30.95	69.05
1/4"	6.350	341.00	10.25	41.20	58.80
Nro. 4	4.760	213.00	6.40	47.60	52.40
Nro. 8	2.360	99.45	10.42	58.0	41.98
Nro. 10	2.000	21.47	2.25	60.3	39.73
Nro. 16	1.190	52.56	5.51	65.8	34.22
Nro. 20	0.834	27.57	2.89	68.7	31.33
Nro. 30	0.600	21.57	2.26	70.9	29.07
Nro. 40	0.420	19.97	2.09	73.0	26.98
Nro. 50	0.300	25.26	2.65	75.7	24.33
Nro. 80	0.177	33.12	3.47	79.1	20.86
Nro. 100	0.149	13.16	1.38	80.5	19.48
Nro. 200	0.075	28.08	2.94	83.5	16.54
-200		157.79	16.54	100.00	

*Nota:* En esta tabla se evidencia el análisis granulométrico realizado a la calicata C-01, específicamente en el punto km, 9+20, especificando su peso, porcentaje parcial y acumulado retenido.

A continuación, se muestra la siguiente figura que evidencia la curva granulométrica obtenida de la calicata -01 de estudio.

**Figura 5**  
*Curva granulométrica de C-01*



Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se detalla los ensayos necesarios, para luego pasar a implementar con mejor calidad

Después de lo realizado anteriormente, se puede realizar la clasificación del suelo de la M-1 de la calicata C-01, obteniendo así una clasificación según AASHTO como A-2-4 (0) y según clasificación SUCS, se consideró un suelo GC, gravas arcillosas con mezcla gravo-areno-arcillosas.

**Tabla 8**  
*Características del suelo de C-01*

Características	
% Grava	47.60%
% Arena	35.90%
% Fino N° 200	16.50%

Nota: En esta tabla se muestra las características del suelo que presenta esta calicata realizada, para su respectiva clasificación.

### **Análisis granulométrico de la calicata C-02**

En la calicata C-02, se evaluó su muestra M-2 del km 5.80, obteniendo así los pesos retenidos, su porcentaje retenido y así su porcentaje que pasa por cada tamiz de estudio.

**Tabla 9**  
*Análisis granulométrico de C-02*

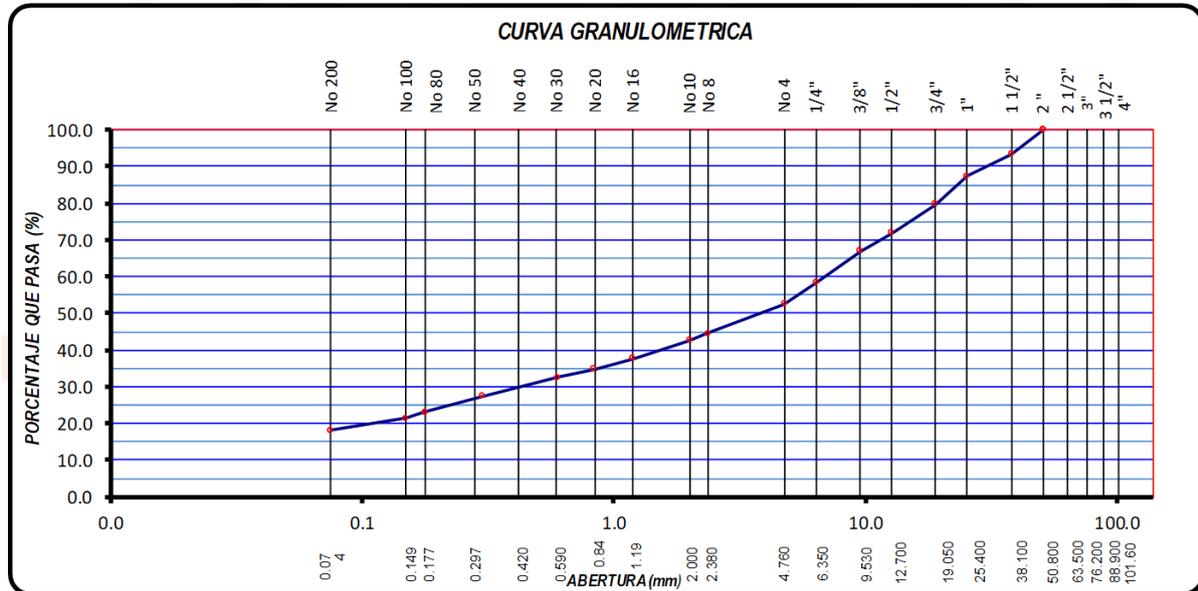
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	Porcentaje retenido		Porcentaje que pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3 1/2"	88.900				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	265.0	6.60	6.6	93.40
1"	25.400	243.0	6.04	12.6	87.36
3/4"	19.050	302.0	7.51	20.2	79.85
1/2"	12.700	318.0	7.90	28.05	71.95
3/8"	9.525	198.0	4.92	32.97	67.03
1/4"	6.350	348.0	8.65	41.62	58.38
Nro. 4	4.760	236.0	5.87	47.49	52.51
Nro. 8	2.360	76.8	8.07	55.6	44.44
Nro. 10	2.000	17.9	1.88	57.4	42.56
Nro. 16	1.190	47.2	4.96	62.4	37.60
Nro. 20	0.834	26.9	2.82	65.2	34.78
Nro. 30	0.600	21.3	2.23	67.5	32.55
Nro. 40	0.420	21.0	2.20	69.7	30.35
Nro. 50	0.300	28.0	2.94	72.6	27.41
Nro. 80	0.177	41.1	4.32	76.9	23.09
Nro. 100	0.149	15.7	1.65	78.6	21.44
Nro. 200	0.075	32.2	3.38	81.9	18.06
-200		171.99	18.06	100.0	

Nota: En esta tabla se evidencia el análisis granulométrico realizado a la calicata C-02, específicamente en el punto km, 5+80, especificando su peso, porcentaje parcial y acumulado retenido.

A continuación, se muestra la siguiente figura que evidencia la curva granulométrica obtenida de la calicata -02 de estudio.

**Figura 6**

*Curva granulométrica de C-02*



Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestra que la curva granulométrica del suelo, se encuentra dentro del uso normal, cumpliendo así la formación de la curva. Después de lo realizado anteriormente, se puede realizar la clasificación del suelo de la M-2 de la calicata C-02, obteniendo así una clasificación según AASHTO como A-2-4 (0) y según clasificación SUCS, se consideró un suelo GC, gravas arcillosas con mezcla gravo-areno-arcillosas.

**Tabla 10**

*Características del suelo de C-02*

Características	
% Grava	47.50%
% Arena	34.50%
% Fino N° 200	18.10%

Nota: En esta tabla se muestra las características del suelo que presenta esta calicata realizada, para su respectiva clasificación.

#### 4.1.1. Estudio de contenido de humedad de la calicata C-01

##### **Contenido de humedad de la calicata C-01**

En la calicata C-01, se evaluó su contenido de humedad de dos muestras de suelo, obteniendo así valores de 13.49% y 11.99%, con un contenido de humedad promedio de 12.74%.

**Tabla 11**

*Contenido de humedad de C-01*

<b>Contenido de humedad de C-01</b>		
	01	02
Tara (gr)	18.42	18.82
Tara + muestra húmeda (gr)	91.60	93.1
Tara + muestra seca (gr)	82.90	85.15
Peso del agua contenida (gr)	8.70	7.95
Peso de la muestra seca (gr)	64.48	66.33
Contenido de humedad (%)	13.49%	11.99%
Contenido de humedad promedio (%)	12.74%	

*Nota:* En esta tabla se evidencia los resultados obtenidos del contenido de humedad realizado a la calicata C-01.

##### **Contenido de humedad de la calicata C-02**

En la calicata C-02, se evaluó su contenido de humedad de dos muestras de suelo, obteniendo así valores de 8.57% y 13.93%, con un contenido de humedad promedio de 11.25%.

**Tabla 12**

*Contenido de humedad de C-02*

<b>Contenido de humedad de C-02</b>		
	01	02
Tara (gr)	18.98	18.83
Tara + muestra húmeda (gr)	89.90	91.6

Tara + muestra seca (gr)	84.30	82.7
Peso del agua contenida (gr)	5.60	8.9
Peso de la muestra seca (gr)	65.32	63.87
Contenido de humedad (%)	8.57%	13.93%
Contenido de humedad promedio (%)	11.25%	

*Nota:* En esta tabla se evidencia los resultados obtenidos del contenido de humedad realizado a la calicata C-02.

#### 4.1.2. Estudio de límites de Atterberg del suelo

En el ensayo de límites de Atterberg realizado al suelo en su estado natural, tanto en su calicata C-01 como en su calicata C-02, se logró obtener un índice de plasticidad de 10.32 y 7.67 respectivamente, como se muestran en las siguientes tablas.

##### ***Límites de Atterberg de la calicata C-01***

En la calicata C-01, se obtuvo un límite líquido de 26.02, un límite plástico de 16.87 y un índice de plasticidad de 9.15.

**Tabla 13**

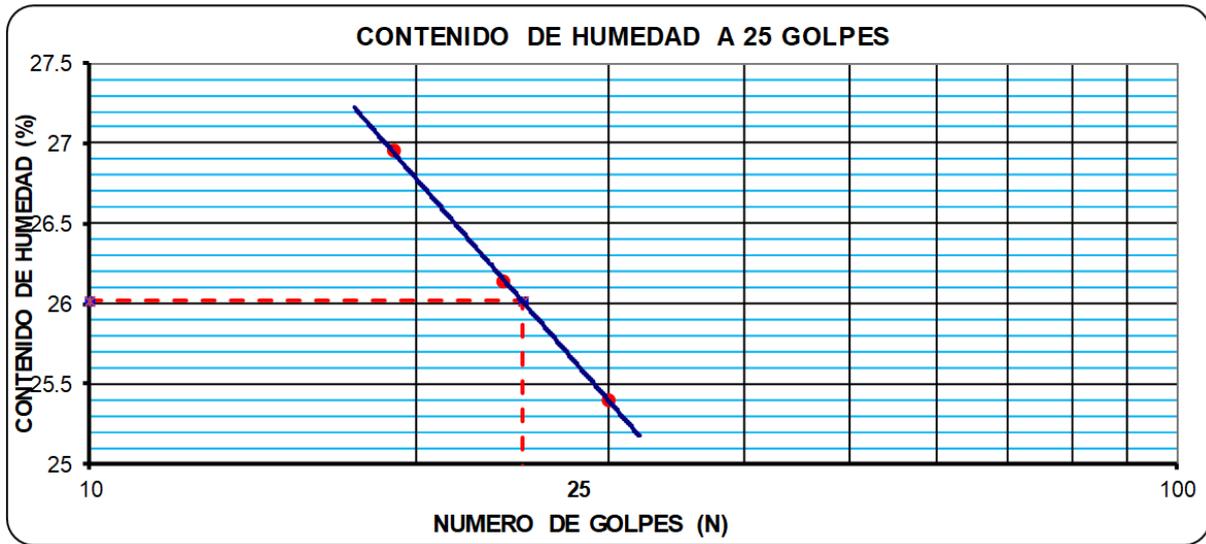
*Índice de plasticidad de la Calicata C-01*

<b>Límites de Atterberg de C-01</b>	
Límite líquido	26.02
Límite plástico	16.87
índice de plasticidad	9.15

*Nota:* En esta tabla se evidencia la obtención del índice de plasticidad mediante el ensayo de límites de Atterberg en la calicata C-01 del km 9+200.

**Figura 7**

Gráfica del número de golpes y contenido de humedad de C-01.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico del contenido de humedad a 25 golpes, representando el número de golpes vs el contenido de humedad de la calicata C-01.

**Límites de Atterberg de la calicata C-02**

En la calicata C-02, se obtuvo un límite líquido de 24.79, un límite plástico de 17.12 y un índice de plasticidad de 7.67.

**Tabla 14**

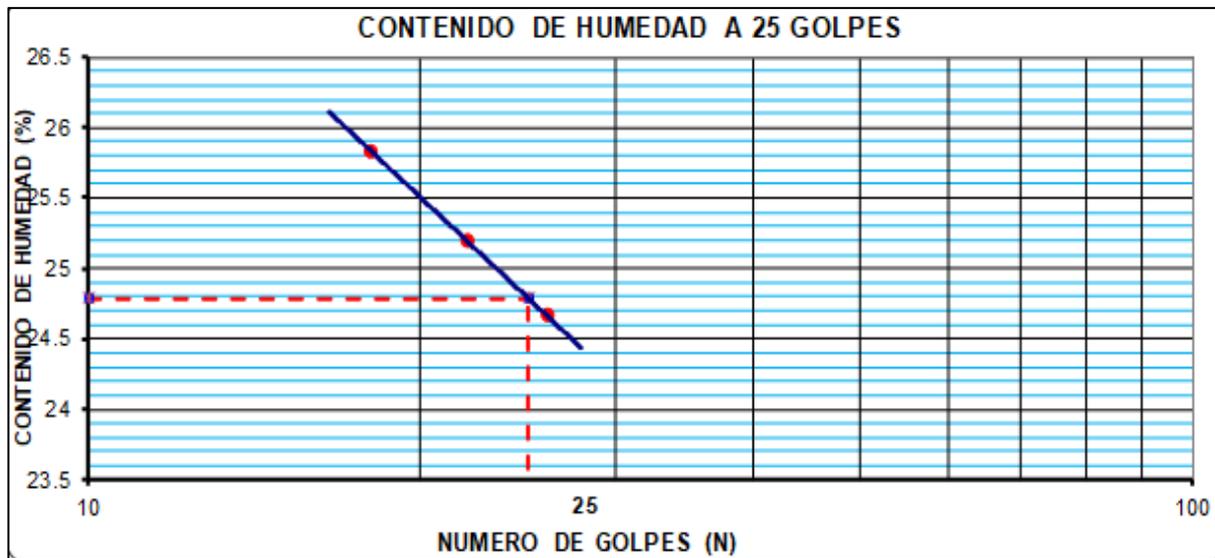
*Índice de plasticidad de la Calicata C-02*

Límites de Atterberg de C-02	
Límite líquido	24.79
Límite plástico	17.12
índice de plasticidad	7.67

*Nota:* En esta tabla se evidencia la obtención del índice de plasticidad mediante el ensayo de límites de Atterberg en la calicata C-02 del km 5+800

**Figura 8**

Gráfica del número de golpes y contenido de humedad de C-02.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico del contenido de humedad a 25 golpes, representando el número de golpes (N°) vs el contenido de humedad (%) de la calicata C-02.

#### 4.1.3. Estudio de Proctor Modificado del suelo

En el ensayo de proctor modificado realizado al suelo en su estado natural, tanto en su calicata C-01 como en su calicata C-02, se logró obtener una máxima densidad seca de 2.127 gr/cm<sup>3</sup> y 2.113 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, mientras que en las muestras con adiciones existen variaciones como se detalla a continuación:

##### Proctor modificado del suelo calicata C-01

En la calicata C-01, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.127 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 9.68%.

**Tabla 15**

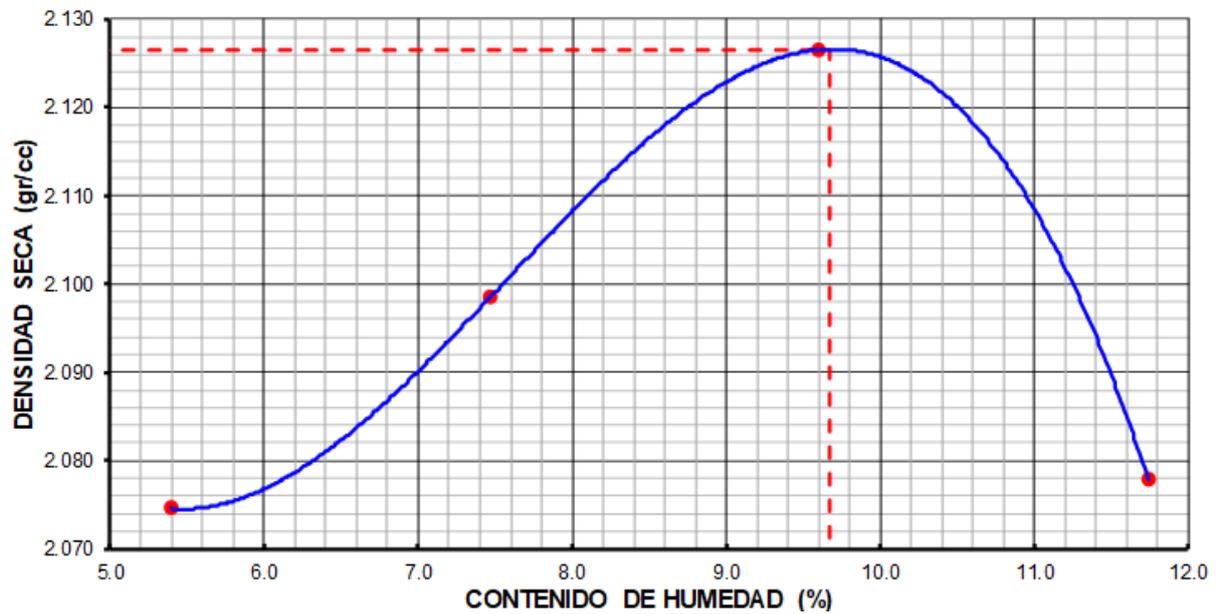
*Proctor modificado de la Calicata C-01*

Proctor modificado de C-01		
Máxima Densidad Seca	2.127	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	9.68	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-01 del km 9.20.

**Figura 9**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-01.

**Proctor modificado del suelo calicata C-01+ 3% escoria de acero**

En la calicata C-01 con adición de 3% de adición de escoria de acero, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.164 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 9.06%.

**Tabla 16**

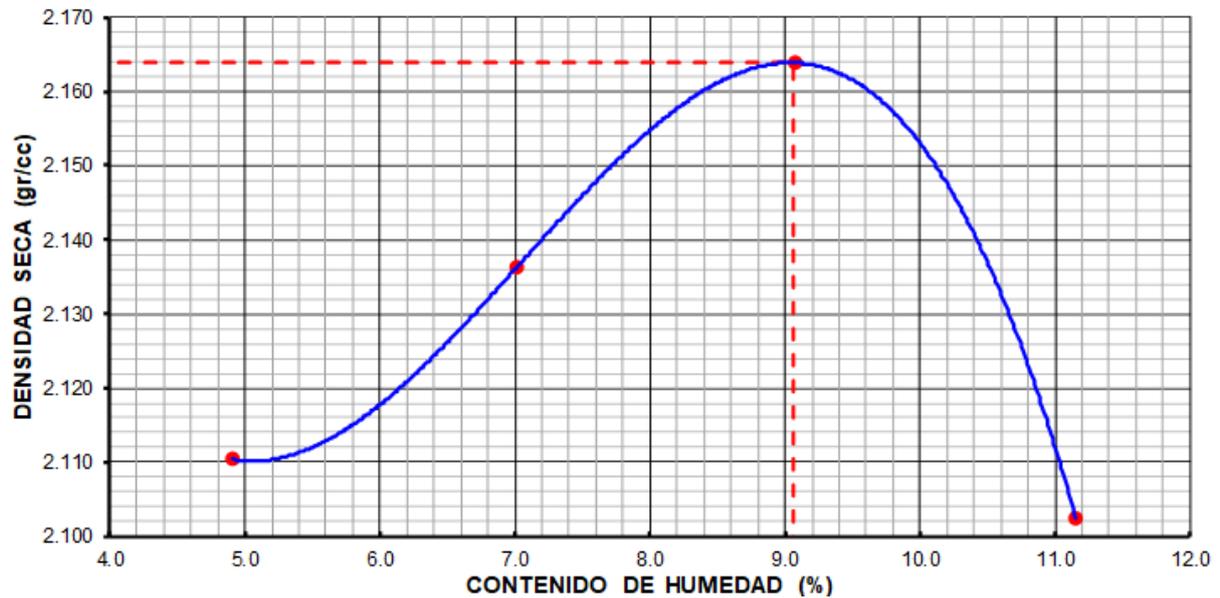
*Proctor modificado de la Calicata C-01+3% escoria*

Proctor modificado de C-01 + 3% escoria		
Máxima Densidad Seca	2.164	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	9.06	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-01 con adición de 3% escoria de acero.

**Figura 10**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01+3% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-01 con adición de 3% de escoria de acero.

### Proctor modificado del suelo calicata C-01+ 6% escoria de acero

En la calicata C-01 con adición de 6% de adición de escoria de acero, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.218 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 8.38%.

**Tabla 17**

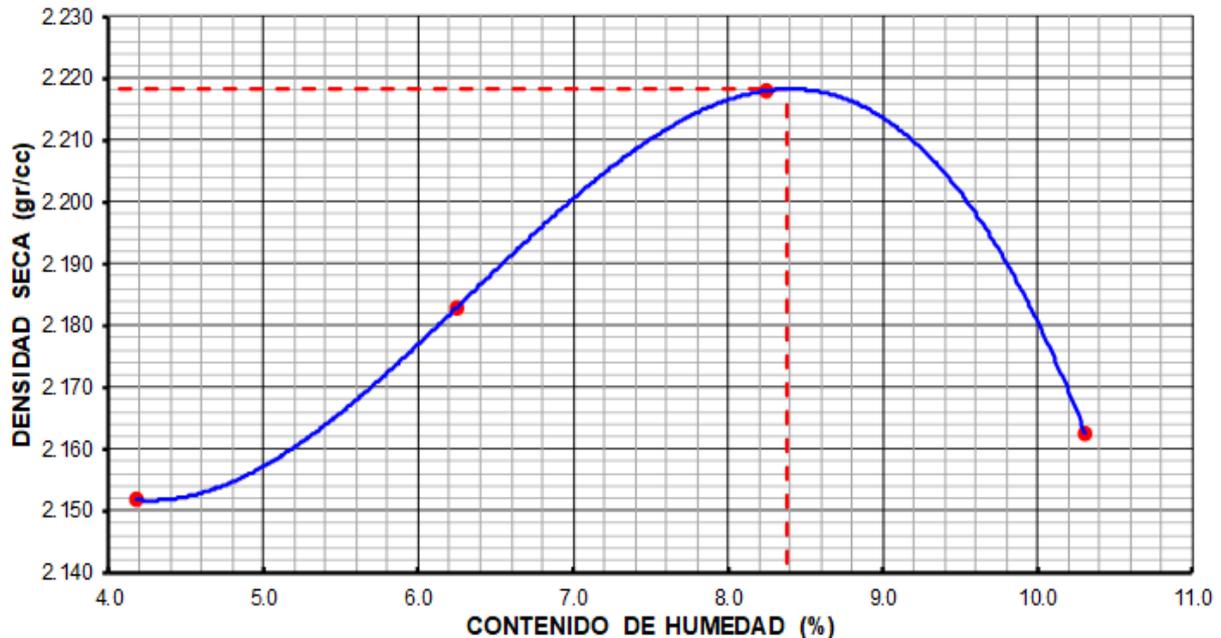
*Proctor modificado de la Calicata C-01+6% escoria*

Proctor modificado de C-01 + 6% escoria		
Máxima Densidad Seca	2.218	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.38	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-01 con adición de 6% escoria de acero.

**Figura 11**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01+6% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-01 con adición de 6% de escoria de acero.

**Proctor modificado del suelo calicata C-01+ 12% escoria de acero**

En la calicata C-01 con adición de 12% de adición de escoria de acero, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.240 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 8.28%.

**Tabla 18**

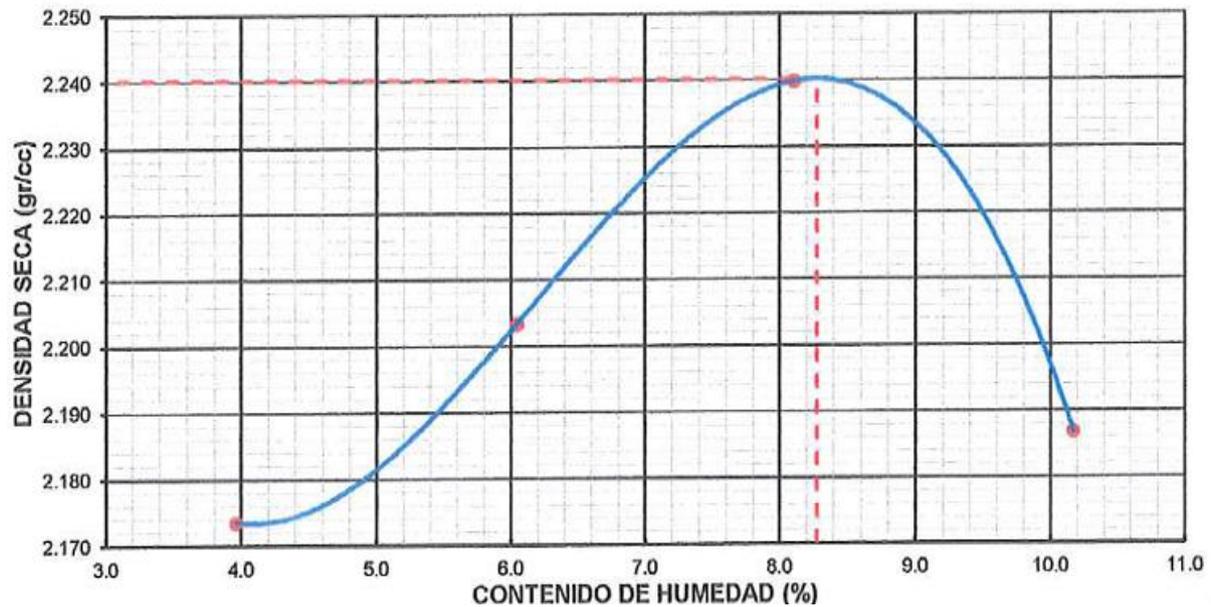
*Proctor modificado de la Calicata C-01+12% escoria*

Proctor modificado de C-01 + 12% escoria		
Máxima Densidad Seca	2.240	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.28	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-01 con adición de 12% escoria de acero.

**Figura 12**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-01+12% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-01 con adición de 12% de escoria de acero.

### **Proctor modificado del suelo calicata C-02**

En la calicata C-02, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.113 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 8.48%.

**Tabla 19**

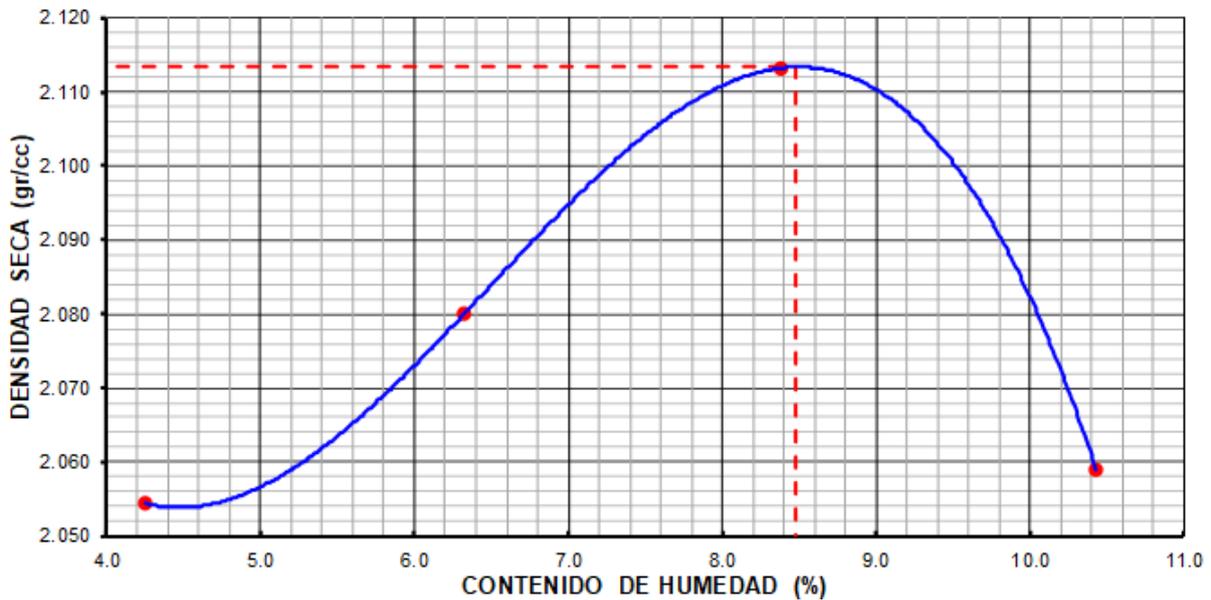
*Proctor modificado de la Calicata C-02*

<b>Proctor modificado de C-02</b>		
Máxima Densidad Seca	2.113	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.48	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-02 del km 5.80.

**Figura 13**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-02.

**Proctor modificado del suelo calicata C-02+ 3% escoria de acero**

En la calicata C-02 con adición de 3% de adición de escoria de acero, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.189 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 8.09%.

**Tabla 20**

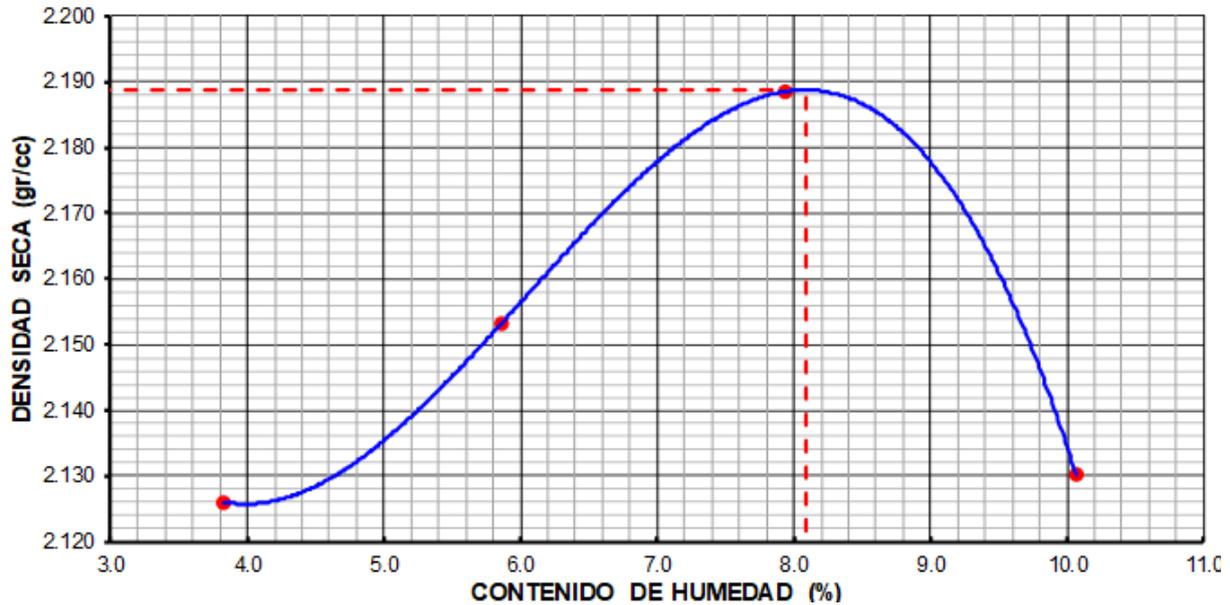
*Proctor modificado de la Calicata C-02+3% escoria*

<b>Proctor modificado de C-02 + 3% escoria</b>		
Máxima Densidad Seca	2.189	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.09	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-02 con adición de 3% escoria de acero.

**Figura 14**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02+3% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-02 con adición de 3% de escoria de acero.

**Proctor modificado del suelo calicata C-02+ 6% escoria de acero**

En la calicata C-02 con adición de 6% de adición de escoria de acero, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.184 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 8.36%.

**Tabla 21**

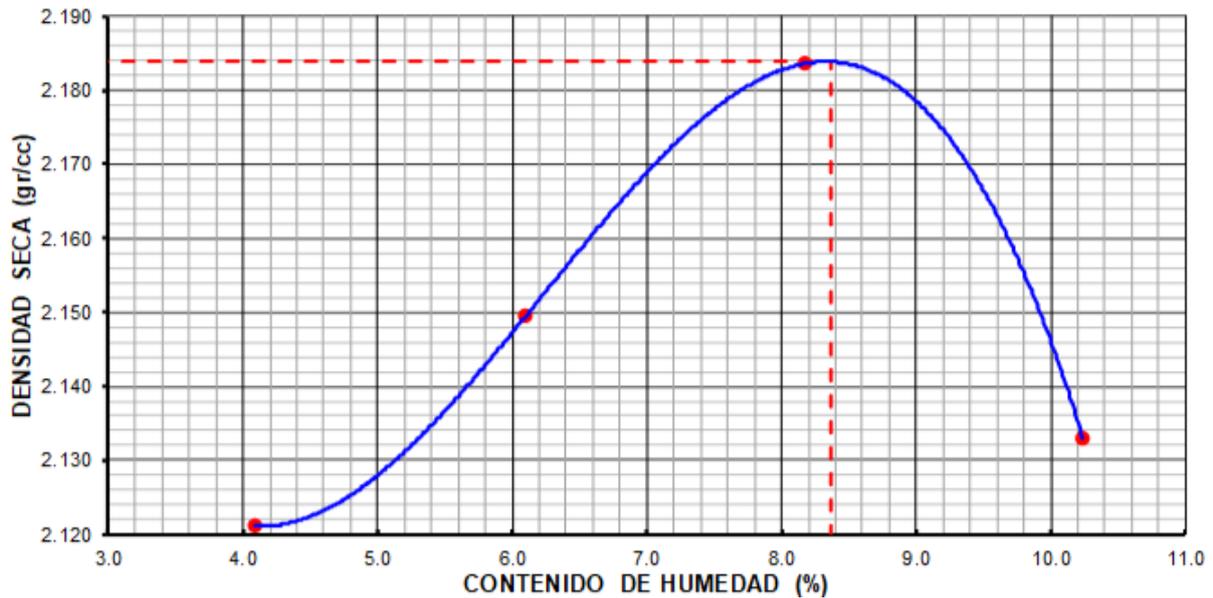
*Proctor modificado de la Calicata C-02+6% escoria*

<b>Proctor modificado de C-02 + 6% escoria</b>		
Máxima Densidad Seca	2.184	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.36	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-02 con adición de 6% escoria de acero.

**Figura 15**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02+6% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-02 con adición de 6% de escoria de acero.

**Proctor modificado del suelo calicata C-02+ 12% escoria de acero**

En la calicata C-02 con adición de 12% de adición de escoria de acero, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.207 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 7.76%.

**Tabla 22**

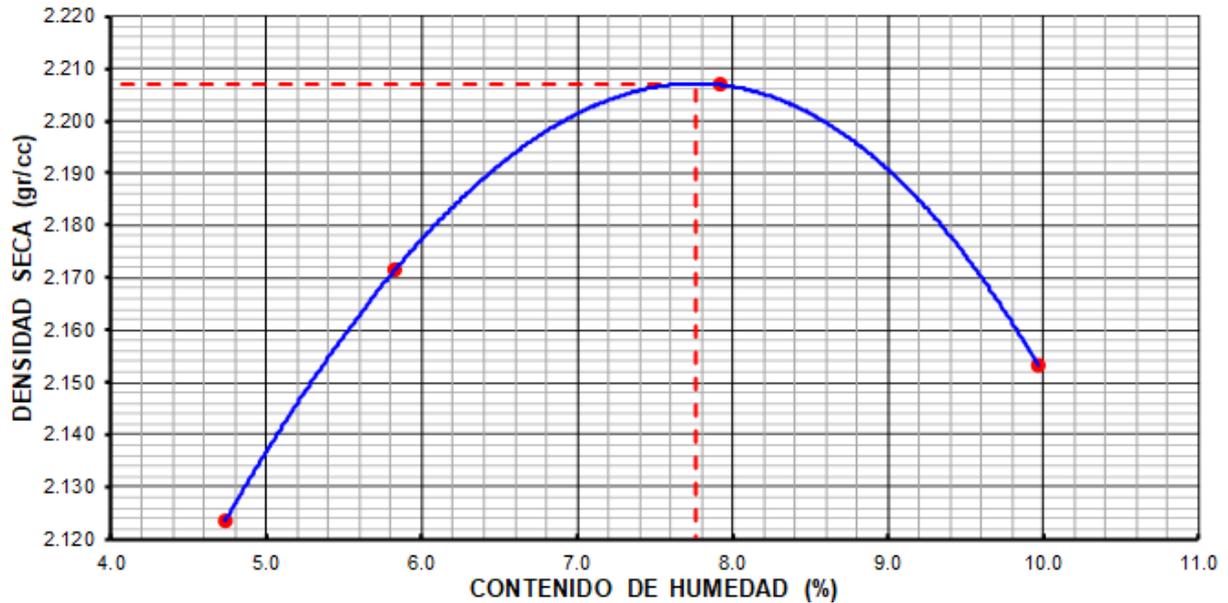
*Proctor modificado de la Calicata C-02+12% escoria*

<b>Proctor modificado de C-02 + 12% escoria</b>		
Máxima Densidad Seca	2.207	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	7.76	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención de la máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo de proctor modificado en la calicata C-02 con adición de 12% escoria de acero.

**Figura 16**

Gráfica de la relación humedad- densidad seca de C-02+12% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la relación humedad- densidad seca de la calicata C-02 con adición de 12% de escoria de acero.

#### 4.2. Estudio de CBR del suelo

El ensayo de CBR se ha realizado al suelo en su estado natural como a las muestras con adición del 3%, 6% y 12% de escoria de acero tanto para el suelo de la calicata 01 como de la calicata 02.

##### 4.2.1. CBR de la calicata C-01

En la calicata C-01, basándose de los resultados obtenidos en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.020 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 23**

*CBR de la Calicata C-01*

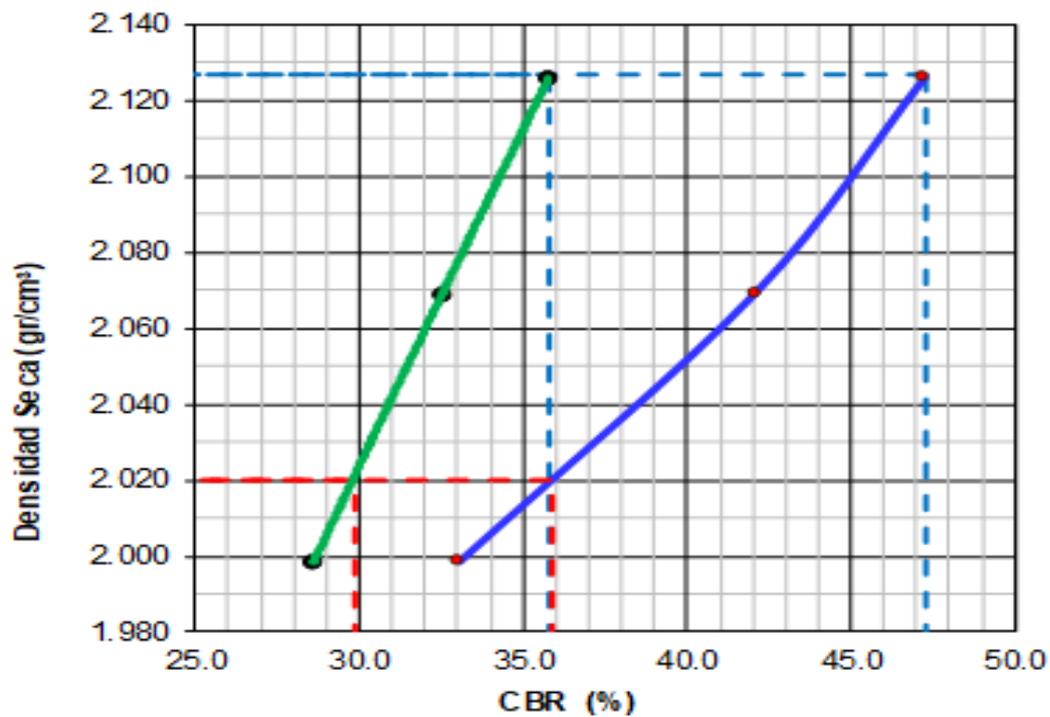
C.B.R de C-01		
Máxima Densidad Seca	2.127	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	9.68	%

95% máxima densidad seca	2.020	gr/cm <sup>3</sup>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	35.76	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	29.90	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	47.28	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	35.90	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-01 del km 9.20.

### Figura 17

Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01.

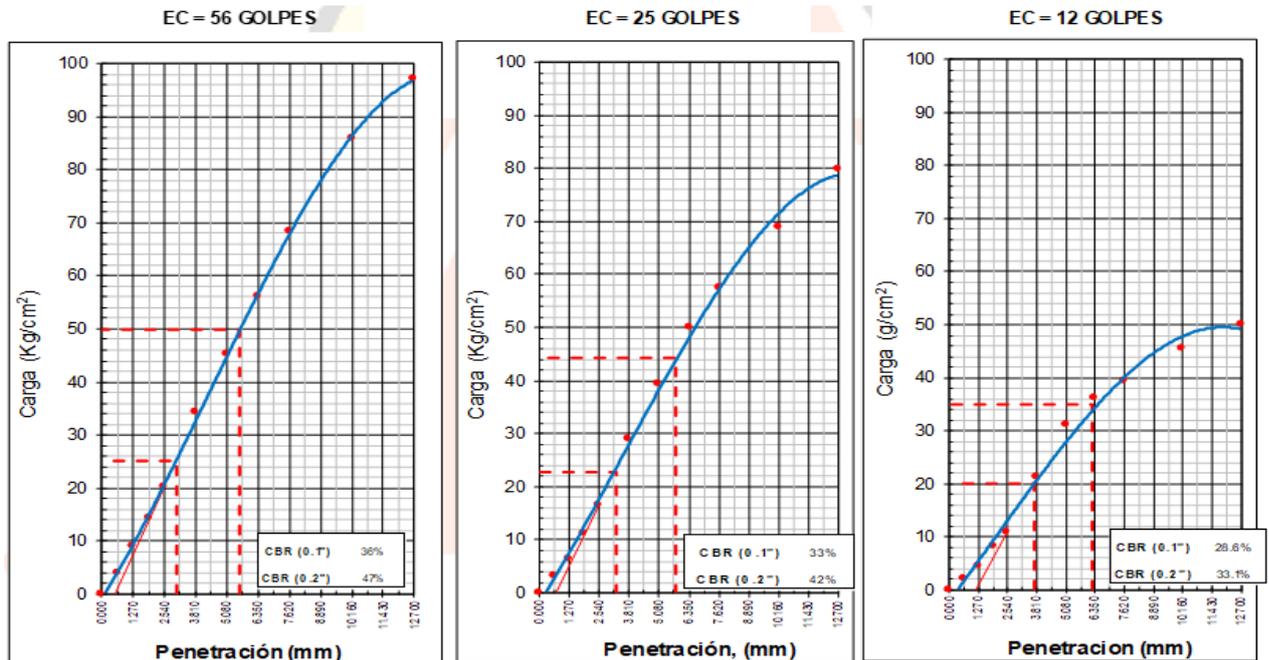


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-01.

**Figura 18**

Gráfica de penetración vs carga a los 56, 25 y 12 golpes en C-01.



Fuente: Elaboración propia.

**4.2.2. CBR de la calicata C-01 + 3% escoria de acero**

En la calicata C-01 con 3% de escoria de acero, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.056 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 24**

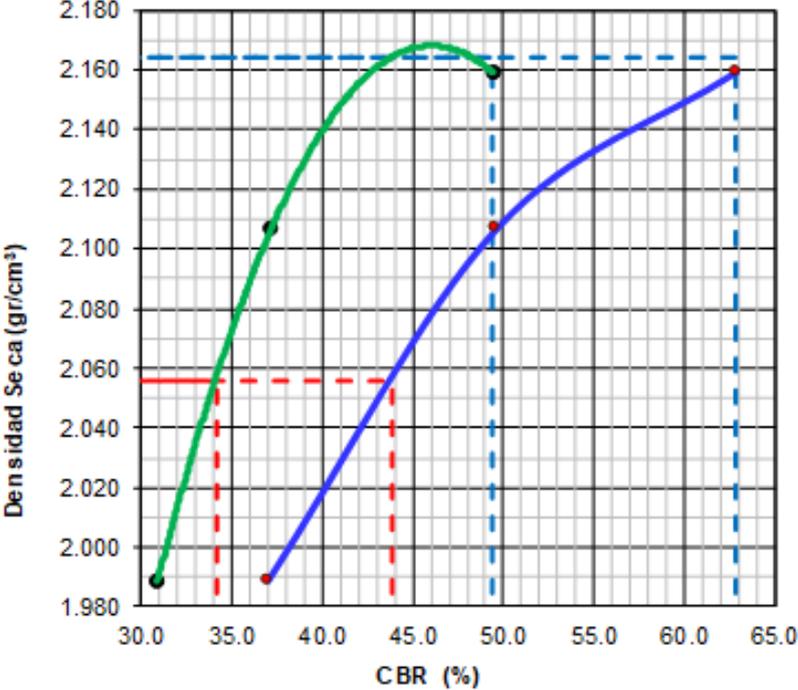
*CBR de la Calicata C-01+ 3% escoria de acero*

<b>C.B.R de C-01 +3% escoria de acero</b>		
Máxima Densidad Seca	2.164	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	9.06	%
95% máxima densidad seca	2.056	gr/cm <sup>3</sup>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	49.43	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	34.20	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	62.86	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	43.80	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-01 con adición de 3% de escoria de acero.

**Figura 19**

*Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01+ 3% escoria.*

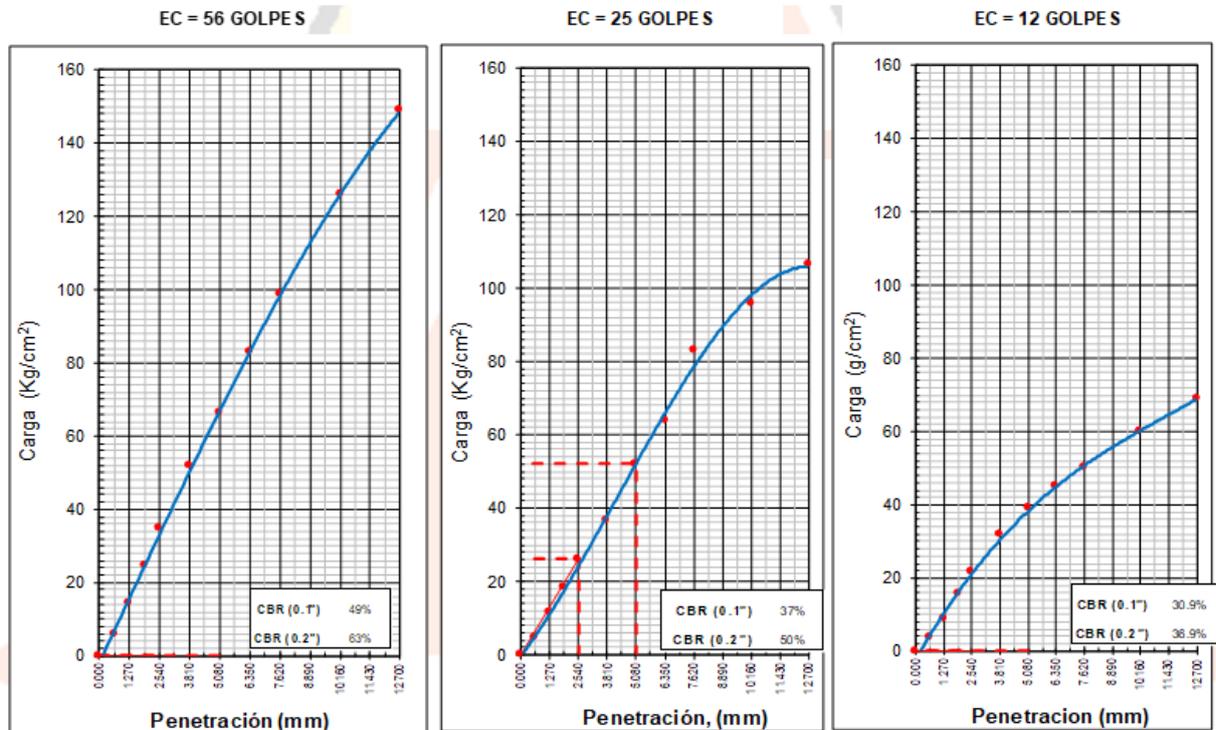


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-01+ 3% de escoria de acero.

**Figura 20**

Gráfica de penetración vs carga en la C-01+3% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-01+ 3% de escoria de acero.

**4.2.3. CBR de la calicata C-01 + 6% escoria de acero**

En la calicata C-01 con 6% de escoria de acero, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.107 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 25**

*CBR de la Calicata C-01+ 6% escoria de acero*

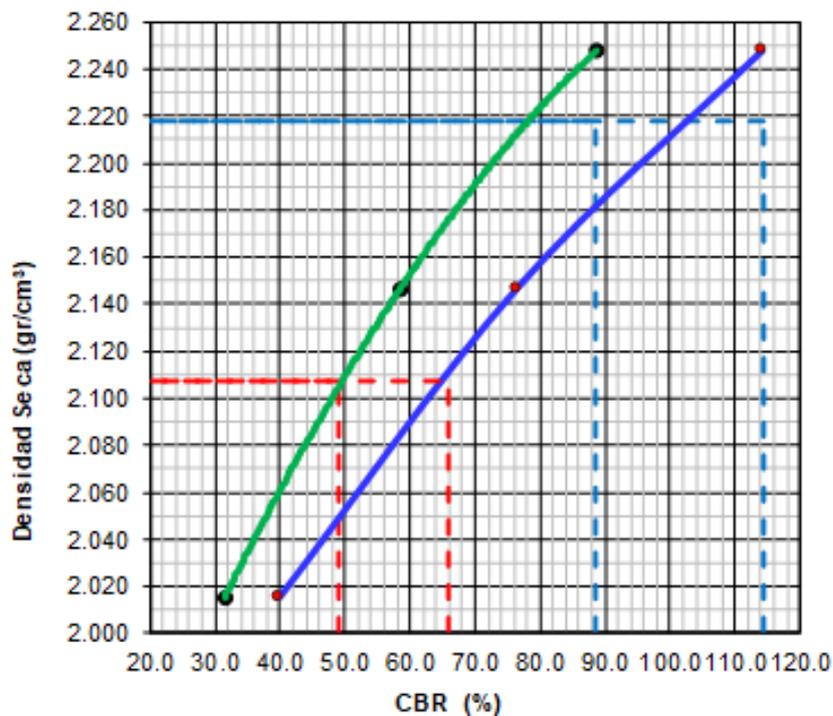
<b>C.B.R de C-01 +6% escoria de acero</b>		
Máxima Densidad Seca	2.218	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.38	%
95% máxima densidad seca	2.107	gr/cm <sup>3</sup>

C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	88.66	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	49.00	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	114.37	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	66.00	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-01 con adición de 6% de escoria de acero.

**Figura 21**

*Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01+ 6% escoria.*

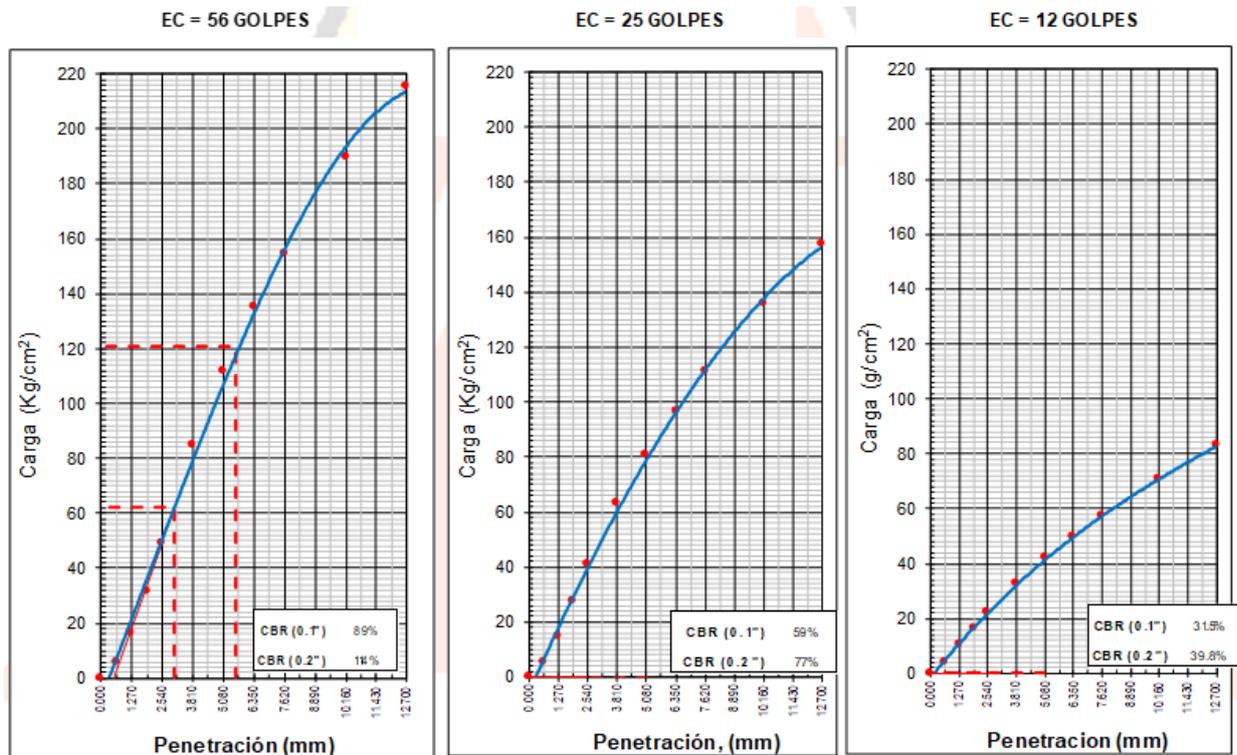


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-01+ 6% de escoria de acero.

**Figura 22**

Gráfica de penetración vs carga en la C-01+6% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-01+ 6% de escoria de acero.

**4.2.4. CBR de la calicata C-01 + 12% escoria de acero**

En la calicata C-01 con 12% de escoria de acero, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.128 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 26**

*CBR de la Calicata C-01+ 12% escoria de acero*

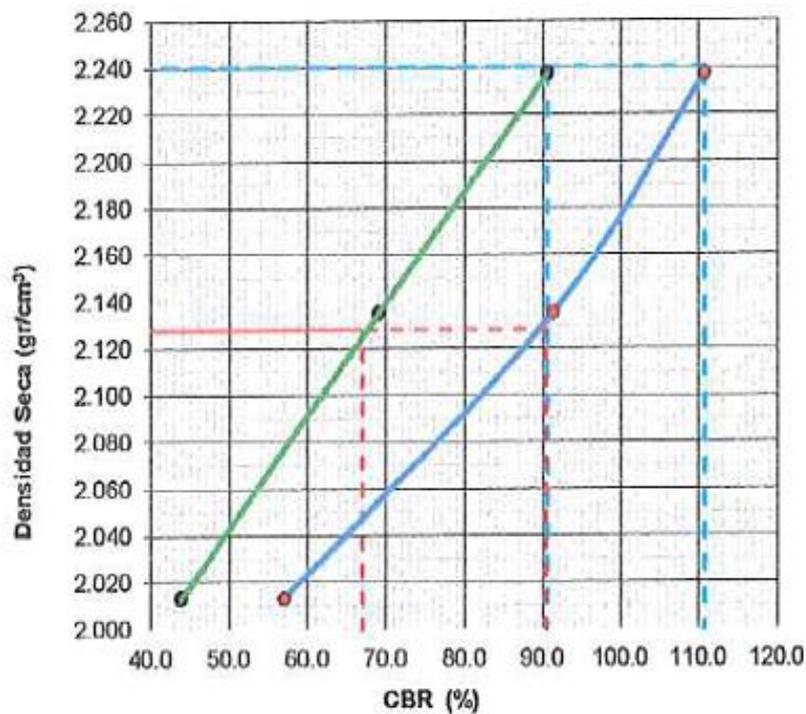
C.B.R de C-01 +12% escoria de acero		
Máxima Densidad Seca	2.240	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.28	%
95% máxima densidad seca	2.128	gr/cm <sup>3</sup>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1''	90.58	%

C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	66.90	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	110.74	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	90.40	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-01 con adición de 12% de escoria de acero.

### Figura 23

Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-01+ 12% escoria.

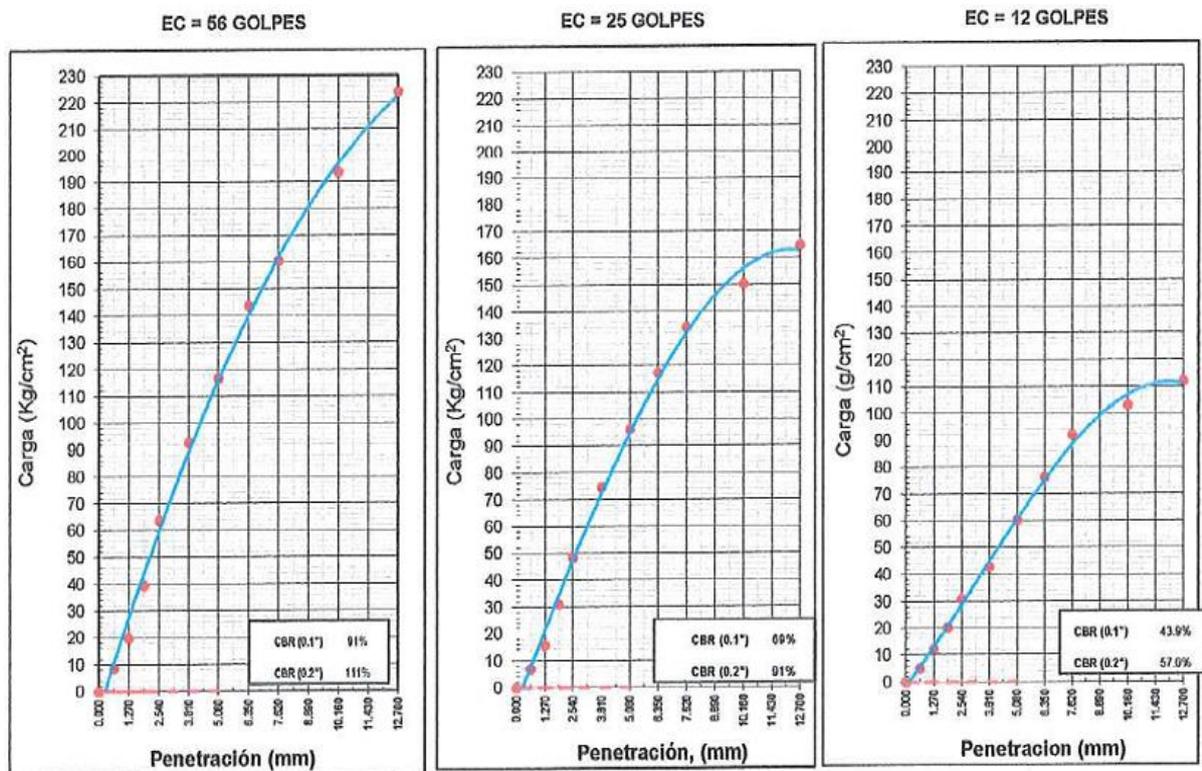


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-01+ 12% de escoria de acero.

**Figura 24**

Gráfica de penetración vs carga en la C-01+12% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-01+ 12% de escoria de acero.

#### 4.2.5. CBR de la calicata C-02

En la calicata C-02, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.008 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R.

**Tabla 27**

CBR de la Calicata C-02

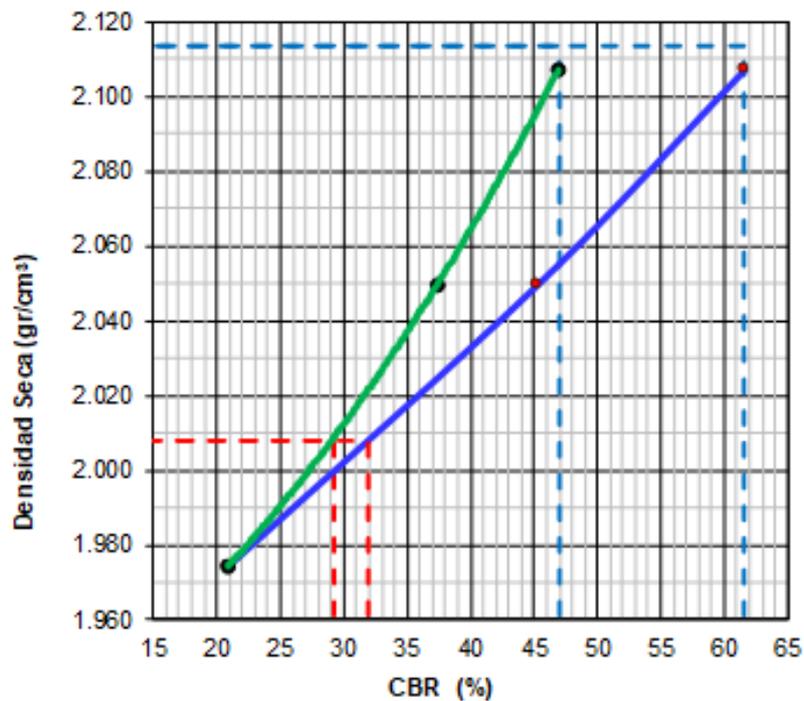
C.B.R de C-02		
Máxima Densidad Seca	2.113	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.48	%
95% máxima densidad seca	2.008	gr/cm <sup>3</sup>

C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	46.92	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	29.30	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	61.59	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	32.00	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-02.

### Figura 25

Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02.

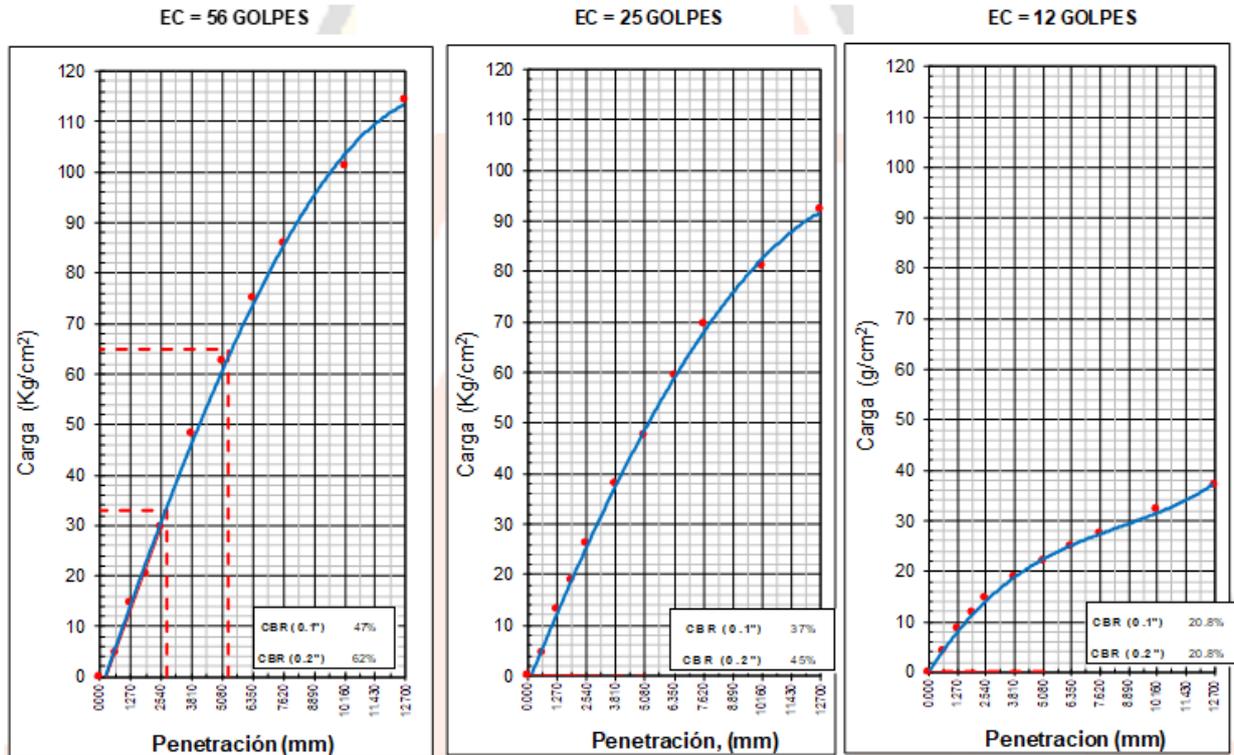


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-01.

**Figura 26**

Gráfica de penetración vs carga a los 56, 25 y 12 golpes en C-02.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-02.

**4.2.6. CBR de la calicata C-02 + 3% escoria de acero**

En la calicata C-02 con 3% de escoria de acero, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.079 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 28**

CBR de la Calicata C-02+ 3% escoria de acero

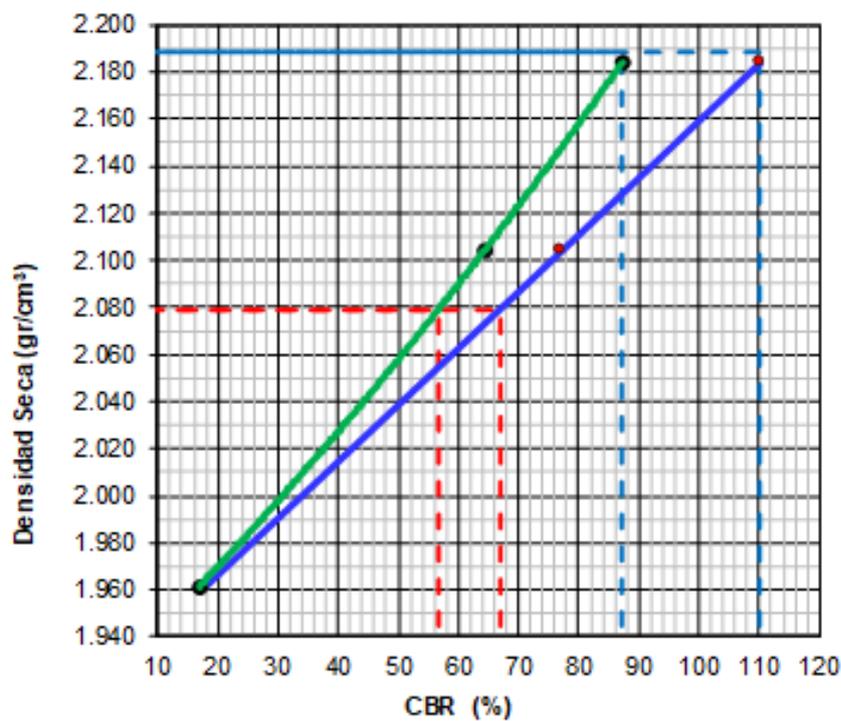
C.B.R de C-02 +3% escoria de acero		
Máxima Densidad Seca	2.189	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.09	%
95% máxima densidad seca	2.079	gr/cm <sup>3</sup>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	87.19	%

C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	56.50	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	110.19	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	66.80	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-02 con adición de 3% de escoria de acero.

### Figura 27

Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02+ 3% escoria.

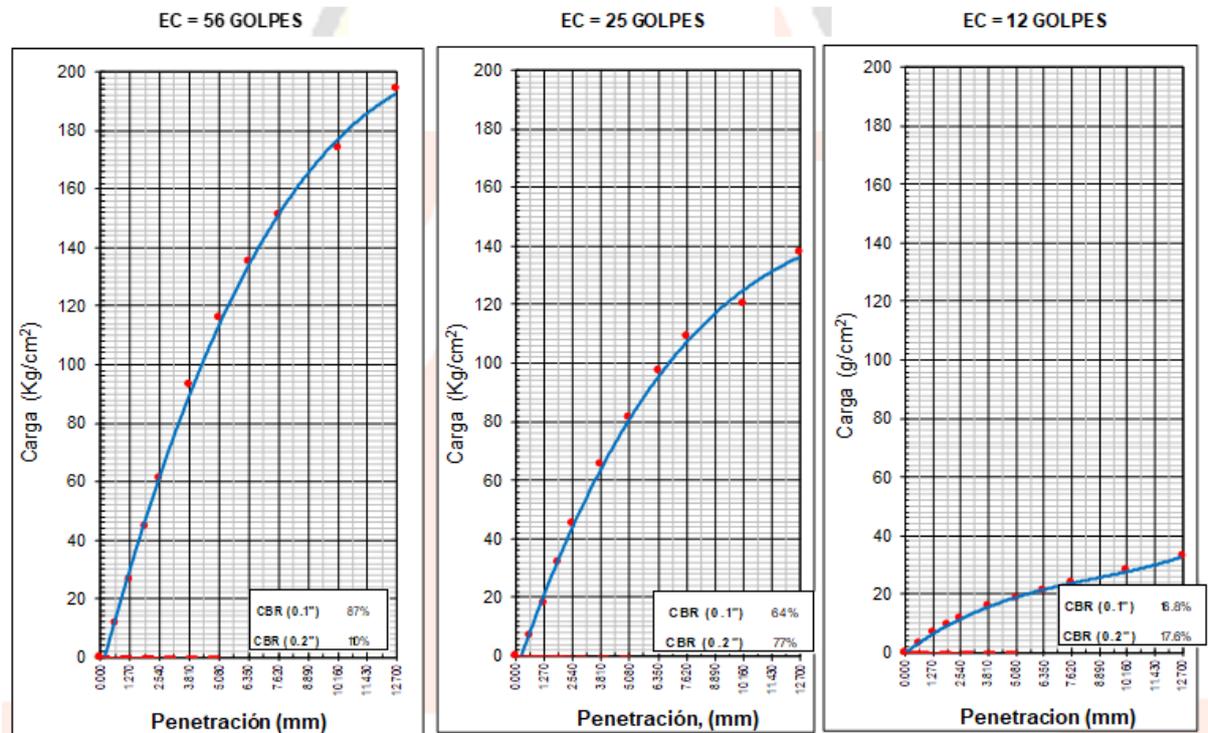


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-01+ 3% de escoria de acero.

**Figura 28**

Gráfica de penetración vs carga en la C-01+3% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-01+ 3% de escoria de acero.

#### 4.2.7. CBR de la calicata C-02 + 6% escoria de acero

En la calicata C-02 con 6% de escoria de acero, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.075 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 29**

CBR de la Calicata C-02 + 6% escoria de acero

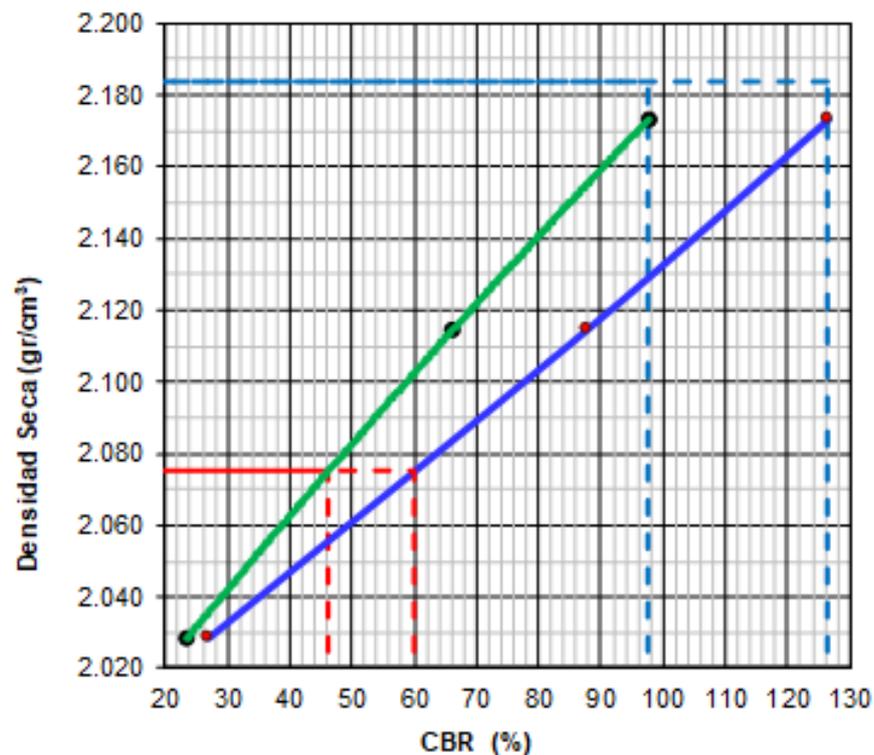
C.B.R de C-02 +6% escoria de acero		
Máxima Densidad Seca	2.184	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	8.36	%
95% máxima densidad seca	2.075	gr/cm <sup>3</sup>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	97.68	%

C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	46.00	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	126.44	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	60.00	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-02 con adición de 6% de escoria de acero.

### Figura 29

Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02+ 6% escoria.

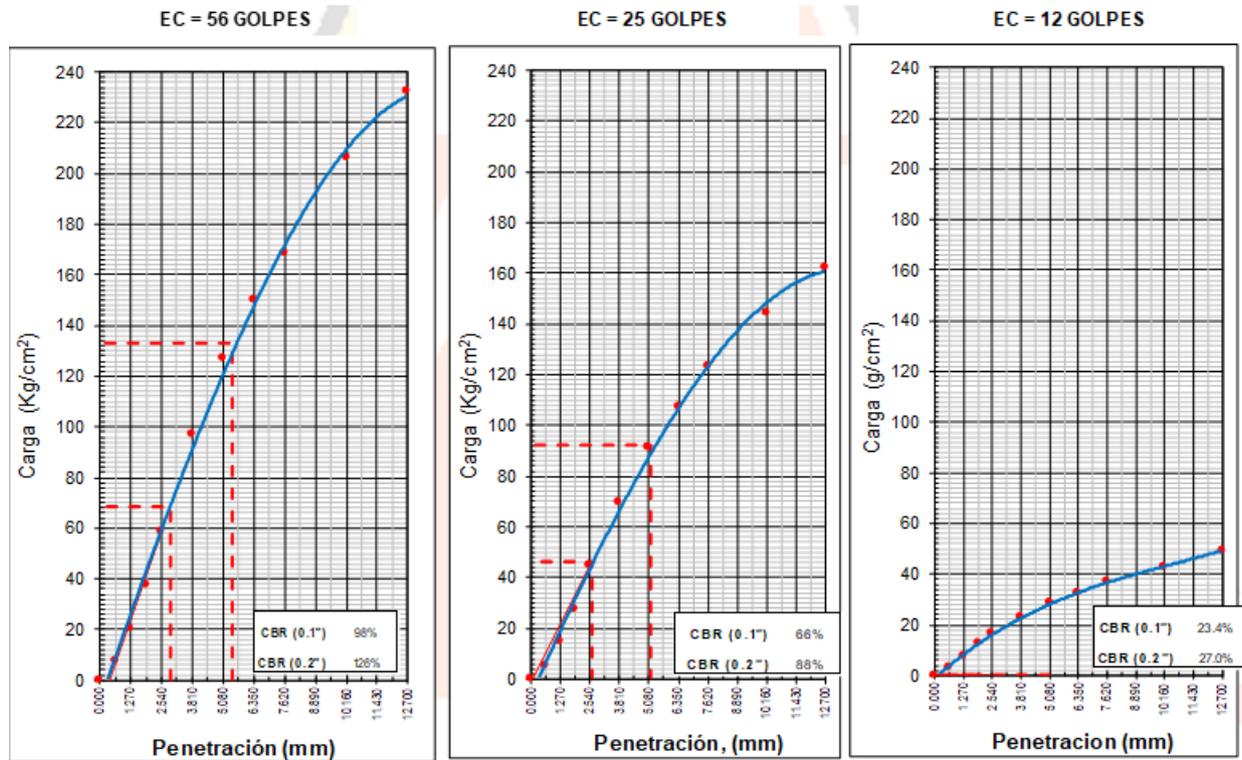


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-02+ 6% de escoria de acero.

**Figura 30**

Gráfica de penetración vs carga en la C-02+6% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-02+ 6% de escoria de acero.

#### 4.2.8. CBR de la calicata C-02 + 12% escoria de acero

En la calicata C-02 con 12% de escoria de acero, basándose de los resultados obtenido en su ensayo de proctor modificado, se determina una máxima densidad seca al 95% con un valor de 2.097 gr/cm<sup>3</sup> y así los siguientes valores de C.B.R

**Tabla 30**

CBR de la Calicata C-02+ 12% escoria de acero

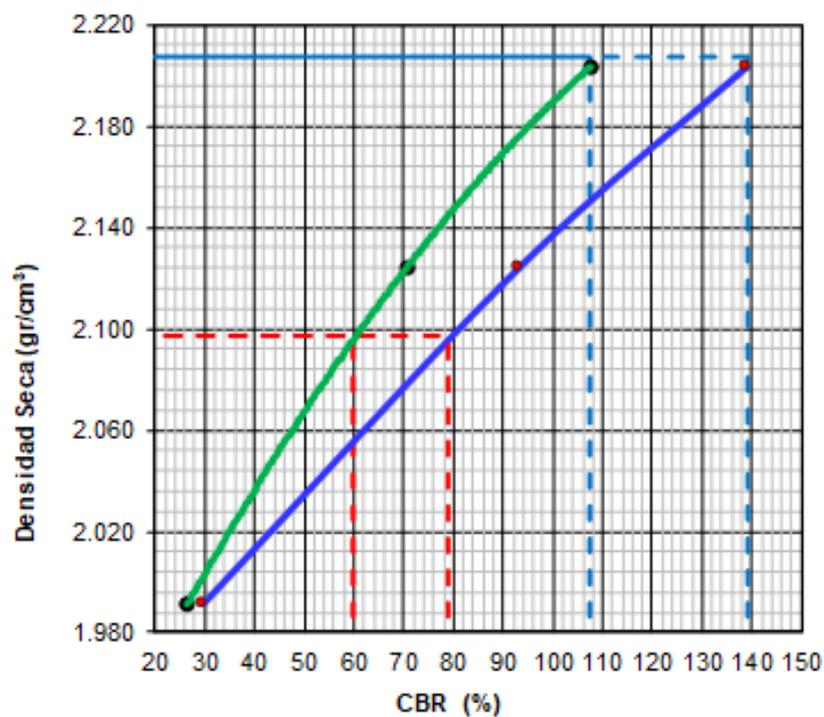
C.B.R de C-02 + 12% escoria de acero		
Máxima Densidad Seca	2.207	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	7.76	%
95% máxima densidad seca	2.097	gr/cm <sup>3</sup>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	107.58	%

C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	60.00	%
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	139.12	%
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	79.00	%

Nota: En esta tabla se evidencia la obtención los resultados C.B.R. obtenida de la calicata C-02 con adición de 12% de escoria de acero.

**Figura 31**

*Gráfica de densidad seca vs C.B.R de C-02+ 12% escoria.*

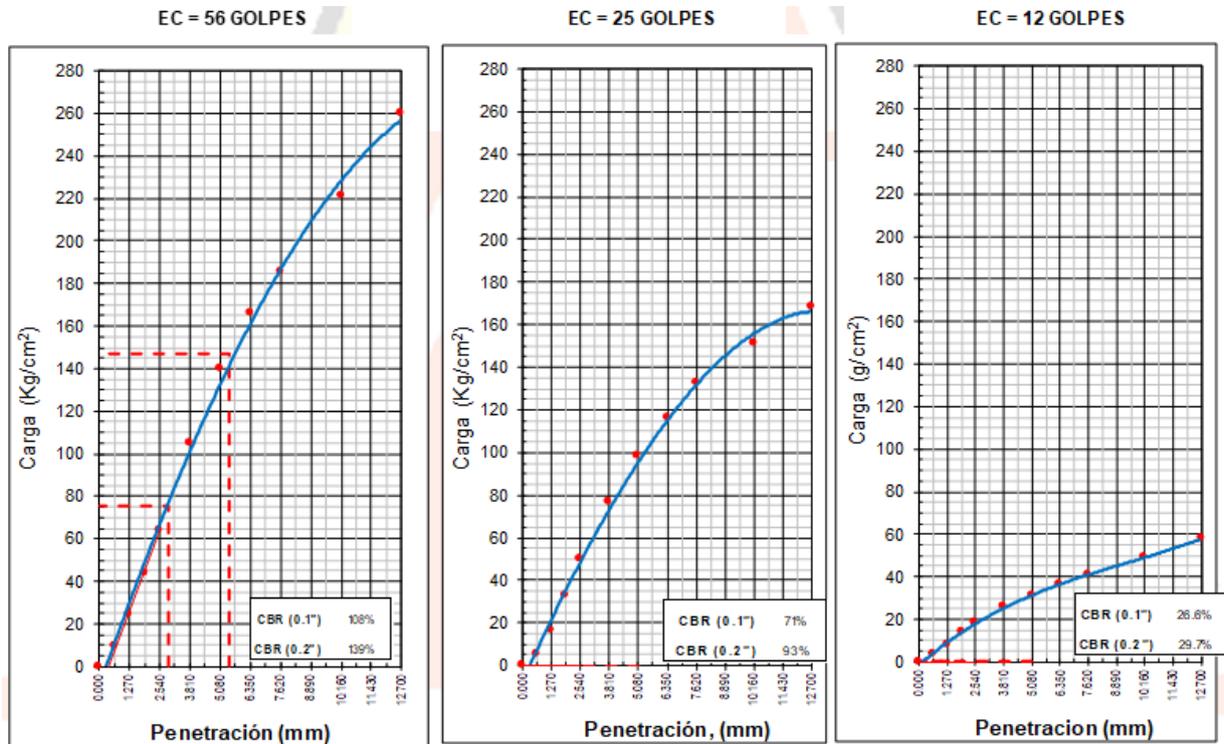


Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de la densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR (%) de la calicata C-02+ 12% de escoria de acero.

**Figura 32**

Gráfica de penetración vs carga en la C-02+12% escoria.



Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se muestra el gráfico de penetración a los 56, 25 y 12 golpes de la calicata C-02+ 12% de escoria de acero.

### 4.3. Porcentaje óptimo de adición

La siguiente tabla presenta los C.B.R al 100% de la M.D.S a 0.1", C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.1", C.B.R al 100% de la M.D.S a 0.2" y C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.2", con un porcentaje óptimo de adición considerado al 12% de escoria de acero, como se detalla a continuación:

**Tabla 31***CBR de las muestras de estudio*

<b>C.B.R</b>	<b>Suelo natural C-01</b>	<b>Suelo C-01 + 3% escoria de acero</b>	<b>Suelo C-01 + 6% escoria de acero</b>	<b>Suelo C-01 + 12% escoria de acero</b>	<b>Suelo natural C-02</b>	<b>Suelo C-02 + 3% escoria de acero</b>	<b>Suelo C-02 + 6% escoria de acero</b>	<b>Suelo C-02 + 12% escoria de acero</b>
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	35.76 %	49.43 %	88.66 %	90.58 %	46.92 %	87.19 %	97.68 %	107.58 %
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	29.90 %	34.20 %	49.00 %	66.90 %	29.30 %	56.50 %	46.00 %	60.00 %
C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	47.28 %	62.86 %	114.37 %	110.74 %	61.59 %	110.19 %	126.44 %	139.12 %
C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	35.90 %	43.80 %	66.00 %	90.40 %	32.00 %	66.80 %	60.00 %	79.00 %

Nota: En esta tabla se muestra los C.B.R obtenidos por cada muestra de suelo al 100% y 95% de la M.D.S a 0.1" y 0.2".

#### IV. DISCUSIONES

En la presente investigación, se realizó el estudio y evaluación del comportamiento mecánico de muestras de suelo natural y muestras de suelo con adición del 3%, 6% y 12% de escoria de acero, las cuales obtuvieron valores diferentes en sus propiedades. Para ello, fue necesario realizar la elección del suelo, las cuales fueron seleccionadas de la Carretera Tramo Puente Blanco - Chunchuquillo, Colasay – Jaén – Cajamarca, en la cual se realizó la extracción de dos calicatas, en puntos diferentes, para la obtención de sus propiedades de este suelo sin adición, en su estado natural.

En sus ensayos físicos de este material se determinó tratarse de un suelo clasificado según AASHTO como A-2-4 (0) y GC según la clasificación SUCS para ambas muestras de estudio, con un contenido de humedad de 12.74% y 11.25% para las muestras de cada calicata, un índice de plasticidad de 9.15% y 7.67% respectivamente.

En cuanto a los estudios de sus propiedades mecánicas, este suelo, se consideró con una máxima densidad seca (MDS) de 2.127 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 9.68% para la calicata 01, mientras que la muestra de la calicata 02, alcanzaron una M.D.S de 2.113 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad de 8.48%. Asimismo, en este ensayo, las muestras de suelo con adición de escoria, se consideró que, a mayor incremento de adición de escoria de acero, su humedad óptima se reduce, mientras que, su contenido óptimo de humedad incrementa. Finalmente, en su ensayo de C.B.R, se determinó que, a mayor incremento de adición de escoria de acero, su C.B.R incremento de manera significativa. Por ello, se considera un porcentaje óptimo de adición de escoria de acero a la dosificación con 12% de este residuo, obteniendo un C.B.R de 90.58% frente al C.B.R del suelo natural de la calicata 01 con un valor de 35.76%, mientras que, en la calicata 02, se obtuvo un C.B.R de 46.92% y ante la adición del 12% de escoria de acero, este llegó alcanzar hasta un C.B.R de 107.58%.

Ospina, Chaves y Jimenez (2020), en su artículo científico, tuvo como objetivo realizar una evaluación de la influencia de la escoria de acero en el C.B.R de un suelo arcilloso, mediante la adición de este residuo en 25%, 50% y 75% de adición de muestra que pase por el tamiz N° 4, las cuales, evidenciaron un comportamiento diferente ante la adición de escoria de acero, siendo funcional en material como suelos cohesivos,

reduciendo su plasticidad hasta en un 0%, y un incremento de C.B.R hasta de un 378.92% mayor.

Las dosificaciones de estudio en esta investigación para el 0%, 25%, 50% y 75% de escoria de acero, con un peso de muestra de suelo natural de 2390 gr., 2331 gr., 2526 gr. y 2462 gr. respectivamente, y en cuanto al peso de escoria fue de 0 gr., 582,75 gr., 1263 gr., 1846,50 gr. respectivamente para cada dosificación. Obteniendo así un C.B.R de 7.97%, 30.20%, 18.57% y 9.13% para las muestras de estudio, una resistencia al corte de 0.20Mpa, 0.16Mpa, 0.15Mpa y 0.10Mpa, y con un índice de plasticidad de 15.50%, 11.60%, 5.80% y 0.00% respectivamente. Por lo que, se evidencia que al incrementar el contenido de escoria de acero se reduce totalmente su plasticidad, mientras que su C.B.R no incrementa de manera significativa, a diferencia de la muestra con menor adición de escoria.

De esta manera, se determina que en cuanto a la dosificación más óptima de adición de escoria de acero fue del 25%, por la reducción de resistencia a la compresión y su índice de plasticidad no fue tan elevada en comparación a las demás muestras. Sin embargo, esta dosificación incrementa significativamente el CBR y su densidad.

En la investigación de Hidalgo (2016), se afirma que, su suelo de estudio en su estado natural originario de la ciudad del Puyo, se clasificó como una arcilla con alta plasticidad CH para dos muestras según clasificación SUCS. Para ello, consideró realizar tres mezclas de estudio, la primera combinación fue de dos mezclas de suelo con enzima, la segunda combinación fue dos mezclas de suelo con cemento en un 5% y la tercera mezcla conformada por dos mezclas de suelo-cemento con 10% de cemento. Una de las primeras mezclas por cada combinación proviene del Barrio La Merced/ Puyo, y la segunda de Barrio El Chofer/Puyo.

En su ensayo realizado de límites de Atterberg de estas mezclas, logró obtener un índice de plasticidad en las mezclas de suelo-enzima de 5.33% y 15.63%, para el suelo+5% cemento valores de 5.49% y 16.97%, mientras que para la dosificación de suelo+10% cemento logró obtener 4.43% y 14.52% respectivamente.

Las muestras del Barrio La Merced, de color anaranjado- rojizo obtuvieron una máxima densidad seca (MDS) de 1,1452 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 30.80%,

mientras que para la muestra de Barrios El Chofer con un color gris-blanquecino, obtuvo una MDS de 1,1483 gr/cm<sup>3</sup> y una óptima humedad de 35.40%. En cuanto a su C.B.R obtenido en las muestras naturales alcanzaron valores de 3.81% y 2.05%. Mientras que, en sus muestras con enzima obtuvieron un C.B.R. de 9.20% y 4.82%, muestras con suelo cemento en 5%, un C.B.R de 6.86% y 5.37%. Finalmente, para el suelo cemento de 10% alcanzaron un C.B.R. de 6.94% y 7.65% respectivamente.

De esta manera, se obtiene la dosificación más óptima obtenida en esta investigación ante el incremento o adición del agente enzimático como estabilizador de suelos fue aquella muestra 01, al obtener un C.B.R de 9.20%, frente a la muestra patrón sin adición que alcanzó un valor de C.B.R de 3.81%, evidenciando así un incremento significativo en la capacidad portante.

Leiva et al. (2017), en su artículo científico, determinó que, los resultados obtenidos de suelo con escoria LFS o de horno de cuchara, presentaron un comportamiento eficiente sobre la adición de suelo arcilloso enfocado para obras viales, mediante el tratamiento previo para la obtención de mezclas homogéneas.

Su investigación realizó la evaluación de cuatro muestras de estudio, la cual están conformadas por mezcla 0, mezcla 1, mezcla 2 y mezcla 3, las cuales están conformadas por muestra de suelo natural, mezcla de suelo con 5% escoria, mezcla de suelo 10% de escoria y muestra de suelo con cal respectivamente. Estas mismas alcanzaron a obtener una máxima densidad seca compactada de 1,735 gr/cm<sup>3</sup>, 1.768 gr/cm<sup>3</sup>, 1778 gr/cm<sup>3</sup> y 1,730 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que, en su óptimo contenido de humedad obtuvieron 18%, 17%, 17% y 19% para cada muestra de estudio. Ante los resultados obtenidos por el ensayo de proctor modificado, se realiza su estudio de CBR, se obtuvo un valor de 5%, 7%, 8% y 12%. De esta manera, se evidencia que el porcentaje más óptimo de adición de escoria fue del 10% de adición. Sin embargo, dentro de todas las muestras, se consideró que la dosificación con mejores condiciones en su C.B.R fue aquella con adición de cal.

Jurado y Clavijo (2016) en su investigación, determinaron realizar un estudio de suelo cemento con un contenido de adición del 0%, 6%, 9%, 12% y 15% presentando como aquellas más óptimas al obtener un comportamiento mecánico mejor frente a las otras muestras de estudio fueron aquellas dosificaciones con adición del 9% y 12%.

En su evaluación de las propiedades físicas del suelo, se determinó tratarse de un suelo clasificado según SUCS como un suelo ML, y una dosificación de cemento del 5% al 7% alcanzaron datos de CBR mayores del 100%.

En su ensayo de proctor modificado de sus muestras, determinaron una máxima densidad seca (MDS) de 1737.26 kg/m<sup>3</sup>, 1732.64 kg/m<sup>3</sup>, 1743.45 kg/m<sup>3</sup>, 1756.30 kg/m<sup>3</sup>, 1768.39 kg/m<sup>3</sup> y un contenido óptimo de adición de 15.70%, 16.37%, 16.74%, 16.64%, 16.61% respectivamente.

Asimismo, Figueroa y Mamani (2019), en su investigación realizó el estudio de la escoria negra como material aditivo en reemplazo del agregado fino, la cual, mediante un estudio granulométrico fue aceptado para su uso según requerimientos el MTC, al presentar una relación de E:A.F de 9:1. Asimismo, en su ensayo de límites de Atterberg, se determinó que la escoria negra no presentó límites plásticos ni líquidos, por lo que se cierra con una mínima cantidad de golpes en la Copa Casagrande. En su estudio de proctor modificado, si bien es cierto, es un estudio no obligatorio, pero para obtener los resultados deseados en el presente estudio, se realizó su ensayo bajo especificaciones técnicas normativas, obteniendo resultados una máxima densidad seca (MDS) 1.924 gr/cm<sup>3</sup> y contenido de humedad óptimo de 9.2% y un 87.09% de compactación, cumpliendo normativa existente al solicitar el MTC mínimo 85%.

Finalmente, su investigación determinó un estudio de C.B.R obteniendo su índice de resistencia del material (10% de la M.D.S al 0.1") en la muestra natural con un C.B.R de 40%, mientras que las muestras de suelo con escoria negra presentaron un valor de C.B.R de 49.30%, 49.70% y 51.10% para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, obteniendo así un promedio de un C.B.R de 50.03%.

A diferencia de, Angulo y Rojas (2016), que realizó una investigación no centrada en aditivos residuos sino eligió la evaluación de la influencia de un aditivo PROES como estabilizador de suelos en la carretera al AA. HH "El Milagro" – Distrito de San Juan Bautista – Loreto, obteniendo tipos de suelos según clasificación SUCS, a un suelo SM, y según AASHTO, una muestra de suelo A-4 (1), mezcla combinada de A-3 (0), A-7-5 (9), y una mezcla combinada de A-2-4 (0) y A-7-5 (9), obteniendo un C.B.R medidos en el rango de 14.4% al 43.7%. Aplicando aditivo PROES con una

dosificación de 0.30 lt/m<sup>3</sup> y cemento de 2% (40 kg/m<sup>3</sup>) se obtuvo CBR medidos en el rango de 43.2% al 102%.

Asimismo, bajo los resultados obtenidos, se ha podido determinar también la utilización de los materiales en gran volumen como A-3(0) en 85% y A-7-5(9) en 15% de un (23.6 a 83) % triplicando el CBR frente al suelo patrón o en su estado natural sin adición a uso con aditivos donde alcanzaron un valor de 352%.

## V. CONCLUSIONES

Esta investigación concluyó en la obtención de los parámetros físicos de las muestras de suelo extraídas de la calicata C-01 y C-02, las cuales fueron clasificadas según A.A.S.H.T.O, se considera un suelo A-2-4 (0), y según SUCS, se clasifica como un suelo GC, representando a gravas arcillosas con mezcla gravo-arena- arcillosas, al presentar la muestra de la calicata C-01 un contenido de gravas en un 47.60% arenas en un 45.86% y de finos por que pasa la malla N° 200, con un porcentaje de 16.54%, mientras que, en la calicata C-02, se determinó un contenido de 47.49%, 34.45% y 18.06% respectivamente. En su estudio de contenido de humedad, se obtuvo un contenido promedio de 12.74% y 11.25% para ambas calicatas tanto C-01 y C-02. En los límites de Atterberg, logró obtener un índice de plasticidad de 9.15 y 7.67 respectivamente.

Asimismo, se concluyó que, para la obtención del C.B.R, fue necesario realizar el ensayo de proctor modificado tanto a las muestras de calicata en su estado natural C-01 y C-02 y de estas mismas muestras con la adición de 3%, 6% y 12% de escoria de acero. Para la muestra C-01, se obtuvo una máxima densidad (MDS) de 2.127 gr/cm<sup>3</sup>, con un óptimo contenido de humedad (OCH) de 9.68%, mientras que, para las muestras de suelo de la calicata C-01 con adición de 3%, 6% y 12% obtuvieron una MDS de 2.164 gr/cm<sup>3</sup>, 2.218 gr/cm<sup>3</sup> y 2.240 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, con un contenido óptimo de humedad de 9.06%, 8.38% y 8.28%. Y para las muestras de la calicata C-02 con 0%, 3%, 6% y 12% de adición de escoria de acero alcanzaron MDS de 2.113 gr/cm<sup>3</sup>, 2.189 gr/cm<sup>3</sup>, 2.184 gr/cm<sup>3</sup> y 2.207 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido óptimo de humedad de 8.48%, 8.09%, 8.36% y 7.76%. Ante dichos resultados, se determina su C.B.R al 95% de la M.D.S. a 0.1" de cada muestra de la calicata C-01, valores de 29.90%, 34.20%, 49.00% y 66.90%, mientras que, en las muestras de la calicata C-02, alcanzaron un C.B.R al 95% de la M.D.S. a 0.1", los siguientes valores: 29.30%, 56.50%, 46.00% y 60.00%, evidenciando.

El porcentaje más óptimo de adición fue del 12% de escoria de acero en el suelo en su estado natural, logrando obtener un C.B.R de 66.90% frente a la muestra patrón de la calicata C-01 que alcanzó un valor de 29.90%, evidenciando así, una diferencia

de un 37% más en la muestra de suelo estabilizado. Así como en la calicata 02, se obtuvo la misma dosificación más óptima con un C.B.R 60.00% frente a su muestra de suelo convencional de 29.30%, evidenciando una diferencia de 30.70%.

Finalmente, se determinó que, la adición de escoria de acero resulta obtener un mejor comportamiento mecánico en las muestras de suelo natural que presente un bajo C.B.R, permitiendo así su estabilización mediante el incremento de su resistencia, y así considerarse en un material apto para la construcción.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar pruebas de suelos con mayores dosificaciones de adición de escoria de acero que sirvan para una base de datos completa de la influencia que presenta cada porcentaje posible de adición en sus propiedades del suelo. Es importante mencionar que, esto permitirá complementar el trabajado desarrollado en esta investigación.

Asimismo, se sugiere realizar el estudio de diferentes residuos como material adicionante en suelos con elevado contenido de finos, con el fin de mejorar sus condiciones mecánicas de este suelo de fundación, así como obtener dicha información complementaria que permita la selección del material residuo más común en cada zona a nivel mundial.

Se recomienda a futuras investigaciones, considerar un análisis social, económico y ambiental que puede generar la incorporación de escoria de acero como material que refuerza el suelo, brindándoles mejores condiciones.

Se sugiere ampliar la investigación con diferentes materiales residuos propuestos, verificando su influencia positiva mediante ensayos con otros agentes de adición que puedan ser manejados de manera óptima en el Perú, para su reutilización y que puedan considerarse como aquellas alternativas nuevas para lograr la estabilización de suelos en carreteras.

## REFERENCIAS

- Azilah, A., Byung-Tae, L., Hyeop-Jo, H., & Kyoung-Woong, K. (2018). *Assessment of the stabilization of heavy metal contaminants in soils using chemical leaching and an earthworm bioassay*. (C. N. Environ Geochem Health, Ed.) Republic of Korea: CrossMark.
- Becerra, C., & Herrera, A. (2019). *Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleados los cementos Pacasmayo Vía fuerte, Mochica y Qhuna; Lambayeque, 2018*. Universidad Señor de Sipán. Pimentel: USS.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson.
- Bonifacio, W., & Sánchez, J. (2015). *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3947/TESIS-BONIFACIO-SANCHEZ-FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Caballero, C. (2016). *Ciencias de la tierra*. México.
- Campos, J., & De Guzman, G. (2016). *Mecánica de Suelos*. Lima - Perú: WH Editores SAC.
- Colegio de Ingenieros del Perú, C. (2018). *Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú*. Perú: CIP. Obtenido de <http://cdlima.org.pe/wp-content/uploads/2018/04/C%C3%93DIGO-DE-%C3%89TICA-REVISI%C3%93N-2018.pdf>
- Constitución Política del Perú, P. (2017). *Constitución Política del Perú*. Constitución, Perú. Obtenido de <http://www.abrahamlincoln.pe/normas/ett/nl1.pdf>
- Crespo, C. (2015). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (6ta ed.). México: Limusa.
- Figuroa, I., & Mamani, C. (2019). *Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Hidalgo, D. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo – cemento aplicado a suelos de subrasante*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24610/1/Tesis%201090%20-%20Hidalgo%20Benavides%20Deivys%20Ismael.pdf>

Institut Cartogràfic y Geologic de Catalunya. (2019).

Instituto de investigación. (2016). *valoracion de las escorias metalurgicas como recursos industriales*. Lima- Peru.

Jurado, C., & Clavijo, D. (2016). *Estabilización de suelos con cemento tipo MH para mejorar las características físicas y mecánicas del material de subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, Sector Quitumbe*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Leiva, D., Montenegro, J., & Ponce, R. (2017). *Caracterización de un suelo arcilloso y su mezcla con escoria blanca proveniente de la siderurgia integral*. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. Obtenido de <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1418/Leiva%20Vidal%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lizcano, R. Q. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño*. Bogotá-Colombia: MACRO.

Mendez, J. (2016). *Ingeniería de Pavimentos*. Lima - Perú: ICG.

Menendez, J. (2016). *Ingeniería de Pavimentos: Materiales, Diseño y Construcción*. Lima - Perú: ICG.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras*. Lima: MTC. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2015). *Suelos y Pavimentos*. Lima: MTC.

Ministerio Economía y Finanzas. (2016). *Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación de Proyectos*. Lima, Peru.

- Ministerio Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima - Perú.
- Muñoz, R. (2016). *Estudio de mezcla de árido reciclado de hormigón y asfalto estabilizados con cemento para su aplicación en bases y subbase en carreteras*. Escola de Camins, Barcelona.
- Ospina, M., Chaves, S., & Jimenez, L. (2020). Mejoramiento de subrasantes de tipo arcillosos mediante la adición de escoria de acero. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 11(1). doi:<https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692>
- Quezada, S. (2017). *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación*. Universidad de Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3207/ICI\\_242.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3207/ICI_242.pdf)
- Rivera, J., Aguirre, A., Mejía, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador Técnico*. doi:10.23850/22565035.2530
- Rondon, A., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño*. Bogota-Colombia: Macro.
- Rondón, H., Ruge, J., Patiño, D., Vacca, H., Reyes, F., & Fernández, W. (2018). Caracterización de una escoria de alto horno para proyectos. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100083>
- Rondón, Q., Muniz, F., & Reyes, L. (2018). Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión. *Revista Ingenierías*, 17(33), 71-97. doi:<https://doi.org/10.22395/rium.v17n33a4>
- Salas, M. (2017). *Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo*. Universidad Andina “Nestor Cáceres Velasquez”. Juliaca: UANCV.

**ANEXOS**

**ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Tabla 32**

*Matriz de consistencia.*

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿De qué manera influye la adición de escoria de acero en la subrasante de la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Evaluar la influencia de la adición de escoria de acero en la subrasante de la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La adición de escoria de acero estabiliza la subrasante de la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021.</p>	<p>Dosificación de escoria de acero.</p>	<p>Porcentaje de mezclado al 3%</p> <p>Porcentaje de mezclado al 6%</p> <p>Porcentaje de mezclado al 12%.</p>	<p><b>Enfoque</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño</b> Experimental.</p> <p><b>Población</b> Se considera como población de estudio a la Carretera que une los poblados de Puente Blanco y Chunchuquillo, del distrito de Colasay, provincia de Jaén en la región de Cajamarca.</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>1. ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo en la Carretera Puente Blanco – Chunchuquillo?</p> <p>2. ¿Cuál es la variación en el CBR de las muestras de suelo con adición de escoria de acero frente al suelo en su estado natural de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo?</p> <p>3. ¿Cuál es el porcentaje óptimo de escoria de acero para la estabilización de suelo de subrasante de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>1. Evaluar las propiedades físicas del suelo en la carretera Puente Blanco- Chunchuquillo.</p> <p>2. Determinar la variación del CBR entre las muestras de suelo con adición de escoria de acero frente al suelo en su estado natural de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo.</p> <p>3. Obtener el porcentaje óptimo de adición de escoria de acero para la estabilización de suelo en subrasante de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>1. El suelo en la carretera Puente Blanco se clasifica como CL, limos orgánicos y arcillas limosas de baja plasticidad con una máxima densidad seca de 90 a 105 lb/pe3 y un CBR menor de 5%.</p> <p>2. La variación del CBR obtenido de las muestras de suelo con escoria de acero es del 5% frente a la muestra del suelo en su estado natural de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo.</p> <p>3. El porcentaje óptimo de adición de escoria de acero es de 3% en la estabilización de suelos en subrasante de la carretera de la Carretera Puente Blanco- Chunchuquillo.</p>	<p>Características de la escoria de acero.</p> <p>Propiedades físicas del suelo</p> <p>Propiedades mecánicas del suelo</p>	<p>Densidad Máxima (gr/cm3).</p> <p>Humedad Optima (%).</p> <p>CBR (%)</p> <p>Análisis Granulométrico</p> <p>Sistema de Clasificación.</p> <p>Contenido de Humedad (%)</p> <p>Límites de Consistencia.</p> <p>Máxima densidad seca (kg/cm3)</p> <p>Contenido de humedad óptimo (%)</p> <p>Ensayo de CBR (%).</p>	<p><b>Muestra</b> Se consideró dos calicatas con una sección de 1.00m x 1.00m, con una profundidad de 1.50m, donde se extraerán las muestras de suelos. Se consideran estas muestras para la clasificación del suelo y el ensayo de CBR, luego se le añadirá un porcentaje de escoria de acero, tres porcentajes.</p>

Nota: En esta tabla, se muestra de manera detallada la matriz de consistencia conformada por la formulación de problemas, objetivos, hipótesis, sus dimensiones e indicadores. Además de ello, también se detalla la metodología que será empleada.

## ANEXO 02: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



OBRAS Y PROYECTOS HIDRÁULICOS, VIALES  
HIDROENERGÉTICOS Y DE EDIFICACIONES EN GENERAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
E-mail: magma\_sac2006@yahoo.es

### ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA  
CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"  
DISTRITO COLASAY - PROVINCIA JAÉN - REGIÓN CAJAMARCA**

**SOLICITA:**

- ❖ **SULEIDA DARIXSA OCUPA MEZA**
- ❖ **HERALDINE TROYES MEGO**

**ELABORADO POR:**



**JAEN, JUNIO DEL 2021**

CUADRO G-01

RESUMEN RESULTADOS DE LABORATORIO

TESISTA : SULEIDA DARIXSA OCUPA MEZA  
: HERALDINE TROYES MEGO

PROYECTO : "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE  
BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"

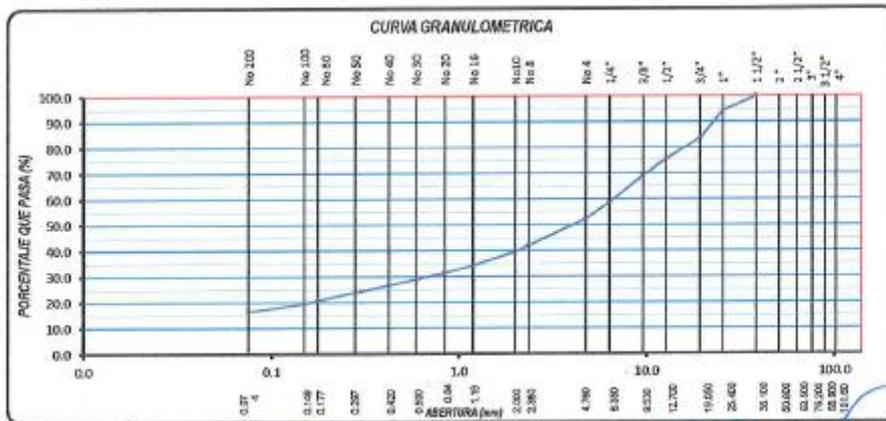
UBICACIÓN : JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA

FECHA : MAYO DEL 2021

Cantera	Granulometría (% < 3"			Límites de Atterberg			Humedad Natural (%)	Proctor		CBR		Clasificación	
	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP		MDS	OCH	100%	95%	SUCS	AASHTO
C-01 - M-01 SUELO NATURAL	47.60	35.88	16.54	26.02	16.87	9.15	12.74	2.13	9.68	35.76	29.90	GC	A - 2 - 4 (0)
C-01 - M-01 + 3% ESCORIA DE ACERO								2.16	9.06	49.43	34.20		
C-01 - M-01 + 6% ESCORIA DE ACERO								2.22	8.38	88.66	49.00		
C-01 - M-01 + 12% ESCORIA DE ACERO								2.24	8.28	90.58	66.90		
C-02 - M-01 SUELO NATURAL	47.49	34.45	18.06	24.79	17.12	7.67	11.25	2.11	8.48	46.92	29.30	GC	A - 2 - 4 (0)
C-02 - M-01 + 3% ESCORIA DE ACERO								2.19	8.09	87.19	56.50		
C-02 - M-01 + 6% ESCORIA DE ACERO								2.18	8.36	97.68	46.00		
C-02 - M-01 + 12% ESCORIA DE ACERO								2.21	7.76	107.58	60.00		

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CIP 58121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS								
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / NTP 339.126)								
PROYECTO	ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHANCHICUJILLO, OCLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021							
TESISTA	SULEIDA DARINSA OCUPA MEZA			TCO. RESPONSABLE: J. Sobrón H.				
	HERALDINE TROYES MEGO			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.				
MUESTRA	SUELO NATURAL			FECHA MUESTREO: 20/5/2021				
CALICATA	C-01			FECHA EJECUCIÓN: 20/5/2021				
PK / MUESTRA	M-01							
DATOS DE LA MUESTRA								
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		Porcentaje que Pasa	Espec. Técnica	Descripción de la Muestra	
			Parcial	Acumulado				
4"	101.600						Terreno Natural	
3 1/2"	88.900						<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							% Grava = 47.8 %
2"	50.800							% Arena = 35.9 %
1 1/2"	38.100				100.0			% Fino N°200 = 16.5 %
1"	25.400	190.0	5.71	5.7	94.29		<b>CLASIFICACION</b>	
3/4"	19.050	357.0	10.73	16.4	83.56		Límite Líquido : 28.02	
1/2"	12.700	261.0	7.84	24.28	75.72		Límite Plástico : 16.07	
3/8"	9.525	222.0	6.67	30.95	69.05		Índice de Plasticidad : 9.95	
1/4"	6.350	341.0	10.25	41.20	58.80		CLASIFICACION AASHTO : A-2-4 (0)	
No. 4	4.750	213.0	6.40	47.60	52.40		Gravas arcillosas, mezcla gravo-arena-arcillosas	
No. 8	2.360	99.45	10.42	58.0	41.98			
No. 10	2.000	21.47	2.25	60.3	39.73			
No. 15	1.180	62.56	5.51	65.8	34.22			
No. 20	0.834	27.57	2.89	68.7	31.33			
No. 30	0.600	21.57	2.26	70.9	29.07		<b>PESO DEL MATERIAL</b>	
No. 40	0.420	19.97	2.09	73.0	26.96			
No. 50	0.300	25.26	2.65	75.7	24.33			
No. 60	0.177	33.12	3.47	79.1	20.86			
No. 100	0.149	13.16	1.30	80.5	19.48			
No. 200	0.075	28.08	2.94	83.5	16.54		Peso Inicial (gr) : 3327.0	
-200		157.79	16.54	100.0			Peso Fracción Fino (gr) : 560.00	



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"				
TESISTA	: SULEIDA DARKSA OCUPA MEZA		TCO. RESPONSABLE: J. Sobrón H.		
MUESTRA	: SUELO NATURAL		ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.		
GALICATA	: C-01		FECHA MUESTREO: 19-05-2021		
PK / MUESTRA	: M-01		FECHA EJECUCIÓN: 20-05-2021		
DATOS DE LA MUESTRA					
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	14	71	72	
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	33.89	30.63	27.52	
TARA + SUELO SECO	(g)	27.93	26.64	23.27	
PESO DE AGUA	(g)	5.76	4.99	4.25	
TARA	(g)	6.56	6.65	6.54	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	21.37	19.09	16.73	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.95	26.14	25.40	
NUMERO DE GOLPES		19	24	30	
DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARRO	ID	6			
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	13.19			
TARA + SUELO SECO	(g)	12.20			
TARA	(g)	6.33			
PESO DEL AGUA	(g)	0.99			
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.87			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.87			
					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)	26.02				
LIMITE PLASTICO (%)	16.87				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	9.15				
OBSERVACIONES:					

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUANITO H. SOBRÓN HERREÑA**  
 INGENIERO

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Luis G. Meléndez Tuesta**  
 ING. RESPONSABLE - CP 58121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																					
CONTENIDO DE HUMEDAD																																					
(MTC E-108 / ASTM D-2216 / NTP 339.127)																																					
PROYECTO	: 'ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021'																																				
TESISTA	: SULEIDA DARIKSA OCUPA MEZA : HERALDINE TROYES MEGO																																				
MUESTRA	: SUELO NATURAL																																				
CALICATA	: C-01																																				
PK / MUESTRA	: M-01																																				
TCO. RESPONSABLE:	J. Soberón H.																																				
ING. RESPONSABLE:	L. Meléndez T.																																				
FECHA MUESTREO:	19/05/2021																																				
FECHA EJECUCIÓN:	20/05/2021																																				
DATOS DE LA MUESTRA																																					
1. Contenido de Humedad Muestra Integral :																																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ENSAYO N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente N°</td> <td>2</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tara (gr)</td> <td>18.42</td> <td>18.82</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tara + muestra húmeda (gr)</td> <td>91.60</td> <td>93.10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tara + muestra seca (gr)</td> <td>82.90</td> <td>85.15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td>8.70</td> <td>7.95</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td>64.48</td> <td>66.33</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>13.49</td> <td>11.99</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td colspan="2">12.74</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ENSAYO N°	1	2		Recipiente N°	2	4		Tara (gr)	18.42	18.82		Tara + muestra húmeda (gr)	91.60	93.10		Tara + muestra seca (gr)	82.90	85.15		Peso del agua contenida (gr)	8.70	7.95		Peso de la muestra seca (gr)	64.48	66.33		Contenido de Humedad (%)	13.49	11.99		Contenido de Humedad Promedio (%)	12.74		
ENSAYO N°	1	2																																			
Recipiente N°	2	4																																			
Tara (gr)	18.42	18.82																																			
Tara + muestra húmeda (gr)	91.60	93.10																																			
Tara + muestra seca (gr)	82.90	85.15																																			
Peso del agua contenida (gr)	8.70	7.95																																			
Peso de la muestra seca (gr)	64.48	66.33																																			
Contenido de Humedad (%)	13.49	11.99																																			
Contenido de Humedad Promedio (%)	12.74																																				
OBSERVACIONES:																																					

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
LUIS O. MELÉNDEZ TUESTA  
ING. RESPONSABLE (CP 5812)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO	: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CALAMARCA 2021*						
TESISTA	: SULEIDA DARIXSA OCUPA MEZA : HERALDINE TROYES MEGO						
MUESTRA	: SUELO NATURAL			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.			
CALICATA	: C-01			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
PK / MUESTRA	: M-01			FECHA MUESTREO: 19/05/2021			
	FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021						
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Díametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	50G/p.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,408	11,640	11,795	11,777		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,504	4,646	4,801	4,783		
Peso Volumétrico Humedo	gr.	2,185	2,255	2,331	2,322		
Recipiente Numero		14	15	16	17		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	109.09	109.02	114.24	111.76		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	104.49	102.70	105.87	101.96		
Tara	gr.	19.16	18.10	18.64	18.47		
Peso del agua	gr.	4.60	6.32	8.37	9.80		
Peso del Suelo Seco	gr.	85.33	84.60	87.23	83.49		
Contenido de agua	%	5.39	7.47	9.60	11.74		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2.075	2.099	2.127	2.078		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2.127	(gr/ccm3)	Humedad óptima		9.68	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO LABORANTISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - CP 38031

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS													
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR													
(MTC E-132 / ASTM D-1883)													
PROYECTO	ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CALAMARCA 2021												
TESISTA	SULEIDA DARIXA OCUPAMEZA												
MUESTRA	HERALDINE TROYES MEGO												
CALICATA	SUELO NATURAL												
PK / MUESTRA	C-01												
	TOD. RESPONSABLE: J. Sobrón F.												
	ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.												
	FECHA MUESTREO: 19/05/2021												
	FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021												
DATOS DE LA MUESTRA													
CALCULO DEL CBR													
Molde N°	5			6			7			7			
Capas N°	5			5			5			5			
Golpes por capa N°	56			25			12			12			
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9956.0		8076.0		8809.0		8839.0		8775.0		8860.0		
Peso de molde (g)	4076.00		4076.00		3893.00		3893.00		4202.00		4202.00		
Peso del suelo húmedo (g)	4974.00		4000.00		4907.00		4946.00		4573.00		4658.00		
Volumen del molde (cm³)	2132.66		2132.66		2114.20		2114.26		2089.79		2089.79		
Densidad húmeda (g/cm³)	2.332		2.344		2.274		2.272		2.191		2.232		
Tara (N°)	12		3		9		5		70		7		
Peso suelo húmedo + tara (g)	110.61		104.02		113.92		104.78		129.94		112.26		
Peso suelo seco + tara (g)	101.67		84.79		105.34		95.02		111.71		101.21		
Tara (g)	15.93		10.00		18.71		10.83		16.22		18.64		
Peso de agua (g)	8.34		9.23		8.58		9.76		9.23		11.05		
Peso de suelo seco (g)	85.74		75.81		86.63		76.19		85.49		82.57		
Contenido de humedad (%)	9.73		12.18		9.90		12.81		9.67		13.30		
Densidad seca (g/cm³)	2.126		2.080		2.009		2.032		1.998		1.998		
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
20/05/21	15:30	0	6.39	0.000	0.000	8.01	0.000	0.000	7.67	0.000	0.000		
21/05/21	15:30	24	6.5	0.110	0.065	8.21	0.200	0.172	7.85	0.180	0.155		
22/05/21	15:30	48	6.6	0.210	0.181	8.26	0.250	0.215	7.88	0.210	0.181		
23/05/21	15:30	72	6.66	0.270	0.232	8.29	0.280	0.241	7.91	0.240	0.208		
PENETRACION													
PENETRACION	STAND.	MOLDE N°		M-65		MOLDE N°		M-65		MOLDE N°		M-67	
		CARGA	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
mm	pulg.	Kg/cm²	Dial (kgf)	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	%
0.000	0.000	0	0	0		0	0		0	0		0	
0.635	0.025		77.5	3.9		63.2	3.2		40.8	2.1			
1.270	0.050		178.5	9.1		127.5	6.5		85.7	4.4			
1.905	0.075		282.5	14.4		221.3	11.3		168.1	8.1			
2.540	0.100	70.31	395.7	20.2	25.1	35.8	324.3	18.5	22.9	32.5	214.1	10.9	20.1
3.810	0.150		673.0	34.3		571.0	29.1		415.0	21.1			
5.080	0.200	105.46	888.2	45.3	49.9	47.3	772.9	39.4	44.4	42.1	608.8	31.0	34.9
6.350	0.250		1102.3	58.2		900.0	49.9		707.7	35.1			
7.620	0.300		1340.9	68.3		1127.8	57.5		775.0	39.5			
10.160	0.400		1687.5	85.0		1360.1	68.8		882.3	45.5			
12.700	0.500		1908.9	97.1		1666.3	79.8		984.0	50.1			
OBSERVACIONES : El material ensayado posee un CBR de 33.76 al 100% de la MDS.													

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUANITO J. SOBRÓN HERRERÁ**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Luis G. Meléndez Tuesta**  
 ING. RESPONSABLE CP 38121

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR**  
**(MTC E-132 / ASTM D-1883)**

PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO.  
COLASAY - JIÉN - CAJAMARCA 2021

TESISTA : SULEIDA DARIKSA OCUPA MEZA  
HERALDINE TROYES MEGO

MUESTRA : SUELO NATURAL

CALICATA : C-01

PK / MUESTRA : M-01

TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.  
ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.  
FECHA MUESTREO: 19/05/2021  
FECHA EJECUCIÓN: 24/05/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**

METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.127
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 9.68
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.020

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 35.76 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 29.90 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 47.28 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 35.90 %

**OBSERVACIONES:**

**EC = 56 GOLPES**

**EC = 25 GOLPES**

**EC = 12 GOLPES**

**OBSERVACIONES:** El material ensayado posee un CBR de 35.76 al 100% de la MDS.

MAGMA S.A.S. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.S. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO : "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"							
TESISTA : SULEIDA DARIXA OCUPIA MEZA				TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.			
MUESTRA : SUELO NATURAL + 3% ESCORIA DE ACERO				ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
CALICATA : C-01				FECHA MUESTREO: 19/05/2021			
PK / MUESTRA : M-01				FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021			
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diámetro Molde Método	6"	C	Volumen Molde	2060	m3	N° de capas
				Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes
							5
							56Gp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,565	11,703	11,856	11,808		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,561	4,709	4,862	4,614		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,214	2,285	2,360	2,337		
Recipiente Numero		1	2	3	4		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	100,06	105,45	105,42	105,92		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	101,01	99,76	99,23	97,18		
Tara	gr.	17,63	18,42	18,98	18,82		
Peso del agua	gr.	4,14	5,70	7,19	8,74		
Peso del Suelo Seco	gr.	84,28	81,33	79,25	78,36		
Contenido de agua	%	4,91	7,01	9,07	11,15		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2,110	2,136	2,164	2,102		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2,164	(gr/cm3)	Humedad óptima		9,06	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*J. Soberón*  
JUANITO H. SOBERÓN HERREBA  
INGENIERO ESPECIALIZADO EN GEOTECNIA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*L. Meléndez*  
LILIS G. MELÉNDEZ MUESTA  
INGENIERA ESPECIALIZADA EN GEOTECNIA

Dirección: Calle Lambayeque N° 170 -172 Jaén

Teléfono: (076) 43 258

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883)															
<b>PROYECTO</b>		: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO FUENTE BLANCO - CHUNGUJILLO, COLASAY - JAÉN - CALAMARCA 2021*													
<b>TESISTA</b>		: SULEIDA DARISSA OCUPA MEZA													
<b>MUESTRA</b>		: HERALDINE TROYES MEGO													
<b>CALICATA</b>		: SUELO NATURAL + 3% ESCORIA DE ACERO													
<b>PK / MUESTRA</b>		: C-01													
		TCO. RESPONSABLE: J. Sobrón H.													
		ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.													
		FECHA MUESTREO: 18/05/2021													
		FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021													
DATOS DE LA MUESTRA															
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10			11			12								
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	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)		9980.0	9981.0	9730.0	9773.0	9580.0	9677.0								
Peso de molde (g)		5000.00	5000.00	4880.00	4880.00	4883.00	4883.00								
Peso del suelo húmedo (g)		4980.00	4981.00	4850.00	4893.00	4597.00	4894.00								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2104.94	2104.94	2104.90	2104.90	2104.84	2104.94								
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )		2.358	2.368	2.304	2.325	2.184	2.330								
Tara (N°)		7	1	8	4	9	6								
Peso suelo húmedo + tara (g)		108.07	102.91	107.89	100.68	108.42	115.51								
Peso suelo seco + tara (g)		100.58	93.34	109.23	91.07	100.39	105.30								
Tara (g)		18.04	17.63	18.54	18.62	18.71	18.73								
Peso de agua (g)		7.40	8.67	7.65	8.99	8.03	10.21								
Peso de suelo seco (g)		81.94	75.71	81.69	72.25	81.88	86.57								
Contenido de humedad (%)		9.14	11.45	9.38	12.44	9.83	11.79								
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )		2.169	2.123	2.107	2.067	1.988	1.995								
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
20/05/21	15:30	0	6.57	0.000	0.000	7.11	0.000	0.000	16.50	0.000	0.000				
21/05/21	15:30	24	6.65	0.080	0.089	7.2	0.090	0.077	16.75	0.250	0.215				
22/06/21	15:30	48	6.68	0.110	0.095	7.28	0.170	0.146	16.63	0.330	0.284				
23/05/21	15:30	72	6.72	0.150	0.129	7.34	0.230	0.198	16.65	0.350	0.301				
24/05/21	15:30	96	6.74	0.170	0.146	7.36	0.250	0.215	16.66	0.380	0.327				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pullg.	Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		111.1	5.7			92.8	4.7			72.4	3.7			
1.270	0.050		278.4	14.2			228.4	11.6			172.3	8.8			
1.905	0.075		479.3	24.4			355.9	18.1			309.0	15.7			
2.540	0.100	70.31	882.2	34.8	-	49.4	907.8	25.9	26.1	37.2	426.2	21.7	-	30.9	
3.810	0.150		1019.7	51.9			715.8	36.5			627.1	31.9			
5.080	0.200	105.46	1301.2	66.3	-	62.9	1020.7	52.0	52.3	48.6	764.8	38.0	-	36.9	
6.350	0.250		1625.4	82.8			1260.2	63.7			987.2	45.2			
7.620	0.300		1939.5	98.8			1629.5	83.0			988.1	50.2			
10.160	0.400		2473.8	126.0			1878.3	95.7			1175.7	59.9			
12.700	0.500		2922.5	148.9			2088.4	108.4			1356.2	69.1			
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 49.43 al 100% de la MDS.															

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUANITO H. SOBRÓN HERRERA**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Luis G. Meléndez Tuesta**  
 ING. RESPONSABLE - CP 15421

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																			
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)																			
<b>PROYECTO</b> : "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO FUENTE BLANCO - CHUNCHUGULLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021" <b>TESISTA</b> : SULEIDA DARDOBA OCUPA MEZA : HERALDINE TROYES MEGO <b>MUESTRA</b> : SUELO NATURAL + 3% ESCORIA DE ACERO <b>CALICATA</b> : C-01 <b>PK / MUESTRA</b> : M-01	<b>TCO. RESPONSABLE:</b> J. Soberón H. <b>ING. RESPONSABLE:</b> L. Meléndez T. <b>FECHA MUESTREO:</b> 19/05/2021 <b>FECHA EJECUCIÓN:</b> 24/05/2021																		
DATOS DE LA MUESTRA																			
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR																			
<p>Gráfico de densidad seca (g/cm³) vs CBR (%). El eje Y muestra densidad seca de 1.980 a 2.180 g/cm³. El eje X muestra CBR (%) de 30.0 a 65.0. Se muestran curvas de compactación y un punto de muestra a CBR 49.43% con una densidad seca de 2.056 g/cm³.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td>: AASHTO T-180</td> </tr> <tr> <td><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b></td> <td>: 2.184</td> </tr> <tr> <td><b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b></td> <td>: 9.06</td> </tr> <tr> <td><b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b></td> <td>: 2.056</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>RESULTADOS:</b></td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"</td> <td>= 49.43 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"</td> <td>= 34.20 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"</td> <td>= 62.96 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"</td> <td>= 43.99 %</td> </tr> </table> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p>	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.184	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 9.06	<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.056	<b>RESULTADOS:</b>		Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 49.43 %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 34.20 %	Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 62.96 %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 43.99 %
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180																		
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.184																		
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 9.06																		
<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.056																		
<b>RESULTADOS:</b>																			
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 49.43 %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 34.20 %																		
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 62.96 %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 43.99 %																		
<b>EC = 69 GOLPES</b> <p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs penetración (mm) para EC = 69 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 160 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.000 mm. Se indican valores de CBR (0.1") = 49% y CBR (0.2") = 61%.</p>	<b>EC = 25 GOLPES</b> <p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs penetración (mm) para EC = 25 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 160 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.000 mm. Se indican valores de CBR (0.1") = 37% y CBR (0.2") = 58%.</p>	<b>EC = 12 GOLPES</b> <p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs penetración (mm) para EC = 12 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 160 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.000 mm. Se indican valores de CBR (0.1") = 30% y CBR (0.2") = 35%.</p>																	
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 49.43 al 100% de la M.D.S.																			

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS G. MELÉNDEZ TOESTA  
ING. RESPONSABLE - CP 58121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-100)							
PROYECTO	: *ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021*						
TESISTA	: SULEIDA DARIKSA OCUPA MEZA			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.			
	: HERALDINE TROYES MEGO			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
MUESTRA	: SUELO NATURAL + 8% ESCORIA DE ACERO			FECHA MUESTREO: 18/05/2021			
CALICATA	: C-01			FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021			
PK / MUESTRA	: M-01						
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2080	m <sup>3</sup>	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	56Glp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,612	11,772	11,940	11,968		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,618	4,778	4,946	4,914		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,242	2,319	2,401	2,385		
Recipiente Numero		15	16	17	18		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	110,27	109,59	108,78	106,83		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	106,57	104,24	101,88	98,13		
Tara	gr.	18,10	18,84	18,47	16,87		
Peso del agua	gr.	3,70	5,35	6,88	8,50		
Peso del Suelo Seco	gr.	88,47	85,60	83,41	82,48		
Contenido de agua	%	4,18	6,25	8,25	10,31		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2,152	2,183	2,218	2,163		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2,218	(gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima		8,38	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

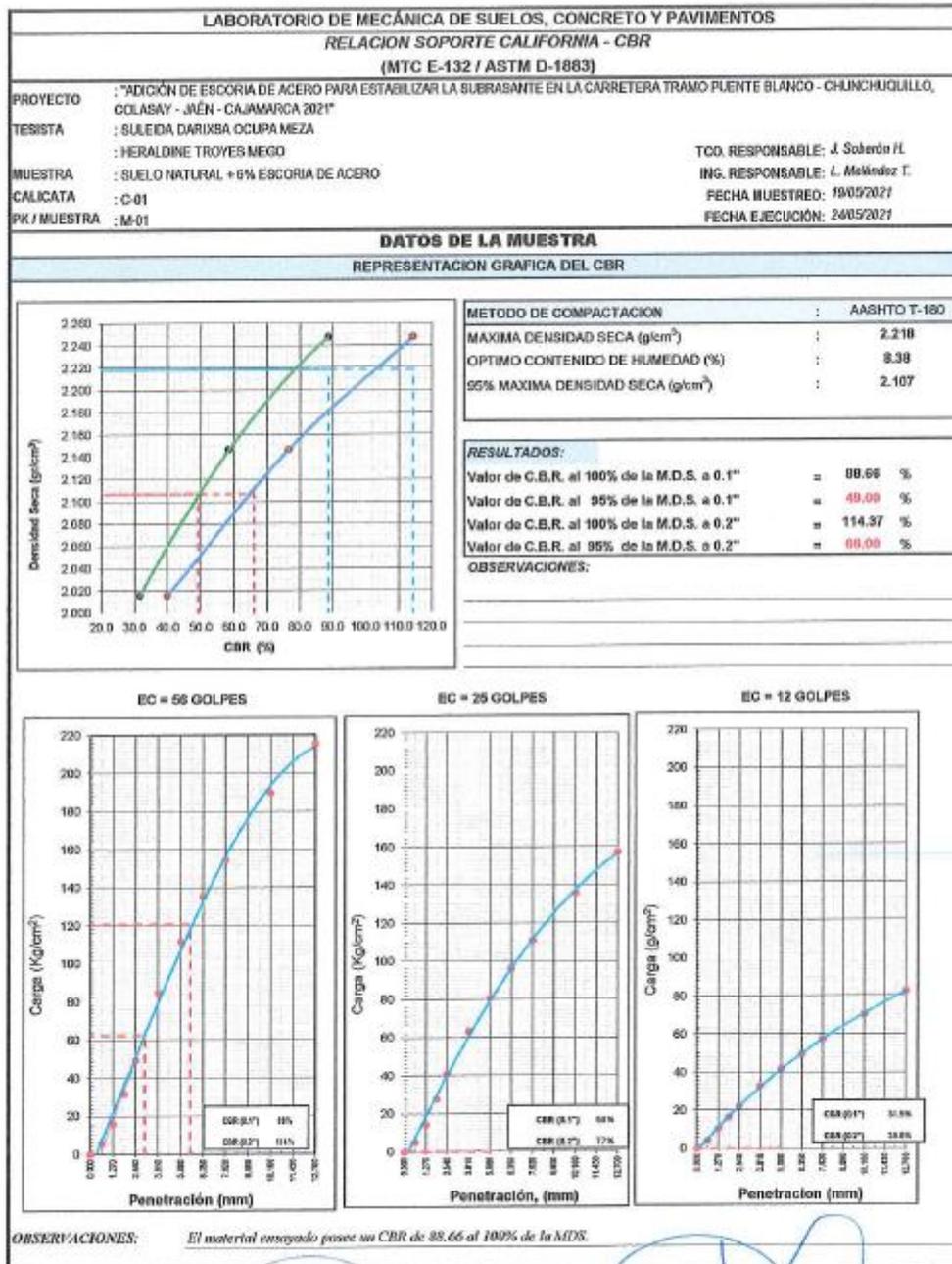
MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN MERRERA  
INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - 018 58121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1683)															
<b>PROYECTO</b>		: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUJILLO, COLASAY - JÉN - CAJAMARCA 2021													
<b>TESISTA</b>		: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA : NERALDINE TROYES NEGRO													
<b>MUESTRA</b>		: SUELO NATURAL + 6% ESCORIA DE ACERO													
<b>CALICATA</b>		: C-01													
<b>PK / MUESTRA</b>		: M-01													
		TGO. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 19/05/2021 FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021													
DATOS DE LA MUESTRA															
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	13			14			15								
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)	9980.0	10007.0		9790.0	9838.0		9675.0	9681.0							
Peso de molde (g)	4954.00	4954.00		4944.00	4944.00		4980.00	4980.00							
Peso del suelo húmedo (g)	5016.00	5043.00		4836.00	4894.00		4595.00	4701.00							
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2006.78	2086.78		2104.92	2104.92		2123.06	2123.06							
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.404	2.417		2.297	2.345		2.164	2.214							
Tara (N°)	64	11		85	12		88	13							
Peso suelo húmedo + tara (g)	125.44	116.01		106.29	108.42		105.51	112.08							
Peso suelo seco + tara (g)	117.29	101.97		99.32	99.22		98.28	101.81							
Tara (g)	0.00	10.38		0.00	15.93		0.00	18.10							
Peso de agua (g)	8.15	8.84		6.97	10.20		7.25	10.57							
Peso de suelo seco (g)	117.29	82.81		99.32	83.29		98.28	83.41							
Contenido de humedad (%)	6.85	10.70		7.02	12.25		7.38	12.67							
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.248	2.193		2.147	2.071		2.016	1.965							
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
20/05/21	15:30	0	6.57	0.000	0.000	6.92	0.000	0.000	15.20	0.000	0.000				
21/05/21	15:30	24	7.00	0.430	0.370	7.01	0.090	0.077	15.30	0.100	0.085				
22/05/21	15:30	48	7.02	0.450	0.387	7.04	0.120	0.103	15.35	0.150	0.129				
23/05/21	15:30	72	7.05	0.480	0.413	7.06	0.140	0.120	15.37	0.170	0.146				
24/05/21	15:30	96	7.07	0.500	0.430	7.08	0.160	0.138	15.38	0.180	0.155				
PENETRACION															
PENETRACION	CARGA		MOLDE N°		M-13		MOLDE N°		M-14		MOLDE N°		M-15		
	mm	puig.	STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000	0.000			0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025			150.1	5.5			98.9	5.0			83.8	4.3		
1.270	0.050			316.1	18.1			283.5	14.4			205.0	10.4		
1.905	0.075			622.0	31.7			543.8	27.7			325.3	16.0		
2.540	0.100	70.31		966.7	49.2	62.3	86.7	807.6	41.1	-	58.5	435.4	22.2	-	31.5
3.810	0.150			1662.1	84.7			1244.1	63.4			647.5	33.0		
5.080	0.200	105.48		2199.4	111.6	120.6	114.4	1593.6	80.7	-	76.5	822.9	41.9	-	39.8
6.350	0.250			2853.3	135.2			1890.6	96.3			970.0	49.5		
7.620	0.300			3033.7	154.5			2181.2	111.1			1124.8	57.3		
10.160	0.400			3723.0	189.7			2985.6	135.8			1383.8	70.5		
12.700	0.500			4239.8	215.5			3088.7	157.4			1625.4	82.6		
<b>OBSERVACIONES:</b>															
El material ensayado posee un CBR de 88,66 al 100% de la MDS.															

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LUIS G. MELÉNDEZ TRASTA  
ING. RESPONSABLE - CP 89121



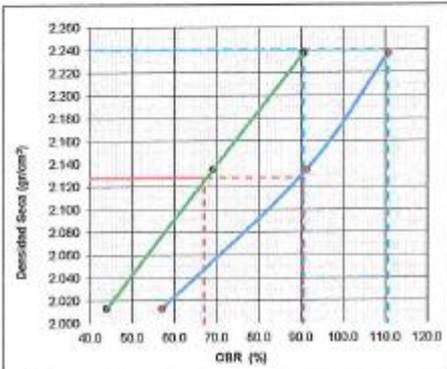
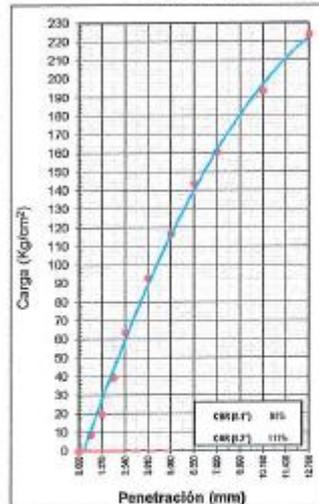
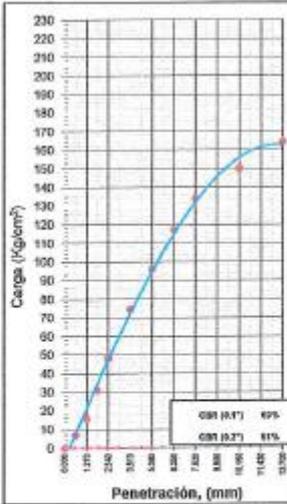
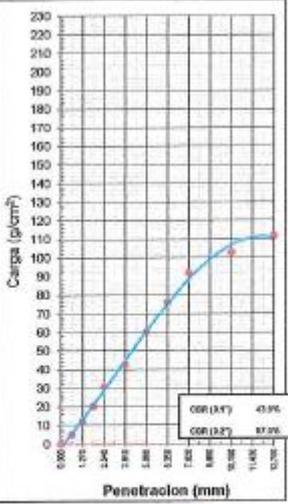
MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis O. Meléndez Tuesta*  
LUIS O. MELÉNDEZ TUESTA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis O. Meléndez Tuesta*  
LUIS O. MELÉNDEZ TUESTA  
ING. RESPONSABLE - CP 38131

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO	: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021*						
TESISTA	: SULEIDA DARIKSA OCUPA MEZA						
	: HERALDINE TROYES MEGO						
MUESTRA	: SUELO NATURAL + 12% ESCORIA DE ACERO						
CALICATA	: C-01						
PK / MUESTRA	: M-01						
TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.							
ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.							
FECHA MUESTREO: 18/05/2021							
FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021							
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	6904	gr.	N° de golpes	56Glp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,849	11,807	11,982	11,957		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,655	4,813	4,988	4,953		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,260	2,336	2,421	2,409		
Recipiente Numero		6	7	8	9		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	102.68	106.61	105.62	107.11		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	99.48	101.60	99.00	98.95		
Tara	gr.	18.73	18.84	18.54	18.71		
Peso del agua	gr.	3.20	5.01	6.52	8.16		
Peso del Suelo Seco	gr.	80.73	82.96	80.46	80.24		
Contenido de agua	%	3.96	6.04	8.10	10.17		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2.174	2.203	2.240	2.187		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2.240	(gr/cm3)	Humedad óptima		8.28	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

MAGMA S.A.S. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.S. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
LAIS G. MELÉNDEZ TUESTA  
ING. RESPONSABLE - CIP 38121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																			
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)																			
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLABAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"																		
TESISTA	: SULEIDA DARIXSA OCUPA MEZA : HERALDINE TROYES MEGO																		
MUESTRA	: SUELO NATURAL + 12% ESCORIA DE ACERO																		
CALICATA	: C-01																		
PK / MUESTRA	: M-01																		
	TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 19/05/2021 FECHA EJECUCIÓN: 24/05/2021																		
DATOS DE LA MUESTRA																			
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR																			
 <p>Gráfico de densidad seca (g/cm³) vs CBR (%). El eje Y muestra densidad seca de 2.000 a 2.260 g/cm³. El eje X muestra CBR (%) de -40.0 a 120.0. Se muestran dos curvas: una superior (verde) y una inferior (azul). Se marcan puntos de interés con líneas de trazo discontinuo.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>METODO DE COMPACTACION</td> <td>: AASHTO T-180</td> </tr> <tr> <td>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>: 2.240</td> </tr> <tr> <td>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>: 8.28</td> </tr> <tr> <td>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>: 2.128</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>RESULTADOS:</b></td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"</td> <td style="text-align: right;">= 90.58 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"</td> <td style="text-align: right;">= 66.90 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"</td> <td style="text-align: right;">= 110.74 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"</td> <td style="text-align: right;">= 90.40 %</td> </tr> </table> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p>	METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.240	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 8.28	95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.128	<b>RESULTADOS:</b>		Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 90.58 %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 66.90 %	Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 110.74 %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 90.40 %
METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180																		
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.240																		
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 8.28																		
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.128																		
<b>RESULTADOS:</b>																			
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 90.58 %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 66.90 %																		
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 110.74 %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 90.40 %																		
EC = 56 GOLPES	EC = 26 GOLPES																		
EC = 12 GOLPES																			
 <p>Gráfico de carga (kg/cm²) vs penetración (mm) para 56 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 230 kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.000 mm. Se marcan los valores de CBR (91% y 115%) en un recuadro.</p>	 <p>Gráfico de carga (kg/cm²) vs penetración (mm) para 26 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 230 kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.000 mm. Se marcan los valores de CBR (89% y 91%) en un recuadro.</p>																		
 <p>Gráfico de carga (kg/cm²) vs penetración (mm) para 12 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 230 kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.000 mm. Se marcan los valores de CBR (43.9% y 87.0%) en un recuadro.</p>																			
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 90.58 al 100% de la AAS.																			

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUANJO H. SOBERÓN HERRERA**  
 INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**LAILIS G. MELÉNDEZ TUESTA**  
 INGENIERA RESPONSABLE CBR 18821

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS												
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR												
(MTC E-132 / ASTM D-1863)												
<b>PROYECTO</b>	: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021											
<b>TESISTA</b>	: SILEIDA DARRIXA OCUPA MEZA											
	: HERALDINE TROYES MEGO											
<b>MUESTRA</b>	: SUELO NATURAL + 12% ESCORIA DE ACERO											
<b>CALIGATA</b>	: C-01											
<b>PK / MUESTRA</b>	: M-01											
	TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.											
	ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.											
	FECHA MUESTREO: 19/05/2021											
	FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021											
DATOS DE LA MUESTRA												
CALCULO DEL CBR												
Molde N°	10			11			12					
Capas N°	5			5			6					
Golpes por capa N°	55			25			12					
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10994.0	10116.0	9743.0	8827.0	9572.0	9898.0						
Peso de molde (g)	5000.00	5000.00	4980.00	4880.00	4983.00	4983.00						
Peso del suelo húmedo (g)	5994.00	5116.00	4863.00	4947.00	4589.00	4715.00						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.94	2104.94	2104.90	2104.90	2104.94	2104.94						
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.420	2.430	2.310	2.350	2.180	2.240						
Tara (N°)	13	4	16	7	15	10						
Peso suelo húmedo + tara (g)	120.42	107.19	121.00	128.86	115.02	119.75						
Peso suelo seco + tara (g)	112.70	99.37	113.24	118.29	106.34	108.91						
Tara (g)	18.10	18.82	18.64	18.64	18.10	18.73						
Peso de agua (g)	7.72	7.82	7.76	10.87	7.48	10.84						
Peso de suelo seco (g)	94.60	80.55	94.60	99.05	90.24	90.18						
Contenido de humedad (%)	8.16	9.71	8.20	10.71	8.29	12.02						
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.287	2.218	2.138	2.123	2.013	2.090						
EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
20/05/21	15:30	0	7.26	0.000	0.000	15.40	0.000	0.000	15.75	0.000	0.000	
21/05/21	15:30	24	7.29	0.030	0.028	15.45	0.050	0.043	15.82	0.070	0.060	
22/05/21	15:30	48	7.30	0.040	0.034	15.48	0.080	0.069	15.85	0.100	0.088	
23/05/21	15:30	72	7.32	0.060	0.052	15.50	0.100	0.086	15.87	0.120	0.103	
24/05/21	15:30	96	7.34	0.080	0.068	15.55	0.150	0.129	15.89	0.140	0.120	
PENETRACION												
PENETRACION	CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
			STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	pu/g.	Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0
0.635	0.025		168.3	8.6			137.7	7.0			98.8	5.1
1.270	0.050		389.5	19.8			312.0	15.9			239.6	12.2
1.905	0.075		775.0	39.5			609.8	31.1			398.7	20.2
2.540	0.100	70.31	1250.2	63.7	-	50.6	983.4	48.8	-	66.1	605.7	30.9
3.810	0.150		1821.2	92.8			1488.4	74.7			842.3	42.9
5.080	0.200	105.46	2292.3	116.8	-	110.7	1898.5	96.2	-	91.2	1190.8	60.2
6.350	0.250		2820.5	143.7			2304.6	117.4			1499.0	76.4
7.620	0.300		3452.8	160.6			2833.9	134.2			1806.9	92.1
10.160	0.400		3799.5	193.6			2881.1	150.3			2024.1	103.1
12.700	0.500		4397.0	224.0			3252.5	164.7			2198.5	112.0
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 99.58 al 100% de la MDS.												

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
COORD. LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CP 3812

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / NTP 339.128)							
PROYECTO	ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021						
TESISISTA	SULEIDA DAROSA OCLPA MEZA HERALDINE TROYES MEGD						
MUESTRA	SUELO NATURAL						
CALICATA	C-02						
PK / MUESTRA	M-01						
TOD. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 29/05/2021 FECHA EJECUCIÓN: 31/05/2021							
DATOS DE LA MUESTRA							
Tamiz	Apertura (mm.)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		Porcentaje que Pasa	Espec. Técnica	Descripción de la Muestra
ASTM			Parcial	Acumulado			
4"	101.600						Terreno Natural
8 1/2"	88.900						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						<b>CARACTERÍSTICAS</b>
2"	50.800				100.0		% Grava = 47.5 %
1 1/2"	38.100	285.0	6.6	6.6	93.4		% Arena = 34.5 %
1"	25.400	243.0	6.04	12.6	87.36		% Fino N°200 = 18.1 %
3/4"	19.050	302.0	7.51	20.2	79.85		<b>CLASIFICACION</b>
1/2"	12.700	318.0	7.90	28.05	71.95		Límite Líquido : 24.78
3/8"	9.525	198.0	4.92	32.97	67.03		Límite Plástico : 17.12
1/4"	6.350	348.0	8.65	41.62	58.38		Índice de Plasticidad : 7.67
Nº 4	4.750	238.0	5.57	47.49	52.51		CLASIFICACION AASHTO : A-2-4 (0)
Nº 8	2.360	76.84	8.07	55.6	44.4		CLASIFICACION SUCS : GC
Nº 10	2.000	17.88	1.68	57.4	42.56		
Nº 16	1.190	47.22	4.56	62.4	37.60		Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas
Nº 20	0.834	28.87	2.82	65.2	34.78		
Nº 30	0.600	21.28	2.23	67.5	32.55		
Nº 40	0.420	20.97	2.20	69.7	30.35		
Nº 50	0.300	27.96	2.34	72.6	27.41		<b>PESO DEL MATERIAL</b>
Nº 60	0.250	41.09	4.32	76.9	23.09		Peso Inicial (gr) : 4923.0
Nº 100	0.149	16.74	1.65	78.6	21.44		Peso Fracción Fino (gr) : 580.00
Nº 200	0.075	32.16	3.26	81.9	18.08		
-200		171.99	18.08	100.0			



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUANITO H. SOBERÓN HERRERA**  
 INGENIERO MECÁNICO DE SUELOS

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Luis G. Meléndez Tuesta**  
 INGENIERO RESPONSABLE (07) 58121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"				
TESISTA	: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA		TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.		
	: HERALDINE TROYES MEGO		ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.		
MUESTRA	: SUELO NATURAL		FECHA MUESTREO: 29-05-2021		
GALICATA	: C-02		FECHA EJECUCIÓN: 31-05-2021		
PK / MUESTRA	: M-01				
DATOS DE LA MUESTRA					
DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	13	71	72	
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	36.17	32.16	29.10	
TARA + SUELO SECO	(g)	29.31	27.02	24.65	
PESO DE AGUA	(g)	5.86	5.14	4.45	
TARA	(g)	6.63	6.62	6.61	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	22.68	20.40	18.04	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.84	25.20	24.67	
NUMERO DE GOLPES		18	22	26	
DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARRO	ID	16			
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	13.47			
TARA + SUELO SECO	(g)	12.41			
TARA	(g)	6.22			
PESO DEL AGUA	(g)	1.06			
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.19			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.12			
					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)	24.79				
LIMITE PLASTICO (%)	17.12				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7.67				
OBSERVACIONES:					

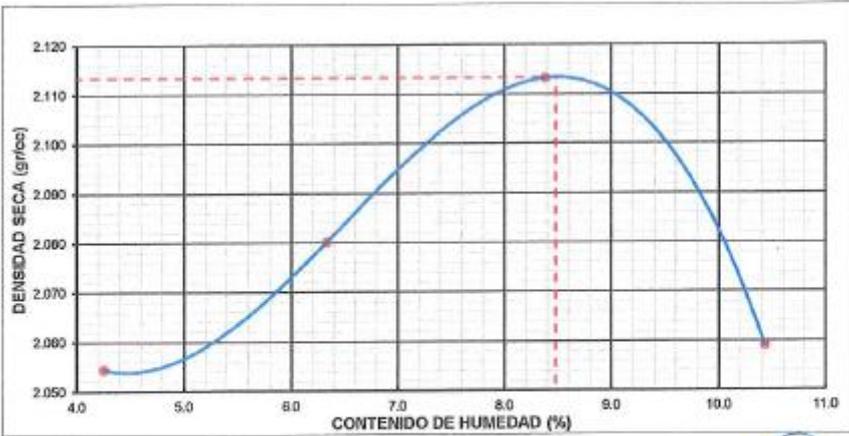
MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
 JORJANITH SOBRÓN TERRYERREIRA  
 INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
 Luis G. Meléndez Trujillo  
 INGENIERO RESPONSABLE CP 1612

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																					
CONTENIDO DE HUMEDAD																																					
(MTC E-106 / ASTM D-2216 / NTP 339.127)																																					
<b>PROYECTO</b>	: *ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021*																																				
<b>TESISTA</b>	: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA : HERALDINE TROYES MEGO																																				
<b>MUESTRA</b>	: SUELO NATURAL																																				
<b>CALICATA</b>	: C-02																																				
<b>PK / MUESTRA</b>	: M-01																																				
	TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 29/05/2021 FECHA EJECUCIÓN: 31/05/2021																																				
DATOS DE LA MUESTRA																																					
1. Contenido de Humedad Muestra Integral :																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">ENSAYO N°</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 40%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente N°</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tara (gr)</td> <td style="text-align: center;">16.98</td> <td style="text-align: center;">16.83</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tara + muestra húmeda (gr)</td> <td style="text-align: center;">89.90</td> <td style="text-align: center;">91.60</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tara + muestra seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">84.30</td> <td style="text-align: center;">82.70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td style="text-align: center;">5.60</td> <td style="text-align: center;">8.90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">65.32</td> <td style="text-align: center;">63.87</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td style="text-align: center;">8.57</td> <td style="text-align: center;">13.93</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">11.25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ENSAYO N°	1	2		Recipiente N°	3	5		Tara (gr)	16.98	16.83		Tara + muestra húmeda (gr)	89.90	91.60		Tara + muestra seca (gr)	84.30	82.70		Peso del agua contenida (gr)	5.60	8.90		Peso de la muestra seca (gr)	65.32	63.87		Contenido de Humedad (%)	8.57	13.93		Contenido de Humedad Promedio (%)	11.25			
ENSAYO N°	1	2																																			
Recipiente N°	3	5																																			
Tara (gr)	16.98	16.83																																			
Tara + muestra húmeda (gr)	89.90	91.60																																			
Tara + muestra seca (gr)	84.30	82.70																																			
Peso del agua contenida (gr)	5.60	8.90																																			
Peso de la muestra seca (gr)	65.32	63.87																																			
Contenido de Humedad (%)	8.57	13.93																																			
Contenido de Humedad Promedio (%)	11.25																																				
<b>OBSERVACIONES:</b> _____																																					

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE DE 33121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)							
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"						
TESISTA	: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA			TCO. RESPONSABLE: J. Sobesón H.			
	: HERALDINE TROYES MEGO			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
MUESTRA	: SUELO NATURAL			FECHA MUESTREO: 29/05/2021			
CALICATA	: C-02			FECHA EJECUCIÓN: 31/05/2021			
PK / MUESTRA	: M-01						
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	6
	Molado	C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	50Glp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,406	11,560	11,712	11,678		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,412	4,556	4,718	4,684		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,142	2,212	2,290	2,274		
Recipiente Numero		8	9	10	11		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	106.35	104.44	102.80	103.54		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	102.77	99.34	96.30	95.59		
Tara	gr.	18.54	18.71	18.73	19.38		
Peso del agua	gr.	3.58	5.10	6.50	7.95		
Peso del Suelo Seco	gr.	84.23	80.63	77.57	76.23		
Contenido de agua	%	4.25	6.33	8.38	10.43		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2.054	2.080	2.113	2.059		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2.113	(gr/cm3)	Humedad óptima	8.48		
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							
							

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBESÓN HERRERA  
INGENIERO LABORANTISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS G. MELÉNDEZ TOSTA  
INGENIERO RESPONSABLE CP 59121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS														
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883)														
PROYECTO		: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAWO PUNTE BLANCO - CHINCHUGULLO, COLASAY-JAÉN - CAJAMARCA 2021*												
TESISTA		: SULEIDA DARDOSA OCLUPAMEZA												
MUESTRA		: HERALDINE TROYES MEGO										TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.		
CALICATA		: C-02										ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.		
PK / MUESTRA		: M-01										FECHA MUESTREO: 28/05/2021		
												FECHA EJECUCIÓN: 31/05/2021		
DATOS DE LA MUESTRA														
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	5			6			7							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	66			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8965.0		8998.0		8708.0		8814.0		8670.0		8868.0			
Peso de molde (g)	4076.00		4076.00		3893.00		3893.00		4202.00		4202.00			
Peso del suelo húmedo (g)	4889.00		4922.00		4715.00		4821.00		4468.00		4666.00			
Volumen del molde (cm³)	2132.66		2132.66		2114.28		2114.28		2086.79		2086.79			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.292		2.308		2.230		2.281		2.141		2.267			
Tara (N°)	5		10		7		11		13		15			
Peso suelo húmedo + tara (g)	96.55		93.38		90.69		87.36		97.16		103.42			
Peso suelo seco + tara (g)	90.25		85.71		84.76		79.94		90.89		92.67			
Tara (g)	18.73		18.73		18.64		19.36		18.10		18.10			
Peso de agua (g)	6.30		7.67		5.83		7.41		6.16		10.55			
Peso de suelo seco (g)	71.52		66.98		65.12		60.58		72.89		74.77			
Contenido de humedad (%)	8.81		11.45		8.82		12.23		8.45		14.11			
Densidad seca (g/cm³)	2.107		2.071		2.049		2.052		1.974		1.934			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
31/05/21	15:30	0	7.73	0.000	0.000	5.40	0.000	0.000	7.75	0.000	0.000			
01/06/21	15:30	24	7.94	0.210	0.181	5.8	0.400	0.344	8.19	0.440	0.378			
02/06/21	15:30	48	8.08	0.350	0.301	5.85	0.450	0.387	8.25	0.500	0.430			
03/06/21	15:30	72	8.1	0.370	0.318	5.86	0.460	0.398	8.30	0.550	0.473			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA		MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
	mm	puig.	STAND.	CARGA	CORRECCION		STAND.	CARGA	CORRECCION		STAND.	CARGA	CORRECCION	
		Kg/cm²	Dial (kgf)	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	Kg/cm²	Kg/cm²	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		91.8	4.7			96.7	4.4			89.6	4.1		
1.270	0.050		284.5	14.5			289.0	13.2			171.3	8.7		
1.905	0.075		388.7	20.3			372.2	19.0			233.5	11.9		
2.540	0.100	70.31	579.2	28.5	33.0	46.9	515.0	26.2	-	37.3	287.6	14.6	-	20.8
3.810	0.150		947.3	48.3			748.4	38.0			369.1	18.8		
5.080	0.200	105.48	1226.7	62.5	65.0	61.6	936.1	47.7	-	45.2	430.3	21.9	-	20.8
6.350	0.250		1470.4	74.9			1164.5	59.3			485.4	24.7		
7.620	0.300		1693.0	85.8			1364.4	68.5			536.4	27.3		
10.160	0.400		1986.4	101.2			1590.0	81.0			635.3	32.4		
12.700	0.500		2246.4	114.4			1809.0	92.2			727.1	37.0		
OBSERVACIONES :		El material ensayado posee un CBR de 46.92 al 100% de la LMS.												

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUAN ANTONIO SOBERÓN HERRERA**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Luis G. Meléndez Tuesta**  
 ING. RESPONSABLE (CP 5072)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)		
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUCULLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"	
TESISTA	: SULEIDA DARISSA OCUPA MEZA	
MUESTRA	: SUELO NATURAL	
CALICATA	: C-02	
PK / MUESTRA	: M-01	
	TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 28/05/2021 FECHA EJECUCIÓN: 04/08/2021	
DATOS DE LA MUESTRA		
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR		
	<b>METODO DE COMPACTACION</b> : AASHTO T-180 <b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b> : 2.113 <b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> : 8.48 <b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b> : 2.008	
	<b>RESULTADOS:</b> Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1" = 46.92 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1" = 29.30 % Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2" = 61.88 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2" = 32.00 % <b>OBSERVACIONES:</b> _____ _____ _____	
<b>EC = 58 GOLPES</b> 	<b>EC = 25 GOLPES</b> 	<b>EC = 12 GOLPES</b> 
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 46.92 al 100% de la M.D.S.		

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITA H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA  
ING. RESPONSABLE (P 5812)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"						
TESISTA	: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.			
	: HERALDINE TROYES MEGO			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
MUESTRA	: SUELO NATURAL + 3% ESCORIA DE ACERO						
CALICATA	: C-02			FECHA MUESTREO: 28/05/2021			
PK / MUESTRA	: M-01			FECHA EJECUCIÓN: 30/05/2021			
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	8994	gr.	N° de golpes	56Gp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,541	11,890	11,860	11,824		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,547	4,696	4,866	4,830		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,207	2,260	2,362	2,345		
Recipiente Numero		10	11	12	13		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	110.68	109.98	102.04	108.86		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	107.20	104.96	95.71	100.58		
Tara	gr.	16.73	19.36	15.93	18.10		
Peso del agua	gr.	3.38	5.02	6.33	8.30		
Peso del Suelo Seco	gr.	88.47	85.60	79.78	82.46		
Contenido de agua	%	3.82	5.86	7.93	10.07		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2.128	2.153	2.189	2.130		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2.189	(gr/cm3)	Humedad óptima		8.89	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

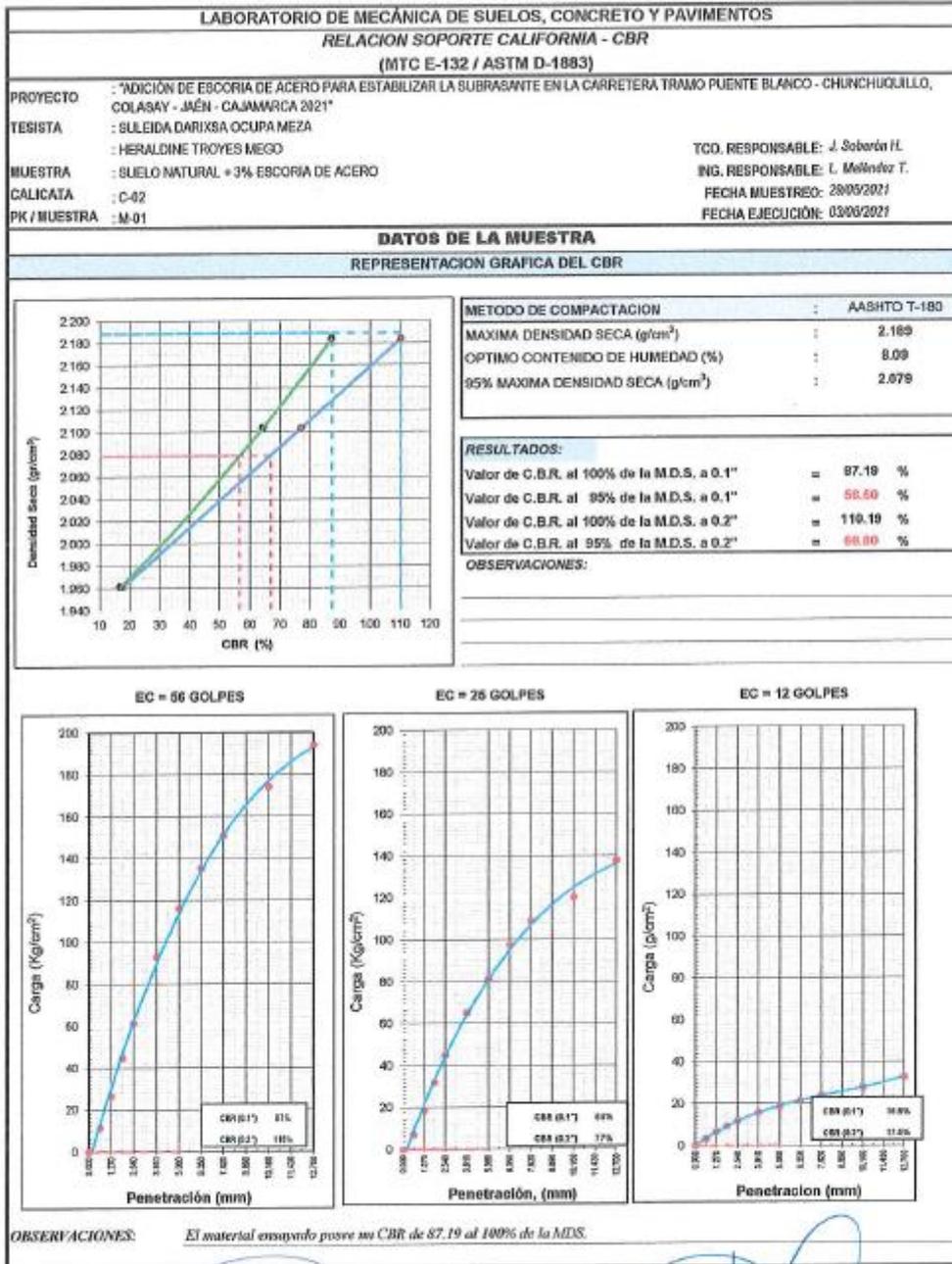
MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Juanita H. Soberón Herrera*  
 JUANITA H. SOBERÓN HERRERA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis G. Meléndez Tuesta*  
 LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA  
 ING. RESPONSABLE - CIP 58721

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS														
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883)														
PROYECTO		: ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUJILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021												
TESISTA		: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA												
MUESTRA		: SUELO NATURAL + 3% ESCORIA DE ACERO												
CALICATA		: C-02												
PK / MUESTRA		: M-01												
		TCO. RESPONSABLE: J. Sabañó H												
		ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.												
		FECHA MUESTREO: 29/05/2021												
		FECHA EJECUCIÓN: 30/05/2021												
DATOS DE LA MUESTRA														
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	13			14			15							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	66			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8980.0		9941.0		9702.0		9806.0		9450.0		9528.0			
Peso de molde (g)	4964.00		4984.00		4944.00		4944.00		4980.00		4980.00			
Peso del suelo húmedo (g)	4026.00		4957.00		4758.00		4862.00		4470.00		4548.00			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2066.78		2086.78		2104.92		2104.02		2123.06		2123.06			
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.391		2.395		2.269		2.330		2.165		2.169			
Tara (N°)	9		1		4		6		5		7			
Peso suelo húmedo + tara (g)	107.12		99.84		104.42		99.79		108.76		99.01			
Peso suelo seco + tara (g)	100.99		90.62		98.49		90.76		100.75		89.03			
Tara (g)	18.71		17.63		18.82		18.73		18.53		18.64			
Peso de agua (g)	6.62		9.02		5.93		8.03		6.01		9.98			
Peso de suelo seco (g)	81.79		72.99		79.67		62.03		81.92		70.39			
Contenido de humedad (%)	8.09		12.36		7.44		12.95		7.34		14.18			
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.184		2.123		2.164		2.045		1.962		1.917			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
30/05/21	15:30	0	16.72	0.000	0.000	14.72	0.000	0.000	6.69	0.000	0.000			
31/05/21	15:30	24	17.00	0.280	0.241	15.26	0.540	0.464	7.48	0.790	0.679			
01/06/21	15:30	48	17.14	0.420	0.361	15.36	0.640	0.550	7.60	0.910	0.782			
02/06/21	15:30	72	17.15	0.430	0.370	15.40	0.680	0.585	7.65	0.960	0.825			
03/06/21	15:30	96	17.19	0.470	0.404	15.45	0.730	0.628	7.70	1.010	0.868			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA		MOLDE N°		M-13		MOLDE N°		M-14		MOLDE N°		M-15	
	mm	pulg.	STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
			Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		224.3	11.4			140.7	7.2			64.2	3.3		
1.270	0.050		522.1	26.6			361.0	18.4			152.6	6.8		
1.905	0.075		877.0	44.7			629.2	32.1			196.8	8.5		
2.540	0.100	70.31	1293.3	61.3	-	87.2	896.1	45.1	-	64.2	232.5	11.8	-	18.8
3.810	0.150		1828.4	93.1			1280.8	65.2			309.0	15.7		
5.080	0.200	105.48	2291.1	116.2	-	110.2	1693.8	81.2	-	77.0	364.0	18.5	-	17.6
6.350	0.250		2856.4	135.3			1916.0	97.6			419.1	21.4		
7.620	0.300		2961.3	150.9			2137.3	108.9			468.1	23.8		
10.160	0.400		3420.1	174.2			2361.7	120.3			548.6	27.9		
12.700	0.500		3810.7	194.1			2704.3	137.8			642.4	32.7		
OBSERVACIONES:		El material ensayado posee un CBR de 87.19 al 100% de la LMS.												

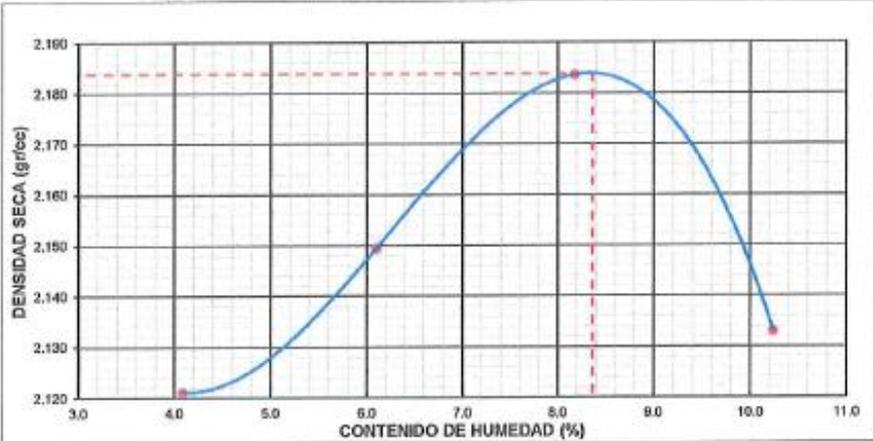
MAGMA S.A.S. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANJO H. SÓPERON HERRERA  
CONCEJAL LABORATORISTA

MAGMA S.A.S. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LUIS G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CP 93121



MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*J. Soberón H.*  
**JUANITO H. SOBERÓN HERRERA**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*L. Meléndez T.*  
**LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA**  
 ING. RESPONSABLE - CP 38123

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"						
TESTISTA	: SULEIDA DARIXSA OCUPA MEZA			TCO. RESPONSABLE: J. Sobrón H.			
	: HERALDINE TROYES MEGO			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
MUESTRA	: SUELO NATURAL + 6% ESCORIA DE ACERO						
CALICATA	: C-02			FECHA MUESTREO: 18/05/2021			
PK / MUESTRA	: M-01			FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021			
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	56Glp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,542	11,592	11,800	11,838		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,548	4,698	4,866	4,844		
Peso Volumétrico Humedo	gr.	2,208	2,281	2,362	2,351		
Recipiente Número		11	12	13	14		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	109,88	107,95	108,34	110,15		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	106,04	102,66	101,62	101,70		
Tara	gr.	19,36	15,93	18,10	19,16		
Peso del agua	gr.	3,54	5,29	6,82	8,45		
Peso del Suelo Seco	gr.	86,68	86,73	83,42	82,54		
Contenido de agua	%	4,08	6,10	8,18	10,24		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2,121	2,149	2,184	2,133		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		2,184	(gr/cm3)	Humedad óptima		8,36	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							
							

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBRÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - CIP 59171

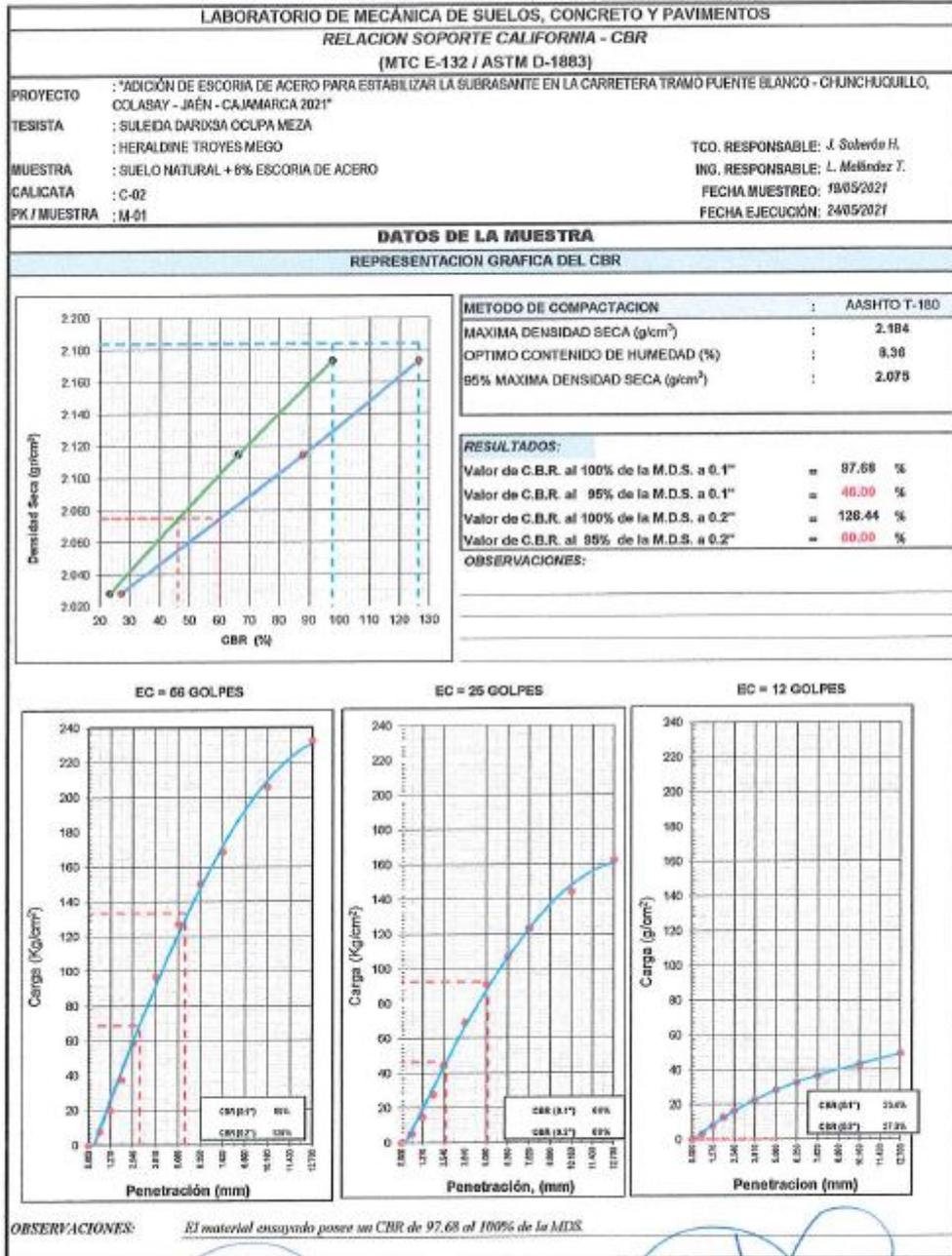
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS													
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR													
(MTC E-132 / ASTM D-1883)													
<b>PROYECTO</b>		*ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAMARCA 2021											
<b>TESTISTA</b>		SULEIDA DAROSA OCOPA MEZA								T.C. RESPONSABLE: J. Sobeño H.			
<b>MUESTRA</b>		SUELO NATURAL + 0% ESCORIA DE ACERO								ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
<b>CALIGATA</b>		C-02								FECHA MUESTREO: 19/05/2021			
<b>PK / MUESTRA</b>		M-01								FECHA EJECUCIÓN: 20/05/2021			
DATOS DE LA MUESTRA													
CALCULO DEL CBR													
Molde N°	14			15			16						
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)	9920.0		9998.0		9942.0		9948.0		9970.0		9937.0		
Peso de molde (g)	4944.00		4944.00		4980.00		4980.00		4294.00		4294.00		
Peso de suelo húmedo (g)	4976.00		5022.00		4862.00		4968.00		4576.00		4743.00		
Volumen del molde (cm³)	2104.92		2104.92		2123.06		2123.06		2094.07		2094.07		
Densidad húmeda (g/cm³)	2.364		2.386		2.290		2.350		2.186		2.285		
Tara (N°)	4		3		5		7		8		11		
Peso suelo húmedo + tara (g)	105.46		89.09		98.62		87.41		114.73		102.02		
Peso suelo seco + tara (g)	98.47		81.06		82.60		79.32		107.82		91.83		
Tara (g)	18.82		19.95		18.63		18.84		18.54		19.36		
Peso de agua (g)	6.99		7.03		6.12		8.09		6.91		10.19		
Peso de suelo seco (g)	79.65		62.06		73.67		60.69		89.28		72.47		
Contenido de humedad (%)	8.78		11.32		8.31		13.33		7.74		14.05		
Densidad seca (g/cm³)	2.173		2.143		2.114		2.065		2.028		1.986		
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
20/05/21	15:30	0	6.74	0.000	0.000	7.26	0.000	0.000	7.82	0.000	0.000		
21/05/21	18:30	24	6.84	0.100	0.086	7.48	0.220	0.189	8.03	0.410	0.353		
22/05/21	18:30	48	6.90	0.180	0.138	7.55	0.280	0.249	8.12	0.500	0.430		
23/05/21	18:30	72	6.91	0.170	0.146	7.60	0.340	0.282	8.14	0.520	0.447		
24/05/21	18:30	96	6.95	0.210	0.181	7.65	0.390	0.335	8.16	0.540	0.464		
PENETRACION													
PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N°	M-14		MOLDE N°		M-15		MOLDE N°		M-16	
				CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
mm	pulg.	Kg/cm²	Dial (kgf)	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	Kg/cm²	%	Dial (kgf)	Kg/cm²	Kg/cm²	%
0.000	0.000		0	0			0	0		0	0		
0.835	0.025		161.9	7.7			98.9	5.1		64.2	3.3		
1.270	0.050		392.6	20.0			289.7	15.0		153.0	7.8		
1.905	0.075		739.3	37.7			543.6	27.7		248.8	12.7		
2.540	0.100	70.31	1149.2	59.5	69.7	97.7	879.0	44.8	46.5	66.2	323.3	16.5	-
3.810	0.150		1801.8	96.9			1362.3	68.4		448.7	22.0		
5.080	0.200	105.46	2497.3	127.2	133.3	126.4	1792.7	91.3	82.5	87.7	569.9	28.5	-
6.350	0.250		2849.0	150.2			2104.7	107.2		642.4	32.7		
7.620	0.300		3312.1	168.7			2410.8	123.2		720.9	36.7		
10.160	0.400		4044.2	206.0			2837.9	144.6		843.3	43.0		
12.700	0.500		4568.3	232.7			3187.6	162.4		869.7	49.4		
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 97.68 al 100% de la MDS.													

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
ING. CIVIL LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS C. MELÉNDEZ BUSTA  
ING. RESPONSABLE CIVIL SUELOS



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
T.C. S.C. L.P. S.A.C. DIRECTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CP 36124

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO	: *ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO PUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021*						
TESISTA	: SULEIDA DARIXA OCUPA MEZA			: HERALDINE TROYES MEGO			
MUESTRA	: SUELO NATURAL + 12% ESCORIA DE ACERO			: TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.			
CALICATA	: C-02			: ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
PK / MUESTRA	: M-01			: FECHA MUESTREO: 19/05/2021			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
Muestra N° 1	Diámetro Molde	g"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	6894	gr.	N° de golpes	58Glp.
<b>ENSAYOS N°</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
Peso Suelo + Molde	gr.		11,575	11,728	11,900	11,572	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.		4,581	4,734	4,906	4,878	
Peso Volumetrico Humedo	gr.		2,224	2,298	2,362	2,368	
Recipiente Numero			7	8	9	10	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.		102.09	101.71	99.84	100.39	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.		98.32	97.13	93.89	92.99	
Tara	gr.		18.64	18.54	18.71	18.73	
Peso del agua	gr.		3.77	4.58	5.95	7.40	
Peso del Suelo Seco	gr.		79.68	78.59	75.16	74.25	
Contenido de aguas	%		4.73	5.83	7.91	9.96	
Densidad Seca del Suelo	gr/cc		2.123	2.172	2.207	2.153	
<b>RESULTADOS</b>							
Densidad Máxima Seca			2.207	(gr/cm3)	Humedad óptima		7.76
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>							

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - OP 58121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																			
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)																			
<b>PROYECTO</b>	: "ADICIÓN DE ESCORIA DE ACERO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA TRAMO FUENTE BLANCO - CHUNCHUQUILLO, COLASAY - JAÉN - CAJAMARCA 2021"																		
<b>TESISTA</b>	: SULEIDA DARISSA OCLUPA MEZA : HERALDINE TROYES MEGO																		
<b>MUESTRA</b>	: SUELO NATURAL + 12% ESCORIA DE ACERO																		
<b>CALICATA</b>	: C-02																		
<b>PK / MUESTRA</b>	: M-01																		
	TCO. RESPONSABLE: J. Roberto F. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 19/05/2021 FECHA EJECUCIÓN: 24/05/2021																		
DATOS DE LA MUESTRA																			
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR																			
<p>Gráfico de densidad seca (g/cm³) vs CBR (%). El eje Y muestra densidad seca de 1.980 a 2.220 g/cm³. El eje X muestra CBR (%) de 20 a 150. Se traza una línea de tendencia que pasa por los puntos de datos. Se indican valores de CBR de 107.58% y 69.00% correspondientes a densidades de 2.100 y 2.000 g/cm³ respectivamente.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td>: AASHTO T-180</td> </tr> <tr> <td><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b></td> <td>: 2.207</td> </tr> <tr> <td><b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b></td> <td>: 7.76</td> </tr> <tr> <td><b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b></td> <td>: 2.097</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>RESULTADOS:</b></td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"</td> <td>= 107.58 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"</td> <td>= 69.00 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"</td> <td>= 139.12 %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"</td> <td>= 79.00 %</td> </tr> </table> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p>	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.207	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 7.76	<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.097	<b>RESULTADOS:</b>		Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 107.58 %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 69.00 %	Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 139.12 %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 79.00 %
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180																		
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.207																		
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 7.76																		
<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 2.097																		
<b>RESULTADOS:</b>																			
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 107.58 %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 69.00 %																		
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 139.12 %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 79.00 %																		
EC = 56 GOLPES	EC = 25 GOLPES	EC = 12 GOLPES																	
<p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para 56 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 280 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0 a 12.000 mm. Se indica un CBR de 107% a 100% de penetración y un CBR de 69% a 2.000 mm de penetración.</p>	<p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para 25 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 260 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0 a 12.000 mm. Se indica un CBR de 71% a 100% de penetración y un CBR de 62% a 2.000 mm de penetración.</p>	<p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para 12 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 260 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0 a 12.000 mm. Se indica un CBR de 24.0% a 100% de penetración y un CBR de 29.7% a 2.000 mm de penetración.</p>																	
<b>OBSERVACIONES:</b> El material ensayado posee un CBR de 107.58 al 100% de la M.D.S.																			

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JOSAFITO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LILIAN G. MELÉNDEZ TUESTA  
INGENIERA RESPONSABLE CP 30101

### ANEXO 03: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Este anexo comprenderá todas las evidencias fotográficas, que se han tomado durante el reconocimiento de la zona de estudio, la extracción de calicatas (muestras de estudio), y durante el desarrollo de las actividades de laboratorio.



*Fotografía 1.* Muestra 01 de suelo natural en la C-01.  
Fuente: Elaboración propia.



*Fotografía 2.* Muestra 01 de suelo natural en la C-02.  
Fuente: Elaboración propia.



*Fotografía 3.* Medición de la profundidad de las calicatas.  
Fuente: Elaboración propia.



*Fotografía 4.* Muestra de suelo con adición de escoria de acero.  
Fuente: Elaboración propia.



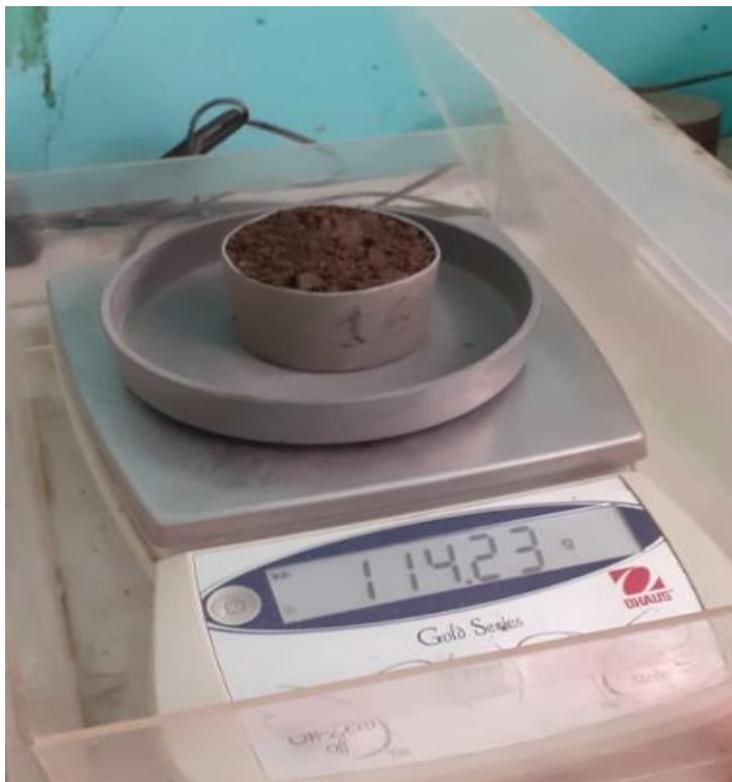
Fotografía 5. Mezcla del suelo con escoria de acero.  
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 6. Muestras de estudio separadas.  
Fuente: Elaboración propia.



*Fotografía 7. Pesaje de las muestras de suelo.*  
Fuente: Elaboración propia.



*Fotografía 8. Límites de Atterberg al suelo.*  
Fuente: Elaboración propia.



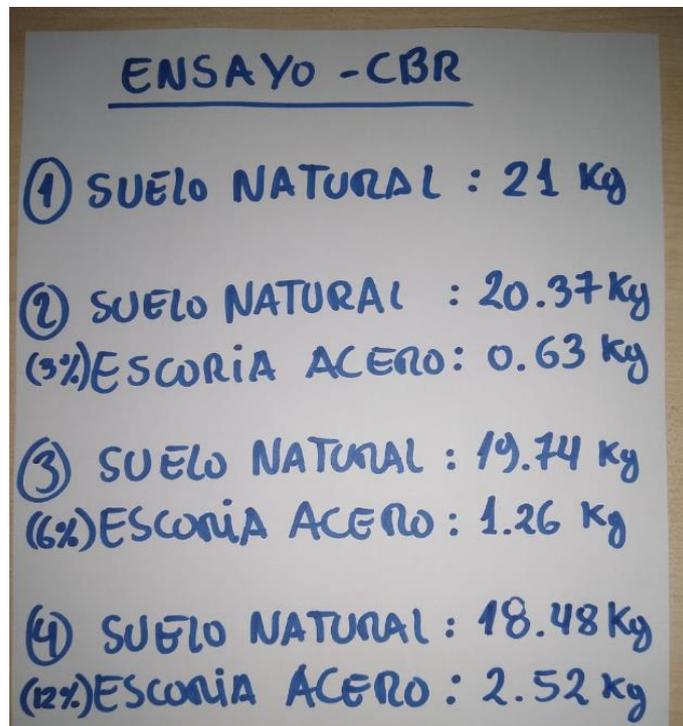
Fotografía 9. Pesaje de suelo compactado en probeta.  
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 10. Ensayo de las muestras de suelo.  
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 11. Ensayo a las muestras de suelo con adición de escoria.  
 Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 12. Registro de pesos de las muestras para ensayo CBR.  
 Fuente: Elaboración propia.